

**SISTEM PENGHAWAAN ALAMI PADA GOR LEMBU PETENG  
DI TULUNGAGUNG**

**SKRIPSI**

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

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**NGAFIFATUR ROHMAH  
NIM. 135060501111012**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**SISTEM PENGHAWAAN ALAMI PADA GOR LEMBU PETENG DI**  
**TULUNGAGUNG**

**SKRIPSI**

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

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**NGAFIFATUR ROHMAH**  
**NIM. 135060501111012**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
pada tanggal 9 Januari 2017

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Sarjana Aritektur

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

Dosen Pembimbing

Ir. Jusuf Thojib, MSA  
NIP. 1951105 198403 1 002

## **PERNYATAAN ORISINILITAS 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 disuatu Perguruan Tinggi, 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 plagiasi, saya bersedia skripsi ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 9 Januari 2018

Mahasiswa,

Ngafifatur Rohmah

NIM. 135060501111012

*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada  
Ayah dan Ibu tercinta yang telah mendoakan dan menorehkan segala  
kasih sayang dengan penuh rasa tulus yang tak kenal lelah dan batas  
waktu. Terutama Ibu, engkau inspirasiku saat semangatku memudar  
Kakak Lynna yang selalu memberikan dukungan dan doa yang tiada  
hentinya dan selalu memberikan motivasi untuk segera menyelesaikan  
skripsi ini*

*Teman-teman kuliah Jurusan Arsitektur 2013 terutama Lina dan Novia  
yang telah memberikan dukungan dan semangat  
Arif yang selalu memberikan dukungan, doa, dan semangat dalam  
pengerjaan hingga selesainya skripsi ini*

*Teman-teman kos terutama Tacik yang sudah banyak menemani lembur  
dan meminjamkan laptop ketika laptopku sudah lelah  
Mas Ach. Syafi'udin yang telah membimbing dan mengajari apabila  
mendapat kesulitan dalam proses simulasi*

**TURNITIN**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM SARJANA**



## **SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI**

Nomor : 045 /UN10.F07.15/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

**NGAFIFATUR ROHMAH**

Dengan Judul Skripsi :

**SISTEM PENGHAWAAN ALAMI PADA GOR LEMBU PETENG DI TULUNGAGUNG**

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



**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 : Ngafifatur Rohmah  
NIM : 135060501111012  
Judul Skripsi : Sistem Penghawaan Alami Pada GOR Lembu Peteng di Tulungagung  
Dosen Pembimbing : Ir. Jusuf Thojib, MSA  
Periode Skripsi : Semester Ganjil 2017-2018  
Alamat Email : ngafifaturohmah@gmail.com

Tanggal	Deteksi Plagiasi ke-	Plagiasi yang terdeteksi (%)	Ttd Petugas Plagiasi
12 Januari 2018	1	11%	
	2		
	3		

Malang, Januari 2018

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Ir. Jusuf Thojib, MSA  
NIP. 1951105 198403 1 002

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

## RINGKASAN

Penghawaan alami pada bangunan sangat diperlukan sebagai cara untuk mengalirkan udara terutama pada bangunan GOR. Dalam penelitian ini penulis menggunakan objek studi bangunan Gelanggang Olah Raga Lembu Peteng di Kabupaten Tulungagung. Dimana terdapat permasalahan penghawaan dikarenakan kurangnya bukaan pada bangunan GOR. Faktor yang mempengaruhi antara lain letak bukaan, ukuran bukaan dan jenis bukaan. Strategi yang digunakan adalah dengan sistem penghawaan alami yaitu sistem ventilasi silang.

Metode yang digunakan ada 2 tahap yaitu menganalisa bangunan eksisting dan menerapkan rekomendasi sesuai strategi penghawaan yang digunakan untuk mengatasi permasalahan penghawaan pada bangunan, tahap selanjutnya adalah menggunakan metode pengembangan *Experimental Research* dengan menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamic* dari software Ansys Workbench. Eksperimen dilakukan dengan percobaan simulasi terhadap penambahan bukaan pada bangunan GOR.

Hasil dari proses simulasi menunjukkan bahwa peletakkan vegetasi berpengaruh terhadap pergerakan angin. Selain itu luas ventilasi minimal 10% dari luas lantai dari ruangan dengan menambahkan bukaan atap, bukaan pada tribun dan bukaan pada dinding arena dapat mencapai penerapan sistem ventilasi silang dan diperoleh kecepatan aliran udara sebesar 0,34 m/s pada area lapangan dengan efek penyegaran berupa penurunan suhu 0,5-0,7 °C dan 0,56 m/s hingga 0,90 m/s pada area tribun dengan efek penyegaran berupa penurunan suhu 1-1,2 °C. Kecepatan tersebut sudah memenuhi kebutuhan aliran udara di dalam ruangan.

Kata Kunci : Sistem Penghawaan Alami, Ventilasi Silang, GOR Lembu Peteng

## **SUMMARY**

*Natural ventilation on the building of much needed as a way to drain the air in buildings especially Sports Hall. In this study the author uses the object of study of Lembu Peteng's Sports Hall in Tulungagung. Where there are problems of ventilation due to the lack of openings in the Sports Hall's building. Among other factors affecting the layout of the openings, the size of the openings and the types of openings. The strategy used is natural ventilation system that is cross-ventilation system.*

*The methods used there are 2 phases i.e. analyze the existing building and implementing appropriate recommendations of ventilation strategies used to fix the problems on the building, the next step is to use the method of development Experimental Research with simulation using Computational Fluid Dynamic of the software Ansys Workbench. Experiments conducted with simulated experiments against the addition of the openings in Sports Hall's building.*

*The results of the simulation of the process indicates that the vegetation setup affects the movement of the wind . In addition to this extensive ventilation a minimum of 10% of the floor area of the room by open the roof, open the stands and open the walls of the arena can achieve the application of cross ventilation system the gained speed airflow 0,34 m/s on field with area effect of refreshment in the form of decrease temperature 0.5-0.7 ° C and 0,56 m/s to 0,90 m/s on the area of the stands with the effect refreshment in the form of a decrease in temperature of 1-1.2 ° C. The speed was already meeting the needs of the air flow in the room.*

*Keywords: Natural Ventilation System, Cross-Ventilation, Lembu Peteng's Sports Hall*

## **PENGANTAR**

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat serta salam tidak lupa penulis panjatkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW.

Penyusunan skripsi dengan judul “Sistem Penghawaan Alami Pada GOR Lembu Peteng di Tulungagung” ini untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Arsitektur Universitas Brawijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan terima kasih kepada

1. Bapak Ir. Jusuf Thojib, MSA selaku dosen pembimbing yang telah mendukung sepenuhnya dan memberikan masukan yang sangat berarti bagi penulis dalam penyusunan skripsi ini
2. Ibu Wasiska Iyati, ST, MT., Bapak Jono Wardoyo, ST., MT., dan Bapak Agung Murti Nugroho, ST., MT., Ph.D selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan yang sangat berarti dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Iwan Wibisono, ST., MT. selaku Dosen Penasehat Akademik yang telah memberikan dukungan dan masukan positif selama penulis menempuh perkuliahan
4. Seluruh Dosen Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya yang telah memberikan banyak ilmu selama penulis menempuh perkuliahan.
5. Segenap staff dan karyawan Jurusan Arsitektur Universitas Brawijaya yang telah banyak membantu dalam berbagai hal.
6. Segenap pengelola GOR Lembu Peteng yang telah membantu dan memberikan informasi untuk kelancaran penyusunan skripsi ini.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis mengharapkan agar skripsi ini bermanfaat bagi Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan pengelola bangunan GOR Lembu Peteng di Tulungagung. Namun, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran untuk menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Malang, Januari 2018

Penulis,

# DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	iv
<b>RINGKASAN</b> .....	v
<b>SUMMARY</b> .....	vi
<b>PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Tujuan.....	4
1.6 Manfaat.....	4
1.7 Sistematika Pembahasan.....	5
1.8 Kerangka Pemikiran.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Pengertian GOR (Gelanggang Olahraga).....	7
2.2 Klasifikasi Jenis Kegiatan pada Gelanggang Olahraga.....	8
2.3 Fasilitas Olahraga pada Gelanggang Olahraga.....	8
2.4 Iklim Tropis Lembab.....	9
2.5 Aliran Udara (Angin).....	10
2.5.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Aliran Udara (Angin).....	11
2.5.2 Standart Kecepatan Angin.....	11
2.5.3 Prinsip-Prinsip Dasar Aliran Udara (Angin).....	13
2.5.4 Pola Aliran Udara dan Kecepatan Angin Pada Skala Lingkungan.....	17
2.5.5 Pola Aliran Udara dan Kecepatan Angin Pada Skala Bangunan.....	18

2.5.6	Pola Aliran Udara dan Kecepatan Angin Pada Skala Bukaan Bangunan .....	18
2.5.7	Pemanfaatan Aliran Udara.....	19
2.6	Kriteria Kenyamanan Termal .....	19
2.7	Prinsip-Prinsip Dalam Pemanfaatan Penghawaan Alami .....	21
2.7.1	Bentuk dan Lokasi Bukaan Udara .....	22
2.7.2	Sistem Ventilasi .....	23
2.7.3	Perancangan Sistem Ventilasi Alami.....	24
2.7.4	Pergerakan Udara Secara Pasif .....	26
2.7.5	Penyegaran Udara Secara Aktif .....	27
2.8	Penggunaan Elemen Arsitektural.....	28
2.8.1	Sun Shading .....	28
2.8.2	Vegetasi .....	29
2.9	Sistem Ventilasi Silang .....	30
2.10	Ansys Workbench.....	30
2.11	<i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i> .....	31
2.12	Studi Banding.....	31
2.13	Penelitian Terdahulu .....	33
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>37</b>
3.1	Metode Penelitian .....	37
3.2	Lokasi Objek dan Waktu Penelitian .....	37
3.3	Tahapan Penelitian.....	38
3.4	Variabel Penelitian.....	38
3.5	Instrumen Penelitian .....	39
3.6	Metode Pengumpulan Data.....	40
3.7	Data Penelitian .....	40
3.8	Analisa data.....	41
3.8.1	Diagram Alir Simulasi .....	42
3.9	Proses Simulasi CFD .....	43
3.9.1	<i>Pre-processing</i> .....	43
3.9.2	<i>Processing</i> .....	44
3.9.3	<i>Post-processing</i> .....	47
3.10	Rekomendasi desain .....	49
3.11	Kerangka Metode.....	49

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>51</b>
4.1 Lokasi Penelitian .....	51
4.2 Analisa Tapak .....	53
4.2.1 Bentuk dan Kondisi Eksisting Tapak .....	53
4.2.2 Kondisi Lingkungan Sekitar Tapak .....	54
4.2.3 Peletakkan Vegetasi.....	56
4.3 Penataan Vegetasi Terhadap Tapak.....	59
4.4 Analisa Udara Pada Tapak.....	64
4.5 Simulasi Aliran Udara Pada Tapak.....	67
4.6 Analisa Eksisting Bangunan .....	75
4.6.1 Kondisi Eksisting Bangunan .....	76
4.6.2 Analisa Bukaan Pada Bangunan.....	83
4.6.3 Analisa Udara Pada Bangunan .....	85
4.7 Observasi Lapangan.....	86
4.8 Analisa Simulasi Aliran Udara Pada Eksisting Bangunan .....	89
4.9 Penerapan Sisytem Ventilasi Silang .....	92
4.10 Menambahkan Bukaan Atap.....	95
4.10.1 Kinerja Bukaan Dibawah Atap Pada Bangunan Eksisting.....	95
4.10.2 Simulasi dengan Menambahkan Bukan Atap.....	96
4.11 Menambahkan Bukaan pada Area Tribun .....	99
4.11.1 Simulasi dengan Menambahkan Bukaan Pada Area Tribun .....	103
4.12 Menambahkan Bukaan Pada Dinding Arena.....	110
4.12.1 Simulasi dengan Menambahkan Bukan Pada Dinding Arena.....	115
4.13 Rasio Bukaan Pada Bangunan .....	122
4.14 Rekomendasi Desain .....	124
4.14.1 Rekomendasi Vegetasi Pada Tapak.....	124
4.14.2 Rekomendasi Desain Bangunan .....	127
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>141</b>
5.1 Kesimpulan .....	141
5.2 Saran .....	142
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kapasitas Penonton Gelanggang Olahraga.....	8
Tabel 2.2	Klasifikasi Jenis Kegiatan .....	8
Tabel 2.3	Pengaruh Kenyamanan Kecepatan Aliran Udara Bagi Manusia.....	11
Tabel 2.4	Skala Beauford Untuk Kecepatan Angin .....	12
Tabel 2.5	Kecepatan Udara dan Kesejukan.....	20
Tabel 2.6	Konstanta Penyesuaian Proporsi Bukaannya Akibat Tekanan Angin.....	25
Tabel 2.7	Penelitian Terdahulu.....	33
Tabel 4.1	Iklim Kabupaten Malang .....	52
Tabel 4.2	Penambahan Vegetasi Pada Tapak .....	59
Tabel 4.3	Pergerakan Angin Dari Utara ke Selatan pada Tapak .....	68
Tabel 4.4	Pergerakan Angin Dari Selatan ke Utara pada Tapak .....	70
Tabel 4.5	Pergerakan Angin Dari Timur ke Barat pada Tapak .....	72
Tabel 4.6	Pergerakan Angin Dari Barat ke Timur pada Tapak .....	74
Tabel 4.7	Area Lapangan.....	79
Tabel 4.8	Area Tribun.....	81
Tabel 4.9	Dinding Arena .....	82
Tabel 4.10	Hasil Observasi Lapangan .....	86
Tabel 4.11	Kecepatan Aliran Udara di Dalam Bangunan Eksisting .....	88
Tabel 4.12	Kecepatan Aliran Udara di Luar Bangunan Eksisting.....	89
Tabel 4.13	Laju Aliran Udara Pada Tribun .....	101
Tabel 4.14	Kecepatan Aliran Udara Apabila Menambahkan Bukaannya Pada Area Tribun Dengan Angin Berasal Dari Arah Utara.....	105
Tabel 4.15	Kecepatan Aliran Udara Apabila Menambahkan Bukaannya Pada Tribun Dengan Angin Berasal Dari Arah Selatan.....	108
Tabel 4.16	Kecepatan Aliran Udara Apabila Menambahkan Bukaannya Pada Dinding Arena Dengan Angin Berasal Dari Arah Utara .....	117
Tabel 4.17	Kecepatan Aliran Udara Apabila Menambahkan Bukaannya Pada Dinding Arena Dengan Angin Berasal Dari Arah Selatan .....	120

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pergerakan Udara Karena Adanya Arus Konveksi Natural Atau Karena Adanya Perbedaan Tekanan.....	13
Gambar 2.2	Tipe-Tipe Pola Aliran Udara .....	13
Gambar 2.3	Aliran Udara Menciptakan Area Dengan Tekanan Positif Dan Negatif .....	14
Gambar 2.4	Tekanan Yang Terjadi Pada Atap Tergantung Pada Kelandaian Atap.....	15
Gambar 2.5	Pola Aliran Udara Bergolak Dan Berpusar Pada Area Bertekanan.....	15
Gambar 2.6	Efek Bernoulli Pada Tabung “Venturi” .....	16
Gambar 2.7	Efek Venturi.....	16
Gambar 2.8	Tabung Venturi sebagai Ventilator Atap.....	16
Gambar 2.9	Kecepatan Udara yang Meningkatkan dengan Ketinggian diatas Bagian Dasarnya .....	16
Gambar 2.10	Efek Cerobong Asap.....	17
Gambar 2.11	Prinsip Aliran Udara Pada Bangunan .....	18
Gambar 2.12	Aliran Udara Pada Konfigurasi Dan Orientasi Bangunan Yang Berbeda .....	18
Gambar 2.13	Kebutuhan Peningkatan Kecepatan Udara Untuk Mengkompensasi Kenaikan Temperatur Udara Kering.....	20
Gambar 2.14	Tipe Bukaannya Udara Berupa Jendela.....	22
Gambar 2.15	Muka Angin Dan Bayangan Angin Sebagai Lokasi Bukaannya Udara .....	23
Gambar 2.16	Posisi Inlet Dan Outlet Secara Potongan Yang Mendukung Cross Ventilation.....	23
Gambar 2.17	Pengaruh Konfigurasi Inlet dan Outlet pada Kecepatan Angin dalam Ruang .....	26
Gambar 2.18	Jenis-Jenis Sun Shading.....	28
Gambar 2.19	Jarak Pohon Terhadap Bangunan dan Pengaruh Ventilasi .....	29
Gambar 2.20	Sistem Ventilasi Silang.....	30
Gambar 2.21	DBL Arena Surabaya.....	31
Gambar 2.22	Fasilitas Lapangan dan Tribun DBL Arena Surabaya .....	32
Gambar 3.1	Thermometer.....	39

Gambar 3.2	Anemometer .....	39
Gambar 3.3	Diagram Alir Simulasi CFD.....	42
Gambar 3.4	Geometri Bangunan GOR .....	43
Gambar 3.5	Penamaan Permukaan Bangunan GOR.....	44
Gambar 3.6	Hasil <i>Meshing</i> Bangunan GOR .....	44
Gambar 3.7	<i>User Interface General Menu</i> .....	44
Gambar 3.8	<i>User Interface Models Menu</i> .....	45
Gambar 3.9	<i>User Interface Solar Calculator Menu</i> .....	45
Gambar 3.10	<i>User Interface Boundary Condition</i> .....	46
Gambar 3.11	<i>User Interface Solution Initialization</i> .....	46
Gambar 3.12	<i>User Interface Run Calculation</i> .....	47
Gambar 3.13	<i>User Interface Graphics and Animations</i> .....	47
Gambar 3.14	Tampilan <i>Streamline</i> .....	48
Gambar 3.15	Tampilan <i>Animations</i> .....	48
Gambar 3.16	Kerangka Metode .....	49
Gambar 4.1	Peta Mikro Jawa Timur .....	51
Gambar 4.2	Lokasi GOR Lembu Peteng .....	51
Gambar 4.3	Batas-Batas Tapak GOR Lembu Peteng .....	54
Gambar 4.4	Lingkungan Sekitar Tapak .....	55
Gambar 4.5	Pohon Trembesi .....	56
Gambar 4.6	Pohon Trembesi Di Sisi Barat Yang Sudah Kering .....	56
Gambar 4.7	Pohon Tanjung Di Sepanjang Jl. Soekarno-Hatta.....	57
Gambar 4.8	Pohon Asam Jawa .....	57
Gambar 4.9	Pohon Kapuk Randu .....	58
Gambar 4.10	Peletakkan Vegetasi Pada Tapak .....	58
Gambar 4.11	Vegetasi Pohon Pada Sisi Utara.....	60
Gambar 4.12	Penataan Vegetasi Pada Tapak.....	61
Gambar 4.13	Pergerakan Angin Dari Utara Terhadap Vegetasi.....	62
Gambar 4.14	Pergerakan Angin Dari Selatan Terhadap Vegetasi .....	63
Gambar 4.15	Tampak Samping Kanan Tapak .....	64
Gambar 4.16	Tampak Depan Tapak .....	65
Gambar 4.17	Arah Hembusan Angin Pada Tapak .....	66
Gambar 4.18	Lokasi Bukaan Berdasarkan Arah Angin Pada Tapak .....	67
Gambar 4.19	Pergerakan Angin Dari Utara ke Selatan .....	68

Gambar 4.20	Pergerakan Angin Dari Selatan ke Utara .....	69
Gambar 4.21	Pergerakan Angin Dari Timur ke Barat .....	71
Gambar 4.22	Pergerakan Angin Dari Barat ke Timur .....	73
Gambar 4.23	Posisi Bangunan Terhadap Tapak.....	75
Gambar 4.24	Kondisi Eksisting Bangunan GOR .....	76
Gambar 4.25	Denah GOR.....	77
Gambar 4.26	Material Lantai GOR Berupa Lantai Semen.....	78
Gambar 4.27	Area Tribun.....	80
Gambar 4.28	Ruang Kosong dibawah Tribun Bagian Belakang Bangunan GOR .....	80
Gambar 4.29	Ukuran Eksisting Tribun.....	81
Gambar 4.30	Dinding Arena.....	82
Gambar 4.31	Eksisting Atap Bangunan GOR .....	83
Gambar 4.32	Letak Bukaannya Dilihat Dari Tampak Samping Kanan GOR.....	84
Gambar 4.33	Bukaan <i>Jalousi</i> Pada Bangunan.....	84
Gambar 4.34	Arah Aliran Udara Pada Bangunan.....	85
Gambar 4.35	Arah Aliran Udara Berdasarkan Potongan Bangunan Eksisting .....	85
Gambar 4.36	Grafik Kelembaban.....	87
Gambar 4.37	Grafik Suhu.....	87
Gambar 4.38	Aliran Udara Pada Eksisting Bangunan .....	89
Gambar 4.39	Aliran Udara Pada Eksisting Bangunan .....	91
Gambar 4.40	Penerapan Sistem Ventilasi Silang Pada GOR .....	92
Gambar 4.41	Pergerakan Udara Panas .....	93
Gambar 4.42	Pergerakan Udara Dingin .....	93
Gambar 4.43	Bukaan Pada Eksisting Bangunan .....	94
Gambar 4.44	Bukaan Atap Sebagai Outlet Pada Bangunan.....	95
Gambar 4.45	Bukaan Atap .....	95
Gambar 4.46	Kemiringan Pada Bukaan Dibawah Atap.....	96
Gambar 4.47	Simulasi Penambahan Bukaan Atap Dengan Angin Berasal Dari Arah Utara.....	97
Gambar 4.48	Simulasi Penambahan Bukaan Atap Dengan Angin Berasal Dari Arah Selatan.....	98
Gambar 4.49	Letak Bukaan Pada Tribun .....	100
Gambar 4.50	Bukaan Pada Tribun .....	100

Gambar 4.51 Pergerakan Angin Saat Masuk Ke Dalam Bangunan Hingga Keluar Melalui Bukaannya Atap .....	103
Gambar 4.52 Simulasi Penambahan Bukaannya Pada Tribun Dengan Angin Berasal Dari Arah Utara .....	104
Gambar 4.53 Simulasi Penambahan Bukaannya Pada Tribun Dengan Angin Berasal Dari Arah Selatan .....	107
Gambar 4.54 Peletakkan Posisi Bukaannya Pada Dinding Arena.....	111
Gambar 4.55 Letak Ruang Hall Atlet dan Ruang Pemanasan dan <i>Briefing</i> .....	112
Gambar 4.56 Bukaannya <i>Jalousi</i> Pada Ruang Hall Atlet .....	113
Gambar 4.57 Bukaannya <i>Jalousi</i> Pada Ruang Pemanasan dan <i>Briefing</i> .....	113
Gambar 4.58 Peletakkan Posisi Bukaannya Pada Dinding Arena Sisi Selatan .....	114
Gambar 4.59 Peletakkan Posisi Bukaannya Pada Dinding Arena Sisi Utara.....	115
Gambar 4.60 Simulasi Penambahan Bukaannya Pada Dinding Arena Dengan Angin Berasal Dari Arah Utara.....	116
Gambar 4.61 Simulasi Penambahan Bukaannya Pada Dinding Arena Dengan Angin Berasal Dari Arah Selatan .....	119
Gambar 4.62 Rekomendasi Penataan Pohon Pada <i>Main Entrance</i> .....	124
Gambar 4.63 Rekomendasi Pohon Angsana sebagai Koridor .....	125
Gambar 4.64 Rekomendasi Pohon Angsana sebagai Space .....	126
Gambar 4.65 Rekomendasi Penataan Pohon Pada Tapak.....	126
Gambar 4.66 Rekomendasi Area Parkir pada Tapak .....	127
Gambar 4.67 Rekomendasi Bukaannya Atap Sebagai Outlet .....	128
Gambar 4.68 Bukaannya <i>Jalousie</i> Pada Atap.....	129
Gambar 4.69 Ukuran Bukaannya <i>Jalousie</i> Pada Atap .....	129
Gambar 4.70 Bukaannya <i>Jalousie</i> Pada Bukaannya Di Bawah Tritisan Atap .....	130
Gambar 4.71 Ukuran Bukaannya <i>Jalousie</i> Pada Bukaannya Di Bawah Tritisan Atap .....	130
Gambar 4.72 Ukuran Tribun .....	131
Gambar 4.73 Rekomendasi Tribun .....	131
Gambar 4.74 Rekomendasi Bukaannya Tribun Pada Sisi Selatan .....	132
Gambar 4.75 Rekomendasi Bukaannya Tribun Pada Sisi Utara .....	132
Gambar 4.76 Rekomendasi Letak Bukaannya Tribun.....	133
Gambar 4.77 Struktur Pada Tribun .....	133
Gambar 4.78 Ukuran Bukaannya Tribun .....	134
Gambar 4.79 Rekomendasi <i>Secondary Skin 1</i> .....	134

Gambar 4.80 Rekomendasi <i>Secondary Skin 2</i> .....	135
Gambar 4.81 Rekomendasi Bukaan Dinding Arena Di Sisi Selatan.....	135
Gambar 4.82 Rekomendasi Bukaan Dinding Arena Di Sisi Utara.....	136
Gambar 4.83 Rekomendasi Ukuran Bukaan <i>Roaster</i> Pada Dinding Arena .....	136
Gambar 4.84 Rekomendasi Pengaliran Udara Pada Koridor Di Sisi Selatan .....	137
Gambar 4.85 Rekomendasi Bukaan <i>Jalousie</i> Pada R.Pemanasan & <i>Briefing</i> .....	137
Gambar 4.86 Rekomendasi Bukaan <i>Jalousi</i> Pada Ruang Hall Atlet .....	138
Gambar 4.87 Bukaan <i>Jalousie</i> Pada R.Hall Atlet Dan R.Pemanasan & <i>Briefing</i> .....	138
Gambar 4.88 Rekomendasi Penambahan Overhang Pada Bukaan .....	139

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sistem penghawaan pada bangunan sangat diperlukan sebagai cara untuk mengalirkan udara ke dalam bangunan guna memenuhi kebutuhan penghawaan bagi pengguna di dalamnya. Salah satu sistem penghawaan yang paling efisien adalah penghawaan alami, dimana penghawaan alami dapat mengatur aliran udara yang baik dan sehat karena mengalirkan udara dengan keseimbangan yang sewajarnya. Keadaan iklim di Indonesia menuntut untuk memenuhi penghawaan di dalam bangunan. Dalam penelitian ini penulis menggunakan objek studi bangunan Gelanggang Olah Raga Lembu Peteng di Kabupaten Tulungagung. Salah satunya dengan pemanfaatan penghawaan alami karena memiliki iklim tropis lembab dimana suhu udara yang tinggi se

panjang tahun dengan suhu rata-rata tidak kurang dari 18 °C, yaitu sekitar 27 °C.

Gelanggang Olah Raga (GOR) merupakan sebuah gedung atau bangunan yang memberikan fasilitas berupa tempat olahraga di dalam ruangan. GOR Lembu Peteng adalah sebuah gedung olahraga yang digunakan untuk fasilitas olahraga bola basket dan bola voli yang berada di Kabupaten Tulungagung. Berdasarkan fungsi GOR tersebut, bangunan GOR diharuskan untuk mempunyai penghawaan yang baik dan sesuai dengan standart kebutuhan pengguna untuk mencapai suatu kenyamanan, agar pengguna dapat beraktifitas berolahraga di dalam gedung dengan maksimal.

Aktivitas olahraga dapat meningkatkan laju metabolisme yang dapat menghasilkan panas pada tubuh. Latihan olahraga dapat meningkatkan suhu pada tubuh sehingga otak akan menanggapi peningkatan suhu tersebut melalui reaksi kulit untuk mengeluarkan kelenjar keringat sebagai reaksi melepaskan panas dari tubuh ke lingkungan. Kondisi seperti ini dapat mengurangi kenyamanan bagi para pemain sehingga kurang fokus saat dalam pertandingan atau latihan. Selain itu,

peningkatan suhu tubuh juga dirasakan para penonton karena kondisi yang padat dan ramai penonton saat pertandingan dengan kapasitas penonton sekitar 700 penonton yang berada di area tribun, namun masih bisa menampung sampai maksimal 1000 penonton. Banyaknya penonton tersebut akan menimbulkan panas dan kurang mendapatkan udara apabila tidak diimbangi dengan penghawaan yang cukup. Hal ini dapat diselesaikan dengan mengatur penghawaan alami di dalam bangunan agar dapat memberikan aliran udara pada kulit dengan tujuan membawa panas menjauhi tubuh.

Bangunan Gelanggang Olah Raga Lembu Peteng yang ada saat ini terletak pada area yang dikelilingi perumahan yang tidak terlalu padat dengan rata-rata ketinggian rumah adalah 1 hingga 2 lantai dan juga didominasi dengan area persawahan. Berdasarkan eksisting bangunan kondisi bangunan tersebut masih cukup baik karena tergolong bangunan baru. Namun terdapat permasalahan yang terjadi pada bangunan terutama masalah penghawaan pada saat digunakan. Permasalahan terhadap penghawaan yang terjadi adalah rasa pengap dan panas di dalam bangunan yang dirasakan oleh para pemain maupun penonton. Rasa pengap dan panas tersebut dikarenakan oleh kurangnya bukaan pada bangunan, bukaan pada eksisting bangunan hanya terdapat di bagian atas yang berupa bukaan *jalousie* dan hanya terdapat pada 2 sisi bangunan, sehingga meskipun bangunan tersebut memiliki luas 2041,13 meter persegi dengan ketinggian dinding mencapai 13 meter, keadaan ruang masih pengap. Sedangkan berdasarkan lokasi bangunan GOR terhadap lingkungan sekitarnya berpotensi untuk menerapkan penghawaan alami karena banyaknya potensi angin yang melewati tapak. Namun pada bangunan belum menerapkan sistem penghawaan alami baik melalui ventilasi silang maupun *stack effect*, sehingga belum ada penangkap angin pada bangunan. Selain itu penataan pada lingkungan sekitar juga belum maksimal dalam penangkapan angin yang dapat memasukkan angin ke dalam tapak. Sehingga perlu penataan vegetasi di sekitar bangunan agar dapat mengarahkan angin yang melewati tapak untuk masuk ke dalam bangunan.

Sistem penghawaan alami terdiri dari ventilasi silang (*cross ventilation*) dan *stack effect*. Penulis akan terfokus pada penelitian tentang sistem ventilasi silang tersebut sebagai solusi untuk mengeluarkan panas sehingga sistem tersebut dapat diterapkan pada bangunan GOR. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian terhadap penghawaan pada bangunan GOR untuk mengetahui sistem ventilasi

alami yang dapat mengatasi penghawaan alami yang diperlukan bangunan sehingga sistem ventilasi alami dapat diterapkan pada GOR lembu Peteng tersebut. Kemudian dengan menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamic* dari software Ansys Workbench akan diketahui pergerakan aliran udara yang terjadi pada bangunan dan dapat diketahui kecepatan aliran udara yang terjadi.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah antara lain:

1. Kondisi pada tapak masih belum terdapat penangkap angin yang baik, sehingga angin yang menuju ke dalam tapak belum diarahkan pada bangunan.
2. Kondisi bangunan pada eksisting secara fisik masih baik karena tergolong bangunan baru, namun terdapat permasalahan termal saat bangunan digunakan karena kurangnya bukaan. Keadaan bangunan yang berada di area perumahan yang tidak terlalu padat dan persawahan merupakan potensi banyaknya angin dengan intensitas yang cukup tinggi, namun angin tersebut tidak dapat memasuki bangunan secara merata karena kurangnya bukaan pada bangunan eksisting.
3. Masalah tersebut akan diselesaikan dengan menerapkan sistem penghawaan alami melalui ventilasi alami berupa bukaan pada bangunan. Sistem ventilasi alami yaitu sistem ventilasi silang yang akan dianalisis untuk diterapkan pada bangunan GOR yang diharapkan mampu menyelesaikan permasalahan yang terjadi saat ini

## 1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana terjadinya penghawaan alami pada bangunan GOR Lembu Peteng Tulungagung?
2. Bagaimana pengaruh aliran udara melalui sistem ventilasi silang terhadap bangunan GOR Lembu Peteng Tulungagung?

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah antara lain:

1. Analisis akan dilakukan pada objek kajian yaitu pada bangunan GOR Lembu Peteng di Tulungagung

2. Memfokuskan penelitian terhadap penghawaan alami melalui bukaan pada bangunan
3. Menggunakan sistem ventilasi alami yaitu sistem ventilasi silang sebagai bukaan pada bangunan untuk dianalisis dan dievaluasi pengaruhnya terhadap penghawaan di dalam bangunan GOR yang memiliki permasalahan terhadap penghawaan tersebut.

### **1.5 Tujuan**

1. Untuk mengetahui terjadinya penghawaan alami pada bangunan GOR Lembu Peteng di Tulungagung.
2. Untuk mengetahui pengaruh aliran udara melalui sistem ventilasi silang terhadap bangunan GOR Lembu Peteng di Tulungagung.

### **1.6 Manfaat**

Manfaat yang dapat diperoleh setelah melakukan penelitian tersebut adalah

1. Bagi masyarakat :  
Memiliki wadah / fasilitas berupa GOR yang nyaman untuk beraktivitas, terutama untuk berolahraga bola basket dan bola voli di dalam bangunan GOR.
2. Bagi pemerintah :  
Bangunan GOR menjadi daya tarik wisatawan luar daerah untuk menyelenggarakan kegiatan olahraga.
3. Bagi arsitek :  
Dapat menjadi referensi berupa penerapan sistem penghawaan alami dalam mendesain bangunan GOR

## **1.7 Sistematika Pembahasan**

Sistematika pembahasan berisi tentang:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab I pendahuluan menuliskan tentang latar belakang penelitian terhadap penghawaan alami pada bangunan GOR. Pada bab ini berisi tentang latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab II tinjauan pustaka menuliskan tentang kajian teori yang berhubungan dengan penelitian ini. Kajian teori yang digunakan dalam penelitian ini adalah tentang bangunan GOR, penghawaan alami, dan sistem ventilasi alami yaitu sistem ventilasi silang.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab III metode penelitian menuliskan tentang metode yang digunakan dalam penelitian. Metode penelitian berisi tentang metode penelitian, lokasi objek dan waktu penelitian, tahapan penelitian, variabel penelitian, instrumen penelitian, metode pengumpulan data, jenis data, analisa data dan rekomendasi desain.

### **BAB IV PEMBAHASAN**

Bab IV pembahasan berisi tentang hasil penelitian dimana menjelaskan tentang analisa eksisting hingga rekomendasi desain

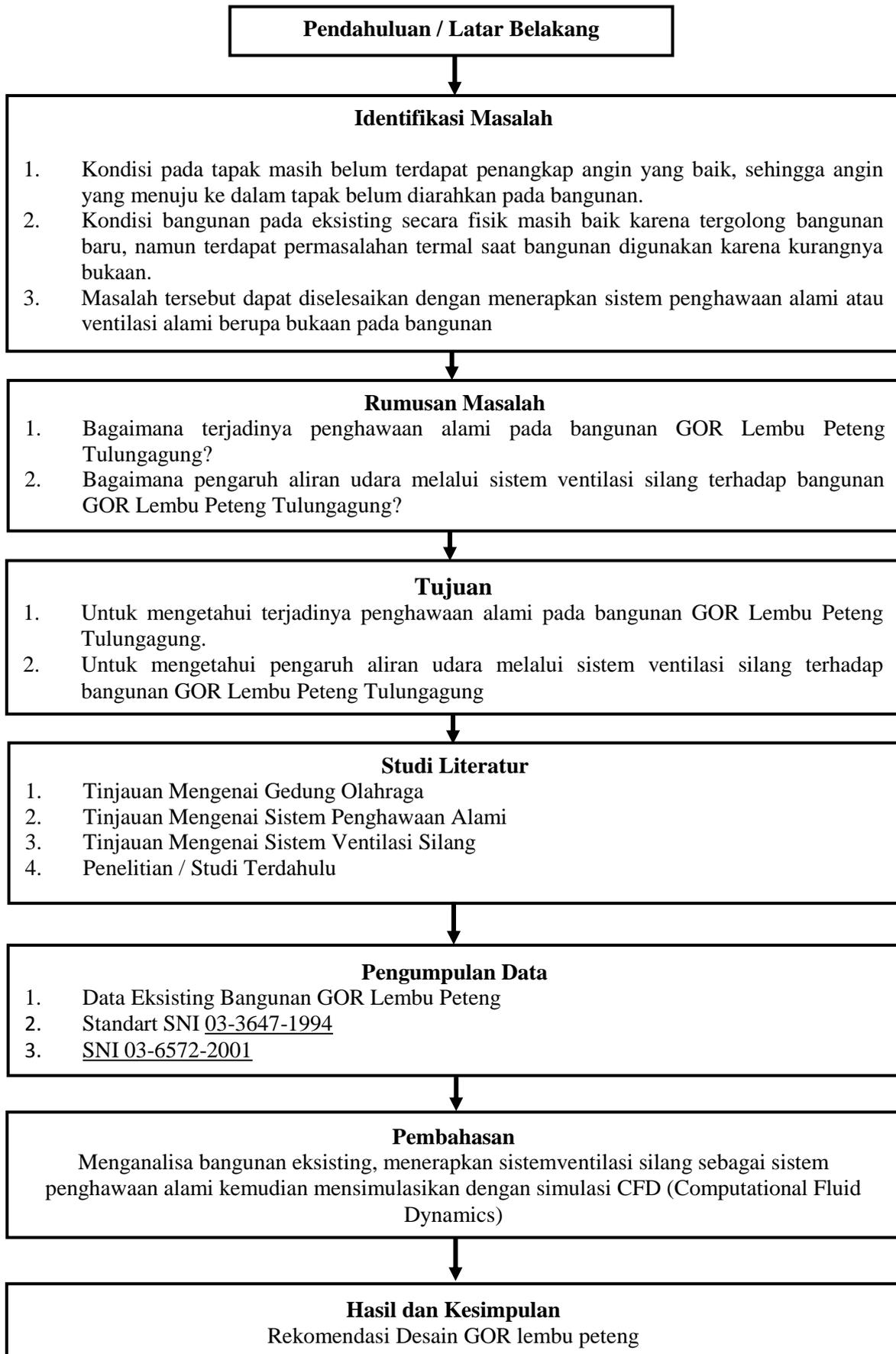
### **BAB V PENUTUP**

Bab V penutup berisi tentang kesimpulan dan saran dari keseluruhan isi dalam skripsi

### **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi tentang sumber-sumber studi literatur yang digunakan pada tinjauan pustaka.

## 1.8 Kerangka Pemikiran



Gambar 1.1 Diagram Kerangka Pemikiran

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian GOR (Gelanggang Olahraga)**

Pengertian Gelanggang menurut Kamus Umum Bahasa Indonesia ( Balai Pustaka, 1995 ) adalah ruang / lapangan tempat menyabung ayam, bertinju, berpacu ( kuda ), olahraga dan sebagainya. Gelanggang juga berarti arena, atau lingkaran. Sedangkan menurut Kamus Umum Bahasa Indonesia (1985), olahraga memiliki pengertian yaitu

- Gerak badan untuk menguatkan dan menyehatkan tubuh
- Permainan, hiburan, pertandingan yang memerlukan ketrampilan fisik

Olahraga juga merupakan suatu bentuk pendidikan dari perorangan dan masyarakat yang mengutamakan gerakan jasmani yang dilakukan di dalam ruangan (*indoor*) maupun di luar (*outdoor*) secara sadar dan sistematis serta berlangsung seumur hidup dan diarahkan dapat tercapainya suatu kualitas kehidupan yang lebih tinggi. ( Perpustakaan Pusat Ilmiah Keolahragaan, Jakarta ; 1981).

Dapat ditarik kesimpulan bahwa Gelanggang Olahraga adalah suatu wadah / tempat yang digunakan untuk menampung kegiatan jasmani yang dilakukan baik di dalam ruangan (*indoor*) maupun di luar (*outdoor*) dengan tujuan untuk menguatkan dan menyehatkan tubuh. GOR Lembu Peteng merupakan tempat yang digunakan untuk menampung kegiatan olahraga di dalam ruangan (*indoor*) yang terdiri dari olahraga bola basket dan voli, dan olahraga di luar ruangan (*outdoor*). Dimana kegiatan tersebut dapat dilakukan oleh masyarakat umum karena GOR merupakan fasilitas publik terutama untuk masyarakat di Kabupaten Tulungagung.

Kapasitas penonton pada Gelanggang olahraga berbeda-beda. Adapun klasifikasi penonton pada GOR berdasarkan tipe GOR sebagai berikut

Tabel 2.1 Kapasitas Penonton Gelanggang Olahraga

Klasifikasi Gelanggang Olahraga	Jumlah Penonton (Jiwa)
Tipe A	3000 – 5000
Tipe B	1000 – 3000
Tipe C	Maksimal 1000

Sumber : Standar Tata Cara Teknik Bangunan Gelanggang Olahraga

Berdasarkan tabel klasifikasi gelanggang olahraga tersebut GOR Lembu Peteng merupakan Tipe C dimana dapat menampung maksimal 1000 penonton di dalam GOR.

## 2.2 Klasifikasi Jenis Kegiatan pada Gelanggang Olahraga

Kegiatan-kegiatan yang biasanya dilakukan di Gelanggang Olahraga salah satunya GOR Lembu Peteng di Tulungagung tersebut antara lain

Tabel 2.2 Klasifikasi jenis kegiatan

No	Jenis Kegiatan	Karakteristik Kegiatan
1	Kegiatan Olahraga	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan olahraga atau berlatih</li> <li>Perlombaan dan pertandingan</li> </ul>
2	Kegiatan Olahraga Rekreasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Berolahraga dan rekreasi</li> </ul>
3	Kegiatan Kesejahteraan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Makan, minum</li> <li>Nongkrong, duduk, berbincang-bincang</li> <li>Berkumpul komunitas</li> </ul>

## 2.3 Fasilitas Olahraga pada Gelanggang Olahraga

Fasilitas olahraga pada GOR Lembu Peteng dibagi menjadi 2 kelompok kegiatan, antara lain

- Outdoor Activities

Kegiatan outdoor ini dilakukan di area terbuka yang terdapat di sekeliling bangunan GOR. Biasanya area luar tersebut digunakan sebagai tempat mengadakan acara-acara hiburan di Tulungagung

- Indoor Activities  
Kegiatan indoor ini dilakukan di ruangan tertutup yaitu berada di dalam bangunan GOR Lembu Peteng itu sendiri
1. **Fasilitas Olahraga di dalam bangunan (*indoor*) :**
    - Bola Basket
    - Bola Voli
    - Futsal
    - Senam
    - Karate
    - dll
  2. **Fasilitas Olahraga di luar bangunan (*outdoor*) :**
    - Jogging Track
    - Bersepeda
    - Bermain Sepatu Roda
    - Senam
    - Jalur balap motor
    - Area terbuka untuk mengadakan acara hiburan

#### 2.4 Iklim Tropis Lembab

Iklim merupakan kondisi cuaca rata-rata secara tahunan yang mencakup wilayah yang relatif luas. Iklim suatu tempat diketahui dari data rata-rata cuaca tahunan seperti kelembaban udara, suhu, pola angin dan curah hujan minimal 10-30 tahun. Tropis dapat diartikan sebagai suatu daerah yang terletak di antara garis *isotherm* di bumi bagian utara dan selatan, atau daerah yang terdapat di 23,5° lintang utara dan 23,5° lintang selatan

Indonesia sendiri termasuk dalam iklim tropis basah atau daerah hangat lembab yang ditandai dengan:

- Kelembaban udara yang relatif tinggi (pada umumnya di atas 90%)
- Curah hujan yang tinggi
- Temperatur tahunan di atas 18°C (dan dapat mencapai 38°C pada musim kemarau).

- Perbedaan antar musim tidak terlalu terlihat, kecuali periode sedikit hujan dan banyak hujan yang disertai angin kencang

Kabupaten Tulungagung terletak di Provinsi Jawa Timur dimana Provinsi Jawa Timur termasuk ke dalam iklim tropis lembab dengan suhu rata-rata hingga 27 °C , dilihat dari suhu terendah 24 °C dan suhu tertinggi 30 °C.

## 2.5 Aliran Udara (Angin)

Angin merupakan salah satu unsur cuaca dan iklim. Berdasarkan buku Ilmu Fisika Bangunan Heins Frick menyatakan bahwa angin terjadi karena perbedaan radiasi yang diterima oleh permukaan bumi dimana perbedaan radiasi tersebut dapat mengakibatkan adanya perbedaan panas permukaan bumi dan suhu udara. Hal tersebut mengakibatkan pergerakan udara atau angin karena perbedaan tekanan udara yang ditimbulkan. Udara yang lebih panas mempunyai tekanan udara yang lebih rendah, sehingga udara dingin yang bertekanan tinggi akan bergerak kemenuju daerah yang lebih panas. adalah udara yang bergerak dari daerah bertekanan udara tinggi ke daerah bertekanan udara rendah. Beberapa hal penting tentang angin meliputi:

### 1. Kecepatan Angin

Kecepatan angin dapat diukur dengan suatu alat yang disebut Anemometer.

### 2. Kekuatan Angin

Kekuatan angin ditentukan oleh kecepatannya, makin cepat angin bertiup maka makin tinggi/besar kekuatannya.

### 3. Arah Angin

Menurut seorang ahli meteorologi bangsa Belanda yang bernama Buys Ballot mengemukakan hukumnya yang berbunyi: Udara mengalir dari daerah maksimum ke daerah minimum. Pada belahan utara bumi, udara/angin berkelok ke kanan dan di belahan selatan berkelok ke kiri. Pembelokan arah angin terjadi karena adanya rotasi bumi dari barat ke timur dan karena bumi bulat.

Aliran angin dapat mendinginkan suhu suatu area yang terkena hembusannya. Berikut adalah table yang menyebutkan pengaruh kecepatan aliran udara terhadap kenyamanan tubuh manusia

Tabel 2.3 Pengaruh Kenyamanan Kecepatan Aliran Udara Bagi Manusia

Kecepatan angin bergerak	Pengaruh atas kenyamanan	Efek penyegaran (pada suhu 30°C)
< 0.25 m/detik	Tidak dapat dirasakan	0°C
0.25-0.5 m/detik	Paling nyaman	0.5-0.7 °C
0.5-1 m/detik	Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan	1.0-1.2 °C
1-1.5 m/detik	Kecepatan maksimal	1.7-2.2 °C
1.5-2 m/detik	Kurang nyaman, berangin	2.0-3.3 °C
>2 m/detik	Kesehatan penghuni terpengaruh oleh kecepatan angin yang tinggi	2.3-4.2 °C

Sumber : Ilmu Fisika Bangunan, Heins Frick

### 2.5.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Aliran Udara (Angin)

Adapun faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya aliran udara atau angin (Prasetya, 2008 dalam Resmi, 2010), antara lain:

1. Gradien barometris Gradien barometris merupakan bilangan yang menunjukkan perbedaan tekanan udara dari dua isobar yang jaraknya 111 km. Semakin besar gradien barometrisnya, semakin cepat pula kecepatan anginnya.
2. Lokasi Kecepatan angin di dekat garis khatulistiwa lebih cepat daripada kecepatan angin di daerah yang jauh dari garis khatulistiwa.
3. Tinggi lokasi Di permukaan bumi, gunung, pohon, dan topografi yang tidak rata menciptakan gaya gesekan yang besar yang menghambat laju udara. Akan tetapi, semakin tinggi suatu tempat, gaya gesekan ini semakin kecil sehingga semakin tinggi lokasinya, kecepatan angin semakin cepat.
4. Waktu Angin bergerak lebih cepat pada siang hari, dan sebaliknya lebih lambat pada malam hari.

### 2.5.2 Standart Kecepatan Angin

Dalam kaitannya dengan kenyamanan termal, kecepatan angin memiliki standar tertentu. Adapun standar kecepatan angin tersebut berupa bahwa dalam mempertahankan kondisi nyaman, kecepatan udara yang jatuh di atas kepala

berkisar antara 0,15-0,25 m/s (BSN, 2001). Lippsmeier (1997) menjelaskan karakteristik nyaman yang dirasakan untuk kecepatan angin tertentu, antara lain:

1. 0,25 m/s terasa nyaman tanpa dirasakan adanya gerakan udara;
2. 0,25-0,5 m/s terasa nyaman dengan adanya gerakan udara;
3. 1-1,5 m/s terjadi aliran udara yang ringan hingga tidak menyenangkan; dan
4. di atas 1,5 m/s terasa tidak menyenangkan.

Berdasarkan skala Beauford untuk kecepatan angin terbagi menjadi 12 bagian yaitu

Tabel 2.4 Skala Beauford Untuk Kecepatan Angin

Nomor Beauford	Gejala	Kecepatan rata – rata (m/dtk)
0	Tidak ada angin, asap membung tegak lurus, permukaan air danau tenang	<0.5
1	Pergerakan udara lemah, asap sedikit condong	1.7
2	Hembusan angin sepoi-sepoi basa, daun gemerisik	3.3
3	Angin lemah, ranting bergerak, riak kecil di air	5.2
4	Angin sedang, cabang kecil bergerak	7.4
5	Angin kuat, cabang besar bergerak, suara keras, ombak berbuih putih	9.8
6	Angin sangat keras, daun-daun terlepas, berjalan agak sulit	12.4
7	Angin puyuh, batang pohon kecil melengkung, ranting patah	15.2
8	Angin puyuh kuat, cabang pohon mungkin patah, cabang yang lebih besar melengkung	18.2
9	Angin puyuh sangat kuat, pohon kecil tercabut, genting beterbangan, bangunan rusak	21.4
10	Topan, bangunan berat rusak, pohon tumbang atau tercabut	25.1
11	Topan badai, bangunan hancur, seluruh hutan tercabut, manusia dan hewan dapat terbawa	29.0
12	Topan badai seperti diatas, tetapi lebih hebat lagi	>29.0

Sumber : Fisika Bangunan (Satwiko, 2008:19)

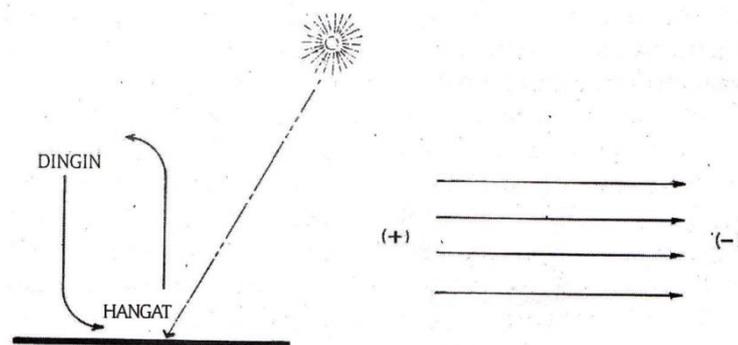
Akan tetapi, Givoni (1994) dalam Jenny (2014) menyatakan standar kecepatan angin dalam kaitannya dengan suhu udara luar, dimana ketika suhu udara luar berkisar antara 28-32 °C, keadaan nyaman di dalam ruangan dapat dicapai ketika kecepatan angin berkisar antara 1,5-2,0 m/s.

### 2.5.3 Prinsip – Prinsip Dasar Aliran Udara (Angin)

Udara bergerak mengikuti hukum-hukum alam tertentu, sehingga pergerakan udara ini relatif teratur dan dapat diprediksi (Boutet, 1987). Adapun prinsip-prinsip dasar aliran udara (Lechner, 2007), antara lain:

#### 1. Pergerakan udara

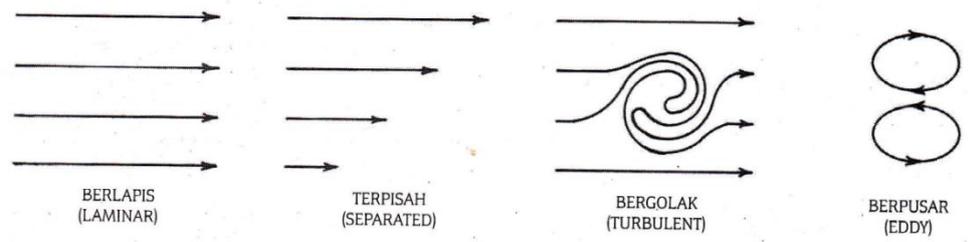
Udara bergerak karena adanya arus konveksi natural yang disebabkan oleh perbedaan suhu atau karena adanya perbedaan tekanan. (gambar 2.1)



Gambar 2.1 Pergerakan udara karena adanya arus konveksi natural atau karena adanya perbedaan tekanan  
Sumber : Lechner, 2007:293

#### 2. Tipe – tipe aliran udara

Ada empat tipe dasar aliran udara: terdiri atas arus berlapis (laminar), terpisah (separate), bergolak (turbulent), dan berpusar (eddy). Pola aliran udara laminar (berlapis) yang cenderung sejajar dan mudah diprediksi, pola aliran udara turbulen (bergolak) yang acak dan susah diprediksi, pola aliran udara separated (terpisah) yang kecepatan anginnya berkurang walaupun tetap bergerak sejajar dan aliran udara memutar yang dipengaruhi oleh aliran udara berlapis atau bergolak



Gambar 2.2 Tipe-tipe pola aliran udara  
Sumber : Lechner, 2007:294

3. Kelambanan (Inertia)

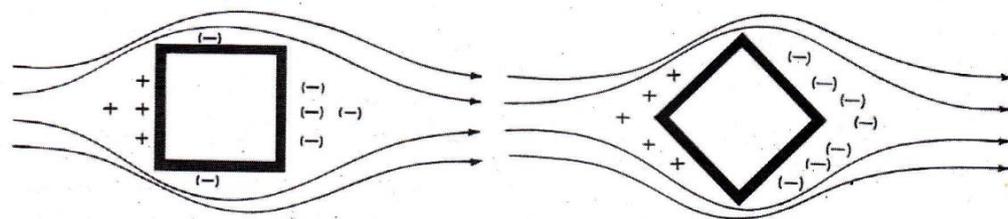
Udara mempunyai massa, sehingga pergerakannya cenderung di jalur yang lurus. Oleh karena itu, bila dipaksa mengubah arah alirannya, aliran udara ini akan mengikuti bentuk kurva dan tidak pernah membentuk sudut yang benar.

4. Konservasi udara

Garis-garis yang menggambarkan aliran udara harus digambar secara terusmenerus karena udara yang mendekati suatu bangunan harus setara dengan udara yang keluar dari bangunan tersebut.

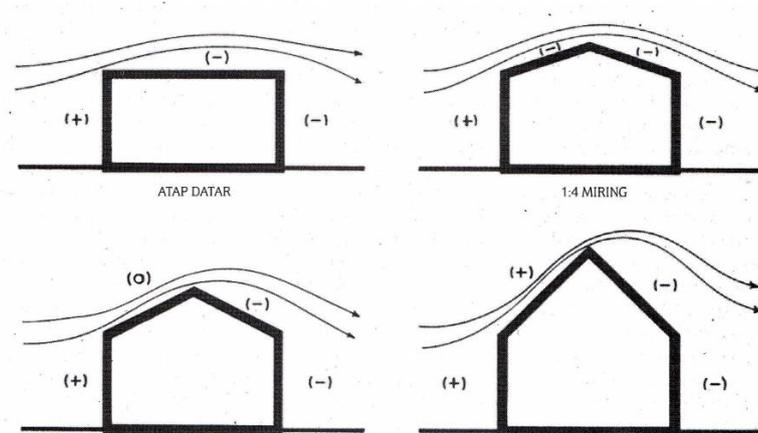
5. Area dengan tekanan udara yang tinggi dan rendah

Sewaktu angin mencapai permukaan bangunan, ia akan memadatkan dan menciptakan tekanan positif (+). Kemudian udara akan dibelokkan ke sisi bangunan tersebut, sehingga tercipta tekanan negatif (-).



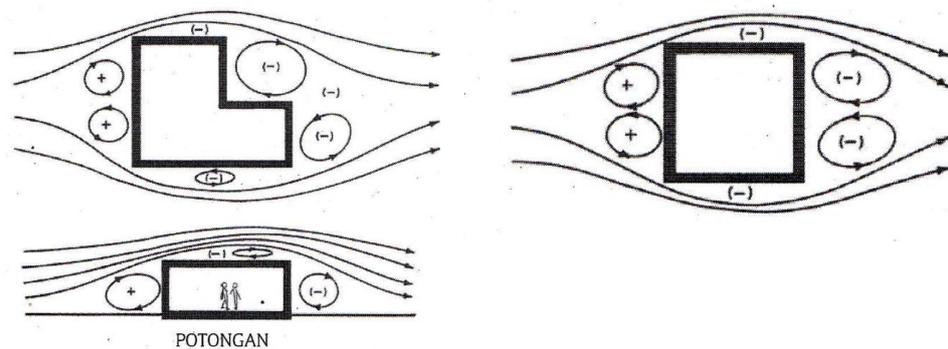
Gambar 2.3 Aliran udara menciptakan area dengan tekanan positif dan negatif  
Sumber : Lechner, 2007:294

Di sisi lain, tekanan yang tercipta pada bagian atap bergantung pada kelandaian atap itu sendiri.



Gambar 2.4 Tekanan yang terjadi pada atap bergantung pada kelandaian atap  
Sumber : Lechner, 2007:295

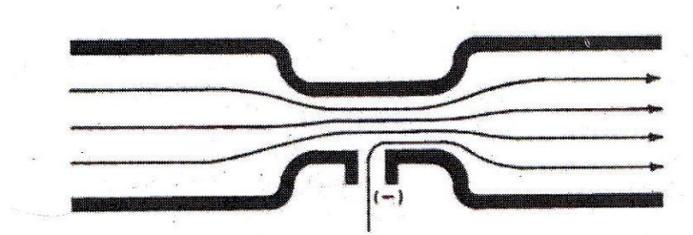
Sebenarnya, pada area-area bertekanan tinggi dan rendah ini juga terdapat aliran udara bergolak dan berpusar (eddy).



Gambar 2.5 Pola aliran udara bergolak dan berpusar pada area bertekanan  
Sumber : Lechner, 2007:295

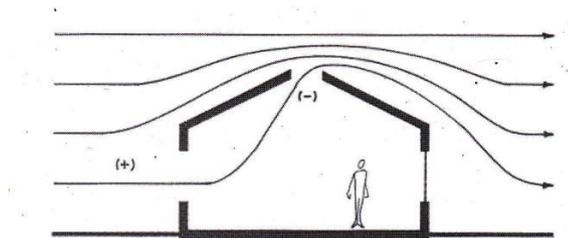
## 6. Efek bernouli

Peningkatan kecepatan cairan akan menurunkan tekanan statiknya, sehingga menyebabkan tekanan negatif pada pembatasan tabung “venturi”



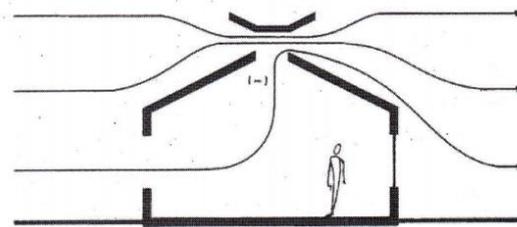
Gambar 2.6 Efek Bernoulli pada tabung “venturi”  
Sumber : Lechner, 2007:295

Tabung venturi akan menggambarkan efek bernoulli, ketika kecepatan udara meningkat, tekanan statiknya menurun.

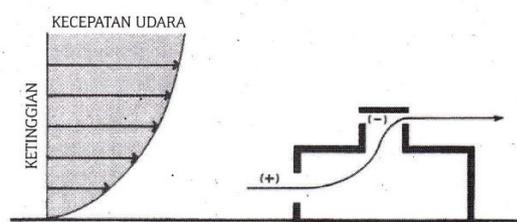


Gambar 2.7 Efek Venturi  
Sumber : Lechner, 2007:296

Efek Venturi menyebabkan udara dibuang melalui lubang di atap, dan pada atau dengan bubungan



Gambar 2.8 Tabung Venturi Digunakan Sebagai Ventilator Atap  
Sumber : Lechner, 2007:296



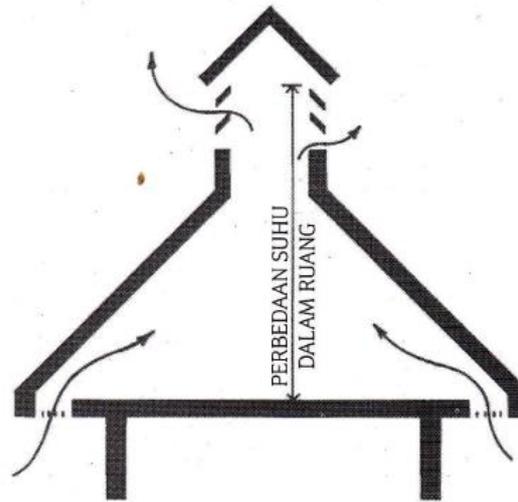
Gambar 2.9 Kecepatan Udara Yang Meningkat Dengan Ketinggian Di Atas Bagian Dasarnya

Sumber : Lechner, 2007:296

Tekanan pada bubungan atap akan lebih rendah disbanding tekanan yang ada di jendela di bagian dasar. Akibatnya meskipun tanpa bantuan factor geometri tabung “venture”, efek Bernoulli akan membuang udara melalui lubang-lubang angin yang terdapat di bagian atap. Lechner (2007:296)

#### 7. Efek cerobong asap

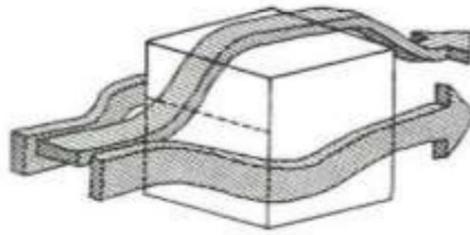
Efek cerobong asap merupakan gabungan dari efek Bernoulli dan efek venturi, dimana pembuangan udara dari bangunan dilakukan melalui aksi konveksi alami. Efek cerobong asap akan membuang panas meskipun perbedaan suhu ruang dalam lebih besar daripada perbedaan suhu ruang luar diantara lubang-lubang vertikal



Gambar 2.10 Efek cerobong asap  
Sumber : Lechner, 2007:296

#### 2.5.4 Pola Aliran Udara dan Kecepatan Angin pada Skala Lingkungan

Menurut Boutet (1987), ada 3 hal yang mempengaruhi pola aliran udara dan kecepatan angin pada skala lingkungan, yakni bentuk lahan, vegetasi, dan bangunan. Struktur bangunan membelokkan, menghalangi, dan mengarahkan aliran udara di sekitarnya, serta mengurangi maupun menambah kecepatan aliran udaranya. Ketika aliran udara menuju permukaan bangunan, sepertiga aliran udara naik ke atas bangunan sementara dua per tiga aliran udara membelok ke sisi bangunan



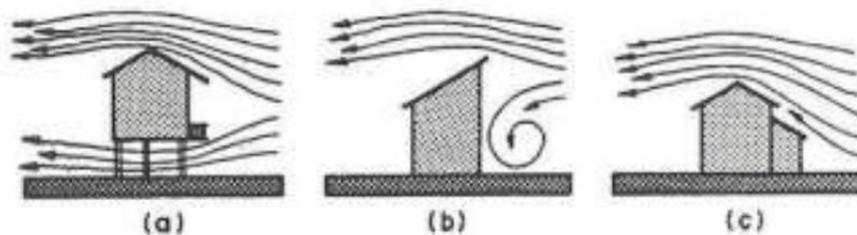
Gambar 2.11 Prinsip aliran udara pada bangunan

Sumber : Boutet, 1987:50

### 2.5.5 Pola Aliran Udara dan Kecepatan Angin pada Skala Bangunan

Menurut Boutet (1987), aliran udara pada skala bangunan dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain: bangunan itu sendiri, vegetasi di sekitar bangunan, pagar di sekitar bangunan, dan bangunan sekitarnya. Adapun pada bangunan itu sendiri, terdapat beberapa faktor yang berpengaruh terhadap pola aliran udara dan kecepatan angin, seperti konfigurasi, orientasi, tinggi, teritis, bentuk atap, dan bentuk-bentuk arsitektural lainnya.

Konfigurasi dan orientasi bangunan terhadap arah datangnya angin mempengaruhi pola pergerakan aliran udara dan kecepatan angin. Seperti terlihat pada Gambar 2.9 berikut, pada bangunan berbentuk panggung, aliran udara menyebar ke bagian atas dan bawah panggung; pada bangunan beratap jengki, sebagian besar aliran udara terhadang oleh dinding bangunan; dan pada bangunan beratap planar, aliran udara mengikuti bentuk atap (Boutet, 1987).



Gambar 2.9 Aliran udara pada konfigurasi dan orientasi bangunan yang berbeda

Sumber : Boutet, 1987:56

### 2.5.6 Pola Aliran Udara dan Kecepatan Angin pada Skala Bukaannya Bangunan

Kecepatan dan arah angin di luar bangunan berperan penting terhadap bukaan pada bangunan. Bukaan pada bangunan menciptakan ventilasi untuk pertukaran udara (Mediastika, 2002). Pada skala bukaan bangunan, pola aliran udara dan kecepatan angin dipengaruhi oleh 3 hal, yaitu perletakan dan orientasi bukaan, ukuran dan rasio bukaan, serta tipe bukaan (Boutet, 1987). Orientasi bangunan GOR sendiri menghadap ke arah utara. Orientasi tersebut sesuai dengan arah angin

yang datang. Sedangkan rasio bukaan masih sangat minim karena hanya terdapat di area tritisan atap saja dengan bukaan berupa bukaan kisi-kisi.

### **2.5.7 Pemanfaatan Aliran Udara**

Secara umum, Boutet (1987) menyatakan bahwa aliran udara berperan dalam meningkatkan kualitas kehidupan. Aliran udara tersebut antara lain berperan dalam hal:

#### **1. Kualitas udara**

Polutan dapat ditemukan di mana saja. Salah satu contoh sederhananya adalah proses respirasi manusia yang dapat menimbulkan gas karbon dioksida. Oleh karena itu, diperlukan ventilasi untuk menjaga kualitas udara di dalam ruangan dengan mengatur pertukaran aliran udara dari luar ke dalam.

#### **2. Energi**

Pemanfaatan aliran udara yang baik akan mengurangi kebutuhan energi, sehingga kemudian menghemat biaya. Misalnya, dengan penggunaan ventilasi pada atap mengurangi sebagian besar perolehan panas, karena sebagian efek sinar matahari pada bagian atap.

#### **3. Kenyamanan**

Kenyamanan dan kesehatan selalu dipengaruhi oleh cuaca. Salah satu faktor yang mempengaruhi aspek fisik kenyamanan adalah aliran udara atau angin (Satwiko, 2009). Aliran udara (angin) akan mengurangi panas berlebih dengan meningkatkan konveksi dan tingkat evaporasi.

## **2.6 Kriteria Kenyamanan Termal**

Kriteria kenyamanan menurut standart SNI 03-6572-2001 menjelaskan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal orang antara lain,

#### **1. Temperatur udara kering**

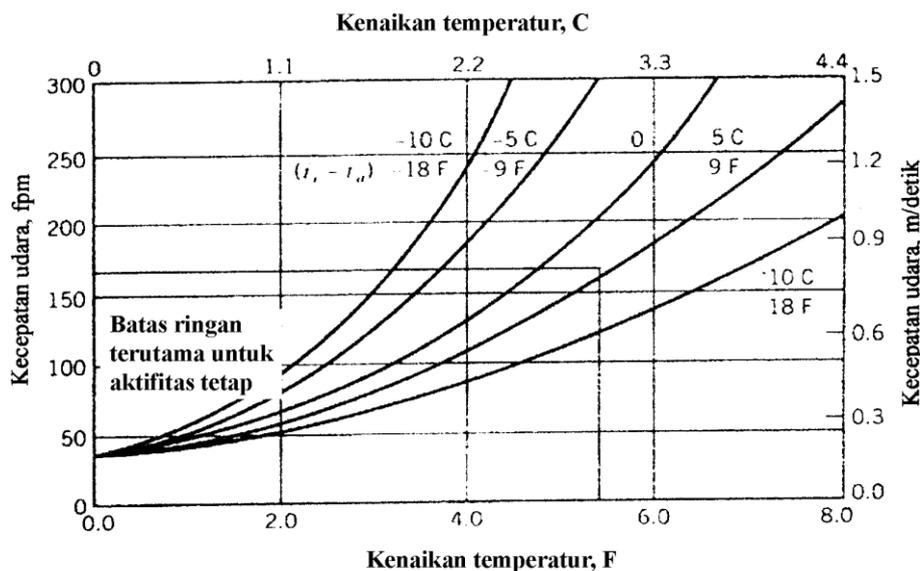
- a. Temperatur udara kering sangat besar pengaruhnya terhadap besar kecilnya kalor yang dilepas melalui penguapan (evaporasi) dan melalui konveksi.
- b. Daerah kenyamanan termal untuk daerah tropis dapat dibagi menjadi :
  - 1) sejuk nyaman, antara temperatur efektif 20,50C ~ 22,80C.
  - 2) nyaman optimal, antara temperatur efektif 22,80C ~ 25,80C.

- 3). hangat nyaman, antara temperatur efektif 25,80C ~ 27,10C.
2. Kelembaban udara relatif
- Kelembaban udara relatif dalam ruangan adalah perbandingan antara jumlah uap air yang dikandung oleh udara tersebut dibandingkan dengan jumlah kandungan uap air pada keadaan jenuh pada temperatur udara ruangan tersebut.
  - Untuk daerah tropis, kelembaban udara relatif yang dianjurkan antara 40% ~ 50%, tetapi untuk ruangan yang jumlah orangnya padat seperti ruang pertemuan, kelembaban udara relatif masih diperbolehkan berkisar antara 55% ~ 60%.
3. Pergerakan udara (kecepatan udara)
- Untuk mempertahankan kondisi nyaman, kecepatan udara yang jatuh diatas kepala tidak boleh lebih besar dari 0,25 m/detik dan sebaiknya lebih kecil dari 0,15 m/detik.
  - Kecepatan udara ini dapat lebih besar dari 0,25 m/detik tergantung dari temperatur udara kering rancangan.

Tabel 2.5 : Kecepatan Udara Dan Kesejukan

Kecepatan udara, m/dtk	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35
Temperatur udara kering, °C	25	26,8	26,9	27,1	27,2

Sumber : Standart SNI 03-6572-2001



Gambar 2.13 : Kebutuhan peningkatan kecepatan udara untuk mengkompensasi kenaikan temperatur udara kering

Sumber : Standart SNI 03-6572-2001

4. Radiasi permukaan yang panas
  - a. Apabila di dalam suatu ruangan dinding - dinding sekitarnya panas, akan mempengaruhi kenyamanan seseorang di dalam ruangan tersebut, meskipun temperatur udara disekitarnya sesuai dengan tingkat kenyamanannya (misalnya di dekat oven atau dapur)
  - b. Usahakan temperatur radiasi rata-rata sama dengan temperatur udara kering ruangan.
  - c. Apabila temperatur radiasi rata-rata lebih tinggi dari temperatur udara kering ruangan, maka temperatur udara ruangan rancangan dibuat lebih rendah dari temperatur rancangan biasanya
  - d. Temperatur operatif didefinisikan sebagai temperatur rata-rata dari temperatur radiasi rata-rata dan temperatur udara kering ruangan.
5. Aktivitas orang
  - a. Untuk perhitungan sistem pengkondisian udara, orang lebih tertarik terhadap besarnya kalor yang dihasilkan dari seseorang pada suatu aktifitas tertentu.
  - b. Penambahan kalor yang diatur, didasarkan pada prosentase normal pria, wanita dan anak-anak sesuai daftar penggunaan, dengan rumus bahwa penambahan untuk wanita dewasa 85% dari pria dewasa, dan penambahan untuk anak-anak 75% dari pria dewasa.
6. Pakaian yang dipakai

## 2.7 Prinsip-Prinsip Dalam Pemanfaatan Penghawaan Alami

Prinsip dalam pemanfaatan penghawaan alami meliputi :

1. Orientasi bangunan
 

Orientasi bukaan sangat mempengaruhi kecepatan dan arah angin yang masuk ke dalam bangunan. Orientasi yang dapat mengoptimalkan angin masuk ke dalam bangunan adalah orientasi bukaan yang tegak lurus  $90^\circ$  dengan arah datang angin.
2. Tekanan Angin
 

Bergerakannya angin bertekanan tinggi ke tekanan rendah
3. Jenis bukaan
 

Bukaan pada bangunan terbagi menjadi dalam tiga posisi, yaitu bukaan tengah sebagai bukaan utama yang berfungsi mengalirkan udara pada tingkat

penghuni, bukaan atas untuk mengeluarkan udara panas di dekat atap, bukaan bawah untuk mengurangi kelembaban pada ruangan. (Satwiko dalam Kusumawardani, 2014)

#### 4. Lokasi bangunan

Bangunan yang berada di daerah lembab harus memperhatikan kebutuhan pergantian udara.

### 2.7.1 Bentuk dan Lokasi Bukaan Udara

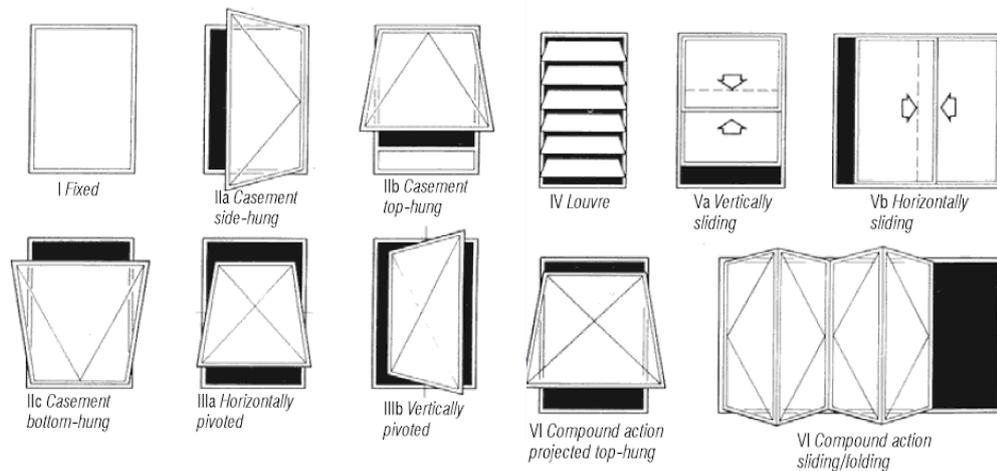
Berdasarkan Satwiko (2009) syarat pemilihan bentuk bukaan udara pada fasad yang dapat menunjang kenyamanan termal sebagai berikut

#### 1. Desain bukaan fleksibel

Dengan fleksibilitas buka-tutup maka dapat diatur arah, kecepatan dan volume udara yang bersirkulasi dalam ruangan

#### 2. Luas bukaan dapat menunjang kelancaran sirkulasi udara

Terdapat syarat minimal luas bukaan udara, yaitu 60% - 80% luas fasad atau 20% luas ruangan



Gambar 2.14 Tipe Bukaan Udara Berupa Jendela  
Sumber : Satwiko (2009)

Bukaan udara yang masuk disebut *inlet* sedangkan bukaan udara keluar disebut *outlet*. Pemberian bukaan *inlet* dan *outlet* tersebut digunakan untuk melancarkan sirkulasi udara di dalam bangunan, dimana udara yang panas dan lembab segera digantikan dengan udara yang lebih sejuk.

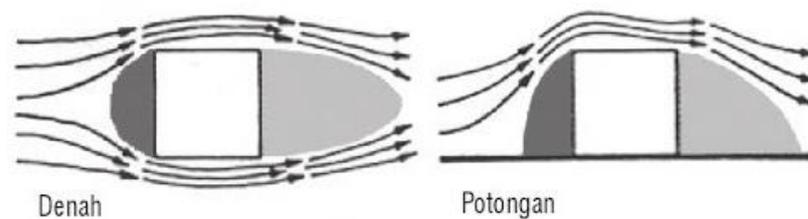
Syarat penentuan lokasi bukaan udara pada fasad yang dapat menunjang kenyamanan termal menurut Satwiko (2009) adalah

1. Lokasi bukaan harus tepat sesuai dengan potensi dan kendala angin

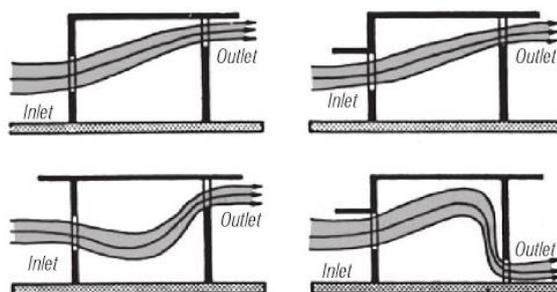
Jika kecepatan angin cenderung lemah, secara denah, *inlet* dialokasikan pada fasad dimana angin datang. Sebaliknya jika kecepatan angin cenderung kuat, secara denah, *inlet* tersebut dapat dialokasikan pada fasad di balik bangunan.

2. Lokasi bukaan menunjang terjadinya *cross ventilation*

Dengan sirkulasi silang (*cross ventilation*) maka arah gerak udara di dalam bangunan dapat dikondisikan lebih merata. Secara potongan *inlet* dan *outlet* harus diposisikan tidak sama tinggi atau secara denah tidak frontal berhadapan. Karena udara panas bergerak keatas ruang maka sebaliknya posisi *outlet* lebih tinggi dari *inlet*.



Gambar 2.15 Muka Angin Dan Bayangan Angin Sebagai Lokasi Bukaan Udara  
Sumber : Satwiko (2009)



Gambar 2.16 Posisi *Inlet* Dan *Outlet* Secara Potongan Yang Mendukung *Cross Ventilation*  
Sumber : Satwiko (2009)

### 2.7.2 Sistem Ventilasi

Sistem Ventilasi adalah strategi untuk mencapai kualitas udara di dalam ruang yang merupakan dasar dari untuk mensuplai udara segar dalam ruang, jumlah bukaan ventilasi diperlukan untuk menjaga kualitas udara tergantung dari kondisi

alam dan dominasi sumber polusi pada ruang tersebut (Allard, 1998). Santamouris menyatakan bahwa natural ventilation digunakan tidak hanya untuk mensuplai udara segar untuk kebutuhan pengguna (occupants) dan untuk kebutuhan menjaga level kualitas udara (maintain acceptable air quality), tetapi juga untuk pendinginan (Santamouris, 1996).

Ventilasi yang nyaman digunakan untuk teknik yang menggunakan gerakan udara yang melintasi kulit sehingga menghasilkan suhu yang nyaman. Teknik pendinginan pasif ini berguna untuk periode-periode tertentu di kebanyakan iklim, tetapi teknik ini akan lebih cocok pada iklim yang panas dan lembab, dimana suhu udara menjadi cukup panas yang merupakan ciri khasnya dan ventilasi dibutuhkan untuk mengendalikan kelembaban ruang dalam. Ventilasi yang nyaman jarang bisa menjadi benar-benar pasif karena kebanyakan iklim, angin tidak selalu cukup untuk menciptakan kecepatan angin ruang dalam yang penting. Kipas angin jendela ataupun kipas angin loteng *whole house* diperlukan untuk menambah angin. (Lechner, 2007:306)

### 2.7.3 Perancangan Sistem ventilasi Alami

Perancangan sistem ventilasi alami dilakukan dengan menentukan 2 ketentuan terlebih dahulu, yaitu

1. Menentukan kebutuhan ventilasi udara yang disesuaikan dengan fungsi ruangan yang diperlukan.

Pada studi kasus bangunan GOR kebutuhan ventilasi sebaiknya mencukupi untuk memenuhi kebutuhan pengguna ruang, dimana fungsi ruangan sebagai tempat berolahraga sehingga pengguna ruang lebih aktif beraktivitas dan bergerak sehingga kebutuhan udara harus lebih diperhatikan

2. Menentukan ventilasi gaya angin yang akan diterapkan pada ruangan
 

Ventilasi gaya angin dimana terdapat gaya angin yang mempengaruhi jalan kerja ventilasi, faktor-faktor yang mempengaruhi hal tersebut antara lain

  - a. Kecepatan rata-rata
  - b. Variasi kecepatan dan arah angin harian maupun musiman
- c. Hambatan sekitar misalnya bangunan sekitar, pohon dll
- d. Kekuatan aliran angin

Berikut persamaan kuantitas gaya angin melalui ventilasi bukaan inlet oleh angin ntuk menghasilkan laju aliran udara

$$Q = CV.A.V$$

dimana :

Q = laju aliran udara, m<sup>3</sup> / detik.

A = luas bebas dari bukaan inlet, m<sup>2</sup> .

V = kecepatan angin, m/detik.

CV = effectiveness dari bukaan

(CV dianggap sama dengan 0,5 ~ 0,6 untuk angin yang tegak lurus dan 0,25 ~ 0,35 untuk angin yang diagonal).

*Inlet* sebaiknya secara langsung menghadap ke arah angin yang kuat. Sedangkan untuk penempatan *outlet* terdapat beberapa penempatan yang diinginkan, antara lain

- a. Pada sisi arah tempat teduh dari bangunan yang berlawanan langsung dengan inlet.
- b. Pada atap, dalam area tekanan rendah yang disebabkan oleh aliran angin yang tidak menerus.
- c. Pada sisi yang berdekatan ke muka arah angin dimana area tekanan rendah terjadi.
- d. Dalam pantauan pada sisi arah tempat teduh
- e. Dalam ventilator atap
- f. Pada cerobong.

Inlet sebaiknya ditempatkan dalam daerah bertekanan tinggi, outlet sebaiknya ditempatkan dalam daerah negatif atau bertekanan rendah

Rumus aliran udara karena perbedaan tekanan air digunakan untuk kondisi lubang masuk(inlet) dan lubang keluar(outlet) sama luasnya.

Bila lubang masuk dan keluar tidak sama, maka CV perlu di kalikan dengan konstanta proporsional seperti table di bawah ini.

Tabel 2.6 Konstanta Penyesuaian Proporsi Bukaan Akibat Tekanan Angin

Perbandingan luas Inlet dan Outlet	Pengali $C_v$	Perbandingan luas Inlet dan Outlet	Pengali $C_v$
1:1	1,00	1:5	1,40

1:2	1,27	2:1	0,63
1:3	1,35	4:1	0,35
1:4	1,38	4:3	0,86

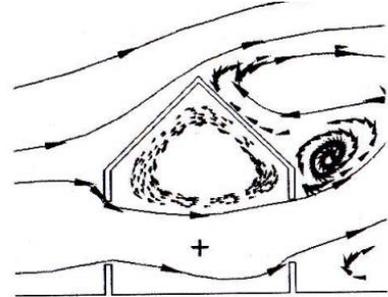
Sumber : Satwiko (2008:44)

Inlet = Outlet

$$V_p = 0,48 \text{ m/dtk}$$

$$T_p = 21,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Angin berputar di bawah atap yang dapat membawa panas dari sisi bawah atap, berada di atas zona hunian

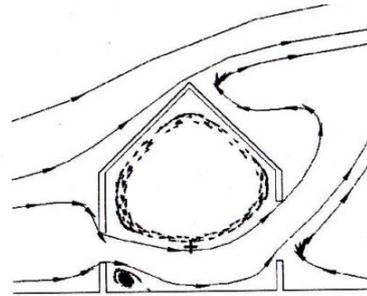


Inlet < Outlet

$$V_p = 0,36 \text{ m/dtk}$$

$$T_p = 22,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

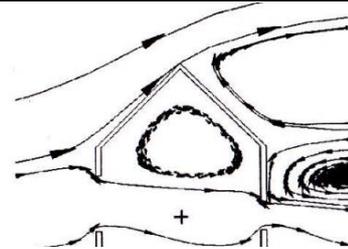
Angin berputar di bawah atap mencapai ketinggian kepala penghuni yang dapat menyebabkan menyebabkan penghuni merasa hangat di kepala



Inlet > Outlet

$$V_p = 0,29 \text{ m/dtk}$$

$$T_p = 22,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$



Gambar 2.17 Pengaruh Konfigurasi Dimensi Inlet Dan Outlet Pada Kecepatan Angin Di Dalam Ruang

Sumber : Satwiko (2008:44)

#### 2.7.4 Pergerakan Udara Secara Pasif

Pada daerah tropis lembab, pergerakan udara pasif dapat dilakukan dengan 2 hal sebagai berikut, yaitu

- Pencegahan peningkatan panas udara di dalam ruang

- Tersedianya lubang ventilasi untuk mengatasi pergerakan udara di dalam bangunan maupun diluar bangunan.

Penyediaan lubang ventilasi sebagai pergerakan udara tetap di dalam gedung , dimana penyediaan lubang ventilasi tersebut harus memperhatikan hal—hal berikut:

1. Rancangan tapak dan pengaruh iklim mikro, misalnya orientasi lubang ventilasi pada dinding terhadap lintasan matahari dan arah angin
2. Udara segar sebaiknya masuk melewati lubang ventilasi di bagian bawah ruang kemudian keluar melalui lubang ventilasi dibagian atas ruang
3. Lubang ventilasi sebaiknya terlindung dari radiasi matahari maupun tampias air hujan dan diatur besar atau kecil nya lubang ventilasi

### 2.7.5 Penyegaran Udara Secara Aktif

Ventilasi sebagai penyegaran udara secara aktif terbagi menjadi dua kategori yaitu, ventilasi silang dengan arah gerak udara horizontal dan stack effect dengan arah gerak vertikal

#### 1. Ventilasi Silang (gerakan udara horizontal)

Ventilasi silang sebagai pertukaran udara di dalam ruang melalui proses penguapan menurunkan suhu pada kulit manusia sehingga dapat menghasilkan penyegaran udara ventilasi yang baik, yang akan berpengaruh pada kenyamanan dan pengaturan suhu efektif dalam ruangan

Pergerakan udara tersebut diakibatkan oleh angin atau perbedaan suhu antara bagian yang terkena sinar matahari dan bagian yang terlindung. Sehingga diperlukan bukaan pada dinding agar pergerakan udara bekerja dengan baik dengan kecepatan yang tidak terlalu terbatas maupun tidak terlalu keras.

#### 2.7.2 Ventilasi Vertikal (gerakan udara ke atas)

Ventilasi vertical atau yang biasa disebut *stack effect* terjadi akibat perbedaan suhu udara. Udara dengan suhu lebih tinggi mempunyai berat yang lebih ringan sehingga akan bergerak ke atas dan tempat yang di tinggalkan akan ditempati dengan suhu yang lebih rendah, system vertical yang lebih baik memerlukan lubang dibagian atas ruang dan lubang udara masuk dibagian bawah

$$w = k \cdot A \cdot \sqrt{h \cdot (\theta_i - \theta_o)}$$

Di mana :

W : Gerak udara(meterper, detik, m/s)

A : Luas lubang udara masuk dan keluar dianggap sama besar( $m^2$ )

H : Beda tinggi lubang masuk dan keluar (m)

( $\theta_i - \theta_o$ ) : Beda suhu udara di dalam(i) dan di luar (o) ruang (k)

K : Indeks (biasanya diambil angka 1.08868)

udara yang bergerak ke atas akan diperkuat gerakannya dengan adanya cerobong karena makin besar lubang udara dan beda ketinggian antara kedua lubang maka makin besar pula ke atas yang dihasilkan.

## 2.8 Penggunaan Elemen Arsitektural

### 2.8.1 Sun Shading

Elemen arsitektur yang biasa dipakai untuk mengurangi radiasi dari paparan sinar matahari adalah sun shading. Sun shading ini mengurangi sinar matahari yang masuk sesuai dengan tngkatan tertentu sesuai dengan jenis dan fungsi yang diinginkan pada masing-masing ruang.

	3-D View	Section Plan	Ideal orientation	View restriction
Horizontal single blade			South	★★★★
Outrigger system			South	★★★★
Horizontal multiple blades			South	★★★★
Vertical fin			East/West	★★★★
Slanted Vertical fin			East/West	★★★★
Eggerate			East/West	★★★★

Gambar 2.18 Jenis-jenis *Sun Shading*  
Sumber : Wilyanto (2016)

Bangunan GOR memiliki posisi bangunan pada arah utara dan selatan sehingga dapat menghindari bukaan pada sisi timur dan barat. Karena radiasi panas dapat langsung masuk ke dalam bangunan melalui bukaan tersebut, sehingga akan memanaskan ruang dan menaikkan suhu udara dalam ruang. Selain itu juga efek silau akan ditimbulkan dari bukaan yang menghadap timur dan barat sehingga memerlukan penggunaan sun shading sebagai penghalau radiasi sinar matahari.

## 2.8.2 Vegetasi

Vegetasi juga dapat digunakan sebagai pelindung terhadap radiasi matahari. Keberadaan pohon tersebut dapat menurunkan suhu udara disekitarnya. Efek pembayangan oleh vegetasi akan menghalangi pemanasan permukaan bangunan dan tanah dibawahnya

Pohon dan tanaman dapat dimanfaatkan untuk mengatur aliran udara ke dalam bangunan. Penempatan pohon dan tanaman yang kurang tepat dapat menghilangkan udara sejuk yang diinginkan. Menurut White R.F (dalam Concept in Thermal Comfort, Egan, 1975 dalam Wilyanto, 2016) kedekatan pohon terhadap bangunan mempengaruhi ventilasi alami dalam bangunan.



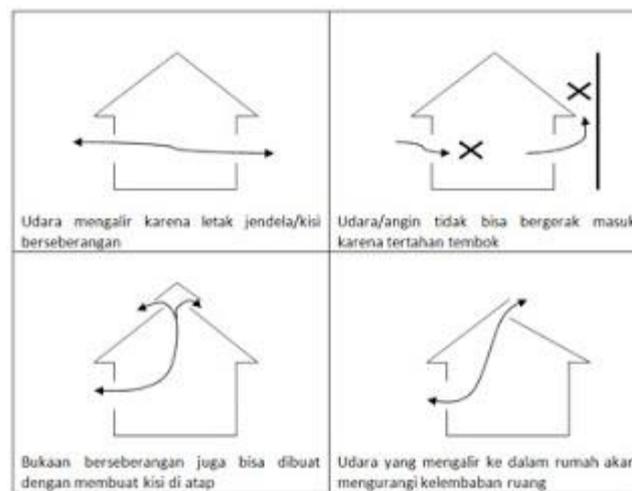
Gambar 2.19 Jarak pohon terhadap bangunan dan pengaruh terhadap ventilasi  
Sumber : Wilyanto (2016)

Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak pohon dari suatu bangunan, maka pergerakan udara di dalam bangunan yang tercipta akan lebih baik. Sekumpulan pohon juga dapat dimanfaatkan sebagai windbreak yang dapat mengurangi kecepatan angin lebih dari 35% jika jaraknya dari bangunan sebesar 5x tinggi pohon.

## 2.9 Sistem Ventilasi Silang

Ventilasi Silang mengalirkan udara dari luar ke dalam dan sebaliknya tanpa harus mengendap terlebih dahulu di dalam ruangan. Udara yang masuk melalui satu bukaan akan langsung dialirkan keluar oleh bukaan yang berada di hadapannya dan berganti dengan udara baru dan begitu seterusnya. Namun perlu memperhatikan ukuran bukaan, dimana ukuran bukaan harus seimbang dengan ukuran ruangan yang akan dialiri udara.

Ventilasi silang dibuat pada 2 sisi yang berbeda, sehingga udara akan saling bertukar baik bergerak horizontal maupun vertikal.



Gambar 2.20 Sistem Ventilasi Silang

Sumber : <https://dokumen.tips/documents/aplikasi-ventilasi-silang-pada-bangunan.html>

## 2.10 Ansys Workbench

Ansys Workbench merupakan suatu perangkat lunak yang dipakai untuk menganalisa masalah rekayasa. Ansys Workbench berisi beberapa fasilitas, antara lain :

- Mechanical, untuk analisa struktur (statik) dan thermal (perpindahan panas)
- Fluid Flow, yang terdiri dari ANSYS CFX dan Fluent, untuk analisa CFD (*Computational Fluid Dynamic*). Fasilitas ini yang akan digunakan untuk mengukur aliran angin pada bangunan GOR Lembu Peteng
- Engineering Data, sebagai database lengkakan dengan propertiesnya
- Design Modeler, digunakan untuk membangun geometri model yang dianalisa
- Meshing Application, untuk meshing pada CFD, dll

## 2.11 *Computational Fluid Dynamics (CFD)*

*Autodesk Simulation CFD* merupakan program simulasi aliran fluida dan termal untuk membantu menganalisa aliran fluida dan pergantian panas di dalam maupun di luar bangunan. Adapun faktor-faktor seperti tampilan estetis, kenyamanan termal, kualitas udara dalam ruang, dan kebutuhan keamanan menjadi pertimbangan. Autodesk Simulation CFD juga menyajikan simulasi yang nyata untuk membantu dalam menciptakan desain yang hemat energi dan berkelanjutan (Autodesk, 2011) dalam Jenny (2014). Metode *Autodesk Simulation CFD* ) terbagi atas 3 tahap utama, antara lain: tahap pra-proses, meliputi pembentukan geometri hingga penetapan kondisi-kondisi geometri; tahap proses simulasi; dan tahap pasca-proses, meliputi visualisasi dan interpretasi hasil simulasi.

*Autodesk Simulation CFD* saat ini banyak digunakan sebagai salah satu metode penelitian dalam pengembangan alternatif rancangan penghawaan alami. Hal ini karena simulasi CFD relatif lebih murah dan kondisi batasan obyek penelitian yang mudah dikontrol (Santamouris dan Allard, 1998) dalam Maulana (2016).

*Autodesk Simulation CFD* ini telah digunakan dalam beberapa penelitian-penelitian sebelumnya, Jenny (2014) menggunakan program *Autodesk Simulation CFD* untuk memprediksi aliran udara pada penelitian yang berjudul “Pengaruh orientasi bangunan terhadap kecepatan angin pada massa bangunan dengan layout berbentuk U”, didapat bahwa data kecepatan angin menggunakan perhitungan dari data cuaca dengan rumus tertentu. Selain itu, penelitian-penelitian dengan simulasi ini juga menggunakan variasi arah angin dan/atau kecepatan angin.

## 2.12 Studi Banding

### DBL Arena, Surabaya

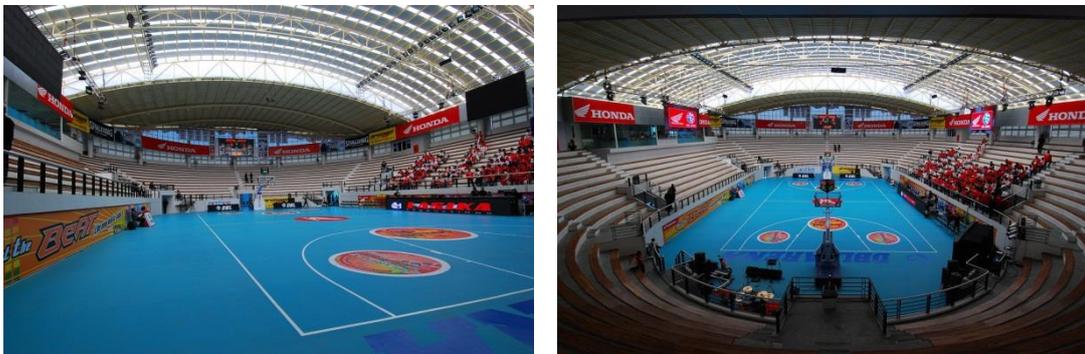


Gambar 2.21 DBL Arena Surabaya  
Sumber : [id.wikipedia.org/wiki/DBL\\_Arena](http://id.wikipedia.org/wiki/DBL_Arena)

- Luas bangunan adalah 3655 m<sup>2</sup>
- Tinggi bangunan 25,4 m
- Pengerjaan mulai 17 Desember 2007 hingga dibuka pada 25 Juli 2008
- Kapasitas 4000 penonton
- Lokasi di Jalan Ahmad Yani 88 Surabaya, Jawa Timur, Indonesia
- Pemilik Jawa Pos Group
- Dioperasikan Oleh PT DBL Indonesia

Bangunan DBL Arena Surabaya ini terdiri dari beberapa elevasi lantai, yaitu

- Lantai dasar digunakan sebagai tempat parkir
- Lantai 1 sebagai fasilitas sarana dan prasarana penonton
- Lantai 2 sebagai lapangan pertandingan
- Lantai 3 sebagai tribun
- Fasilitas : 2 ruang VVIP, 1 ruang kamera, 4 ruang ganti pemain, 2 ruang ganti tim yel-yel, 1 ruang wasit, 1 ruang panitia, 1 ruang loket, 1 ruang museum DBL



Gambar 2.22 Fasilitas Lapangan dan Tribun DBL Arena Surabaya  
Sumber : [www.skyscrapercity.com](http://www.skyscrapercity.com)

Bangunan DBL Surabaya masih sama dengan bangunan gedung olahraga lainnya yang terdiri atas sisi-sisi bangunan tertutup dan berkesan massive. Pada selubung bangunan dan lansekap merespon pergerakan penghawaan alami.

### 2.13 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan penelitian. Berberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan judul penelitian “Penghawaan alami melalui sistem stack effect pada GOR Lembu Peteng di Tulungagung”, antara lain

Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Metode	Masukkan untuk penelitian ini
1	Gedung Pertemuan di Kabupaten Nganjuk (Studi Pendekatan Sistem Penghawaan Alami) (Pertiwi, 2015)	Metode simulasi <i>Computational Fluid Dynamic</i> software <i>Ansys Workbench</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bangunan yang diteliti merupakan bangunan publik</li> <li>• Strategi dalam menganalisa tentang stack effect</li> <li>• Faktor-faktor yang mempengaruhi penghawaan alami</li> <li>• Jenis-jenis bukaan jendela yang dijelaskan setiap rincinya</li> <li>• Mengacu pada standart luas jendela &gt; 10% dari luas lantai</li> <li>• Menggunakan simulasi software <i>Ansys Workbench</i></li> <li>• Hasil menyesuaikan dengan standart minimal 0,1 m/s, maksimal 1,5 m/s</li> </ul>
2	Sistem Ventilasi Alami sebagai Dasar Perancangan JFC Center di Kabupaten Jember (Kusumawardani, 2014)	Software ANSYS Lisensi Laboratorium Studio Perancangan dan Rekayasa Sistem, Teknik Mesin, Universitas Brawijaya.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bangunan yang diteliti merupakan bangunan publik</li> <li>• Penulis menggunakan standart SNI- 03-6572-2001 sebagai acuan dalam menentukan luas inlet</li> <li>• Jenis-jenis bukaan dijelaskan secara terperinci</li> <li>• Perlunya penambahan elemen vegetasi untuk</li> </ul>

			<p>mereduksi panas yang dibawa oleh angin ketika memasuki ruangan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan simulasi Ansys untuk mengetahui aliran udara pada bangunan</li> </ul>
3	<p>Analisis Desain Ventilasi Alami dengan Metode <i>Computational Fluid Dynamic</i> Software <i>Ansys Workbench</i> pada Gedung Olahraga (Rakhmawati, 2015)</p>	<p>Simulasi <i>Computational Fluid Dynamic</i> software <i>Ansys Workbench</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bangunan yang diteliti merupakan gedung olahraga</li> <li>• Menggunakan acuan standart SNI 03-6572-2001 tentang tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara dalam gedung.</li> <li>• Simulasi terhadap penataan <i>stack effect</i></li> <li>• Simulasi menggunakan <i>Computational Fluid Dynamic</i> software <i>Ansys Workbench</i>.</li> <li>• Mempertibangkan rasio bukaan inlet dan outlet</li> <li>• Mensimulasikan jenis-jenis bukaan dan membandingkannya</li> </ul>
4	<p>Pengaruh orientasi bangunan terhadap kecepatan angin pada massa bangunan dengan layout berbentuk U. Jenny (2014)</p>	<p>program <i>Autodesk Simulation CFD</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan input kecepatan yang berbeda-beda tergantung dengan kecepatan angin di lingkungan sekitar</li> <li>• Simulasi dijelaskan dengan detail</li> <li>• Membandingkan antara hasil-hasil yang disimulasikan</li> </ul>
5	<p>Kenyamanan Termis Gedung Olahraga Ditinjau Dari Aliran Udara. Laksitoadi</p>	<p>COMSOL 3.2</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studi kasus merupakan bangunan GOR</li> <li>• Mnganalisa tentang kecepatan angin</li> </ul>

	(2008)		<ul style="list-style-type: none"><li>• Melakukan observasi lapangan tentang suhu dan kelembaban</li><li>• Letak bukaan harus bebas penghalang terhadap lingkungan sekitar</li><li>• Perbandingan luas bukaan dengan luas lantai ruangan yang proporsional (<math>1/3 - 2/3</math> bagian)</li><li>• Membahas tentang elemen-elemen bangunan bisa mengarahkan aliran udara menuju pengguna bangunan</li><li>• Fasad bangunan harus mengarahkan angin memasuki bukaan</li><li>• Lingkungan sekitar bangunan mendukung kualitas udara yang memasuki bangunan</li></ul>
--	--------	--	--

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dan kuantitatif (*mixed method*). Penelitian kuantitatif lebih menekankan pada aspek pengukuran secara obyektif terhadap objek yang diteliti. Sehingga dengan menggunakan pendekatan kuantitatif ini dapat memberikan hasil yang dapat diukur secara sistematis dan data yang dihasilkan nantinya dapat menjadi nilai input untuk pembuatan bentuk parametric dari desain yang akan dibuat. Deskriptif kualitatif dilakukan setelah data terkumpul dan kemudian mendeskripsikan dengan kalimat-kalimat yang lebih rinci dan mendalam.

Metode pengembangan dari penelitian ini adalah *Experimental Research* dengan simulasi. Menurut (Sugiyono, 2008:72), penelitian ekperimental dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan.

Dalam penelitian ini, penulis mencoba untuk melakukan eksperimen terhadap penghawaan alami pada bangunan GOR guna memasukkan aliran udara yang dapat memenuhi kebutuhan kenyamanan termal. Eksperimen dilakukan dengan percobaan simulasi terhadap penambahan bukaan pada bangunan GOR hingga mendapatkan kenyamanan aliran udara yang baik bagi pengguna ruang.

#### **3.2 Lokasi Objek dan Waktu Penelitian**

Objek yang diteliti adalah Gelanggang Olahraga (GOR) Lembu Peteng yang terletak di Jl. Soekarno – Hatta Tulungagung, Jawa Timur, Indonesia. Pengambilan data dilakukan pada area arena pemain dan tribun penonton. Pemilihan objek dikarenakan GOR Lembu Peteng merupakan GOR yang sering digunakan di Tulungagung, namun belum memaksimalkan bukaan yang dapat mengalirkan angin ke dalam bangunan. Sehingga di dalam bangunan masih terasa pengap.

Waktu Penelitian dilakukan dengan pengamatan pada objek secara langsung dan pengamatan tersebut berlangsung selama satu bulan, serta melakukan wawancara terhadap pengelola GOR.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Tahap-tahap penelitian yang dilakukan

1. Dimulai dengan menentukan isu dan permasalahan yang ada pada tapak dan bangunan GOR
2. Melakukan observasi dan pengukuran kecepatan angin, suhu dan kelembaban pada GOR Lembu Peteng
3. Mengumpulkan literatur dan pustaka tentang bangunan GOR dan penghawaan alami selalui sistem ventilasi silang
4. Menganalisis kondisi tapak dan mengamati arah dan kecepatan angin.untuk menyusun strategi untuk mengalirkan angin ke dalam bangunan, menganalisis kondisi eksisting bangunan GOR Lembu Peteng dan kebutuhan penghawaan alami di dalam bangunan,
5. Menganalisis bukaan bangunan terhadap arah dan kecepatan angin dan menggunakan strategi sistem ventilasi silang sebagai sistem penghawaan alami yang akan diterapkan pada bangunan GOR
6. Mengevaluasi rekomendasi desain dengan mensimulasikan aliran udara yang terjadi dengan menggunakan Simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) pada software Ansys Workbench.

### 3.4 Variabel penelitian

Variabel bebas dari penelitian ini adalah sistem ventilasi silang dengan mengamati beberapa yang akan diamati adalah sebagai berikut :

1. Arah dan kecepatan aliran udara
2. Suhu ruangan, suhu ini berpengaruh terhadap metabolisme tubuh. Semakin rendah tinggi suhu semakin tinggi tubuh akan merasakan panas dan berkeringat.
3. Kelembaban ruangan, kelembaban ruangan berpengaruh terhadap kulit. Semakin tinggi kelembaban relatif (RH) maka kulit akan terasa sangat lengket dan udara pengap

Ventilasi Alami, ventilasi pada bangunan yang dapat dimanfaatkan untuk mengalirkan udara alami untuk memenuhi kebutuhan penghawaan di dalam bangunan

### 3.5 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. Alat tulis, untuk mencatat hasil observasi lapangan
2. Kamera digunakan untuk mengambil gambar sebagai dokumentasi
3. Thermo Hygrometer (alat pengukur suhu dan kelembaban ruangan). Pengukuran dilakukan di dalam bangunan GOR dan tepatnya berada di tengah-tengah area lapangan.



Gambar 3.1 Thermo Hygrometer  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

4. Anemometer (alat pengukur kecepatan angin). Pengukuran dilakukan di luar ruangan dengan jarak 3 meter dari bangunan GOR.



Gambar 3.2 Anemometer  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

5. Software Ansys Workbench jenis program CFD pada Fluent. Program CFD pada Fluent digunakan untuk pembuatan simulasi aliran udara pada GOR Lebu Peteng yang diteliti.

### **3.6 Metode Pengumpulan Data**

Penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Beberapa teknik pengumpulan data, yaitu :

1. Observasi / pengamatan langsung

Pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap gejala yang tampak pada objek penelitian yaitu GOR Lembu Peteng, dimana peneliti melakukan pengamatan secara langsung ke objek penelitian untuk melihat dari dekat objek bangunan dan aktivitas didalamnya. Melakukan pengamatan secara langsung pada elemen penghawaan alami pada bangunan GOR Lembu Peteng yaitu dengan melakukan pendataan dan pengukuran kecepatan angin, suhu dan kelembaban udara. Pengamatan dilakukan pada tanggal 29 Maret 2016 mulai dari pukul 9 pagi hingga pukul 5 sore di dalam bangunan maupun diluar bangunan GOR Lembu Peteng.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan untuk mendapatkan informasi dengan cara bertanya langsung kepada responden, dengan proses percakapan yang berbentuk tanya jawab dengan tatap muka. Wawancara dapat dilakukan dengan mewawancarai pengelola GOR Lembu Peteng untuk mendapatkan informasi mengenai aktivitas yang dilakukan pada bangunan GOR tersebut.

3. Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mendapatkan informasi tentang teori dan konsep yang berhubungan erat dengan permasalahan yang diteliti. Teori dan konsep dalam penelitian ini terkait mengenai pengertian penghawaan alami, standart kebutuhan penghawaan pada GOR, sistem ventilasi silang, dan faktor-faktor yang mempengaruhi penghawaan alami.

4. Dokumentasi

Dokumentasi digunakan untuk mendapatkan informasi atau data yang berkaitan dengan penelitian. Dokumentasi tersebut dapat berupa pengumpulan data-data dokumen, foto, video yang diperlukan.

### **3.7 Data Penelitian**

Data-data penelitian meliputi

1. Data Primer

Data yang dihasilkan dari observasi / pengamatan langsung pada objek yang dilakukan di GOR Lembu Peteng. Data-data yang dihasilkan yaitu

- a. Kondisi eksisting GOR Lembu Peteng, berupa catatan dan dokumentasi
- b. Peletakan pohon di sekitar GOR Lembu Peteng sebagai penangkap dan pengarah angin
- c. Kecepatan angin, suhu dan kelembaban eksisting GOR Lembu Peteng

## 2. Data Sekunder

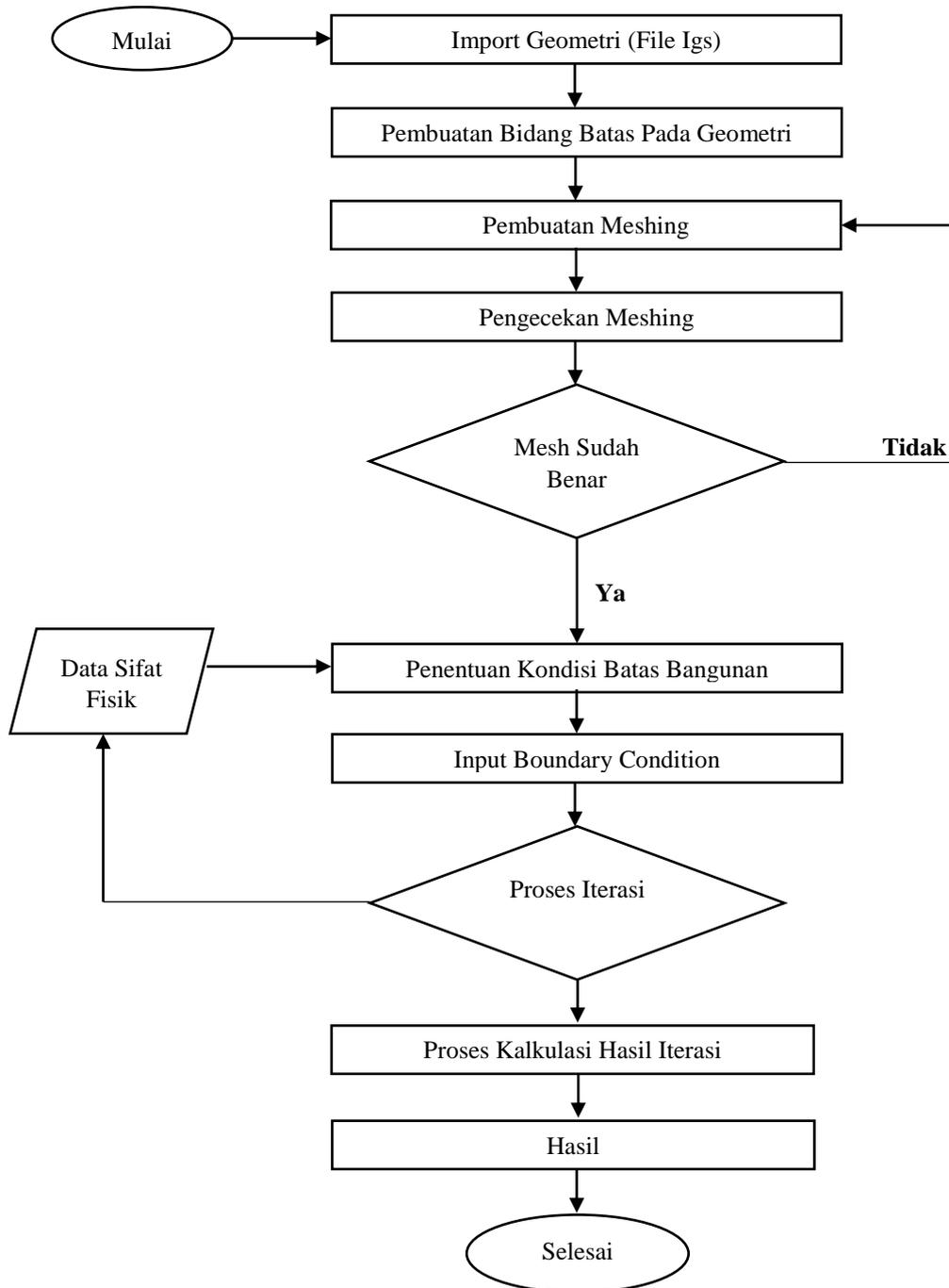
Data sekunder dapat berupa dokumen-dokumen penting serta laporan dan dokumentasi. Data yang akan menunjang data yang sudah ada, yang berasal dari beberapa literatur yaitu kriteria kenyamanan menurut standart SNI 03-6572-2001 dan menurut standart SNI 03-3647-1994 tentang tata udara.

### 3.8 Analisa Data

Penelitian ini mengkaji tentang penghawaan alami yang terjadi pada GOR yang sebelumnya hanya memiliki sedikit bukaan untuk mengalirkan udara di dalam bangunan. Data dan informasi yang diperoleh kemudian disimpulkan dan dianalisa dengan simulasi program CFD pada *Fluent Software Ansys Workbench* 14.5. Adapun prosedur penggunaan *Software Ansys Workbench* pada *Fluent* adalah sebagai berikut:

1. Membuat model geometri dan *mesh* bangunan GOR dengan hasil geometri berupa file igs.
2. Membuka *software ansys workbench* dan kemudian pilih *Fluent*
3. Membuka Geometri dan mengimpor model *mesh*
4. Melakukan pemeriksaan pada model *mesh*
5. Menentukan kondisi batas
6. Melakukan perhitungan iterasi
7. Memeriksa hasil iterasi
8. Menyimpan hasil iterasi

### 3.8.1 Diagram Alir Simulasi



Gambar 3.3 Diagram Alir Simulasi CFD

### 3.9 Proses Simulasi CFD

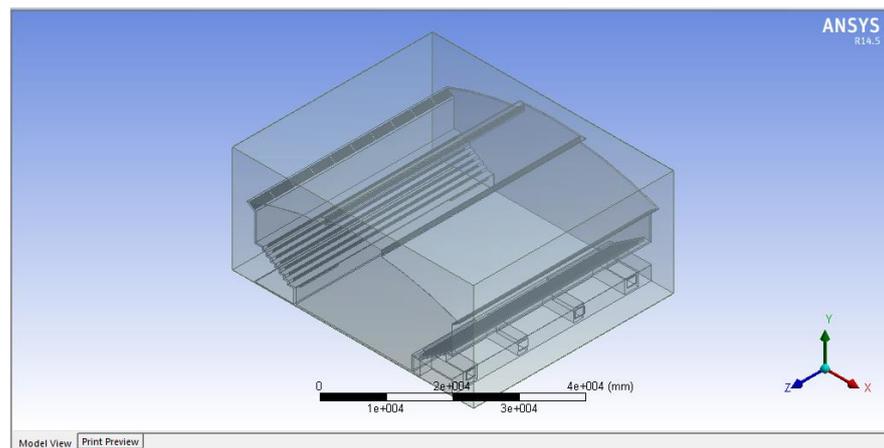
Terdapat 3 proses simulasi CFD yaitu pre-processing, processing, dan post-processing

#### 3.9.1 Pre-processing

*Pre-processing* merupakan tahap awal dalam proses simulasi CFD dengan membuat geometri dan pengecekan mesh.

##### a. Membuat Geometri

Dalam proses pembuatan geometri pada simulasi Ansys Workbench 14.5 selain menggunakan aplikasi tersebut juga dapat menggunakan software Autodesk Inventor dengan hasil file berupa igs, dan kemudian di import ke aplikasi Ansys Workbench. Geometri pada penelitian ini menggunakan bangunan GOR Lembu Peteng yang memiliki luas sebesar 42 m x 42,5 m. Berikut gambar geometri bangunan GOR

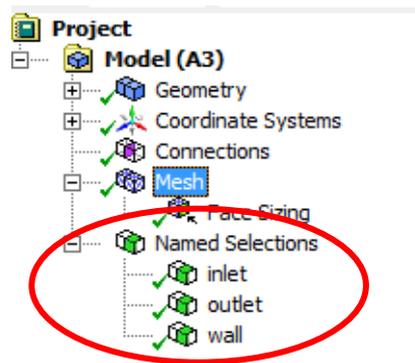


Gambar 3.4 Geometri Bangunan GOR

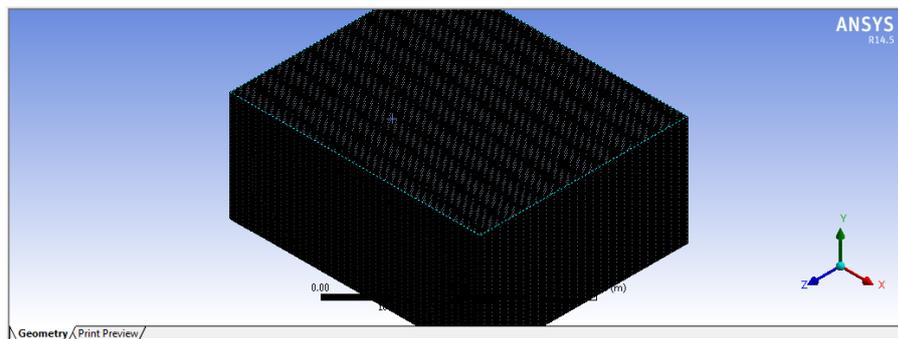
##### b. Pembuatan Mesh

Selanjutnya adalah melakukan *meshing*, dimana ukuran meshing mempengaruhi ketelitian terhadap data analisis CFD. Semakin kecil ukuran *mesh* yang dibuat maka hasil yang diperoleh akan semakin teliti, namun dibutuhkan daya komputasi yang semakin besar juga.

Proses *meshing* dilakukan dengan memilih perintah MESH, selanjutnya menambahkan penamaan pada sisi-sisi permukaan bangunan sesuai dengan fungsi yang diinginkan, kemudian menentukan ukuran dari *mesh* yang diinginkan.



Gambar 3.5 Penamaan Permukaan Bangunan GOR



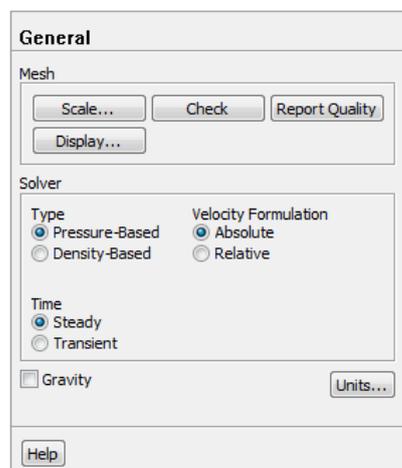
Gambar 3.6 Hasil *Meshing* Bangunan GOR

### 3.9.2 *Processing*

Pada tahap ini dilakukan pada pilihan SETUP, dimana yang harus diatur dalam tahap ini antara lain *general*, *models*, *boundary conditions*, *solution initialization*, *run calculation*, dan terakhir *graphics and animations*.

#### a. *General*

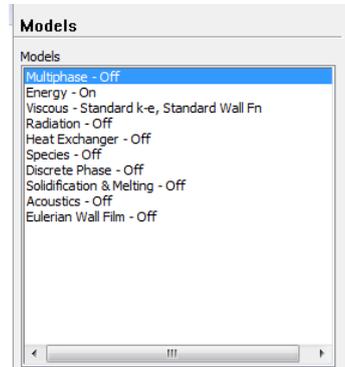
Pada tahap ini menggunakan metode solusi berdasarkan tekanan. Kemudian *velocity formulation* menggunakan *absolute*.



Gambar 3.7 *User Interface General Menu*

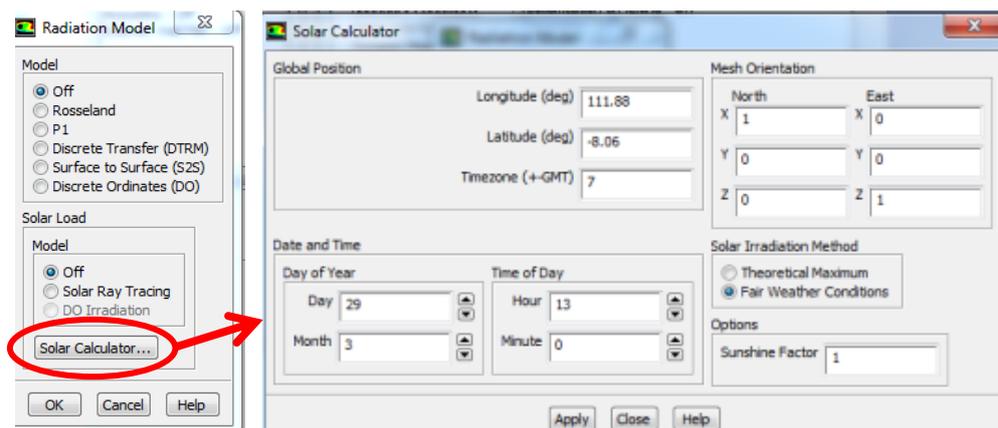
b. *Models*

Pada tahap ini energy diatur on karena simulasi tersebut memerlukan *energy*. Selanjutnya *viscous* diubah menjadi k-epsilon.



Gambar 3.8 User Interface Models Menu

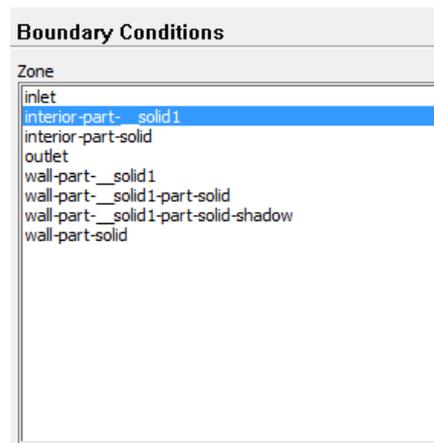
Selanjutnya pilih *radiation* kemudian atur setting pada *solar calculator*.



Gambar 3.9 User Interface Solar Calculator Menu

c. *Boundary Conditions*

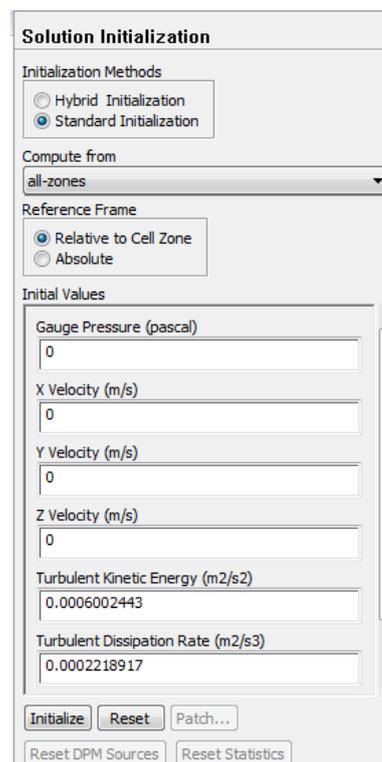
Pada tahap ini meruakan proses untuk memberikan kondisi batas-batas berupa data kecepatan aliran udara, temperatur inlet dan outlet.



Gambar 3.10 *User Interface Boundary Condition*

d. *Solution Initialization*

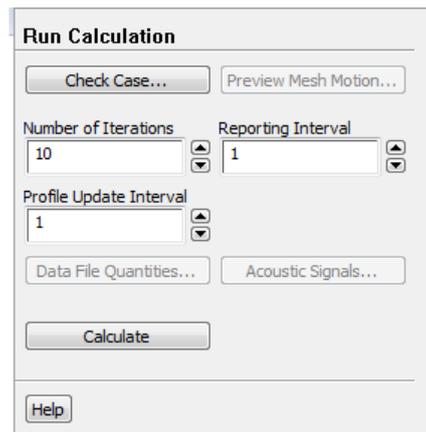
Pada *Solution Initialization* yang digunakan adalah Standard Initialization, kemudian *compute from all zones*. Selanjutnya pilih tombol *Initialize*.



Gambar 3.11 *User Interface Solutin Initialization*

e. *Run Calculation*

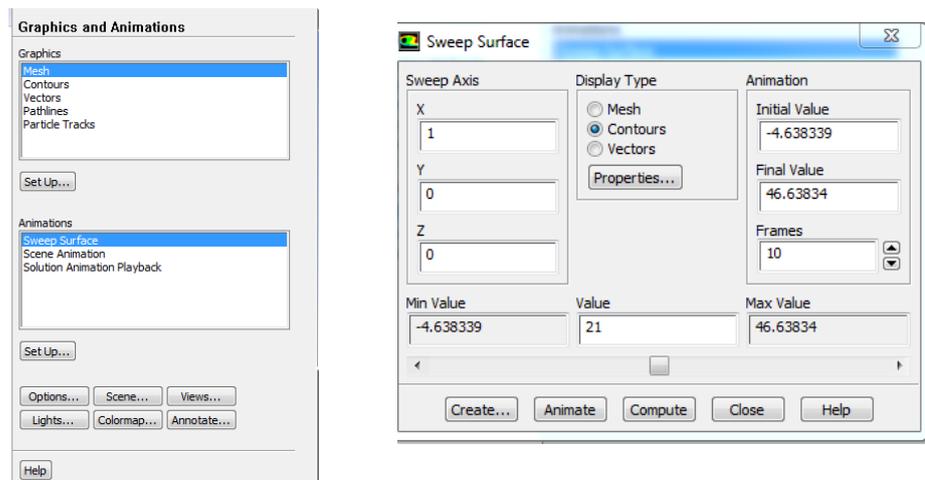
Pada proses ini dilakukan iterasi. *Number of iteration* merupakan batasan iterasi yang dapat dimasukkan sesuai yang kita tentukan.



Gambar 3.12 *User Interface Run Calculation*

f. *Graphics and Animation*

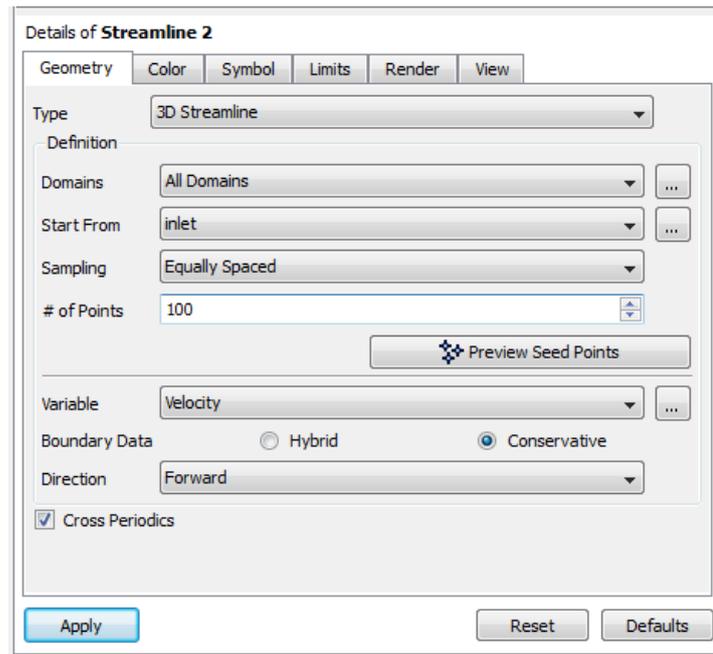
Tahap ini merupakan tahap pengecekan hasil dari iterasi yang sudah selesai sehingga dapat dilihat pola aliran udara yang terjadi pada bangunan GOR dengan melakukan *set up* dan memilih *sweep surface* dan mengatur pada *contours*.



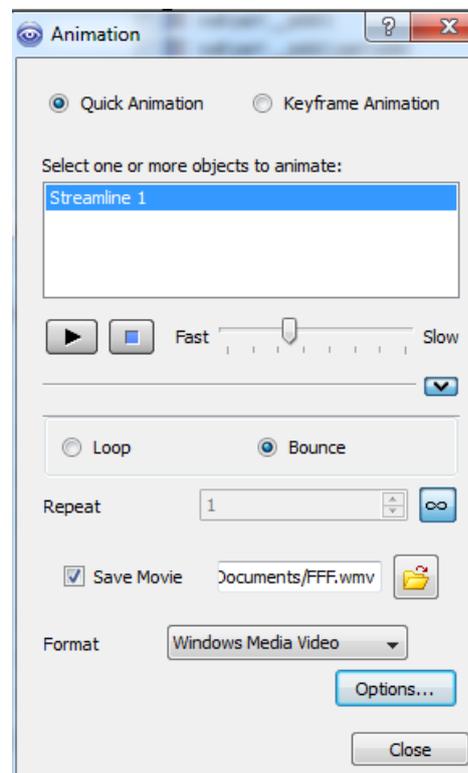
Gambar 3.13 *User Interface Graphics and Animations*

### 3.9.3 *Post-processing*

Proses terakhir setelah melakukan kalkulasi adalah melihat hasil dari kalkulasi. Pada penelitian ini yang dibutuhkan adalah hasil pergerakan aliran udara yang terjadi di dalam bangunan GOR sehingga dapat mengetahui penerapan sistem penghawaan alami pada bangunan tersebut. Buka result kemudian pilih *icon streamline* kemudian akan muncul tampilan seperti gambar berikut

Gambar 3.14 Tampilan *Streamline*

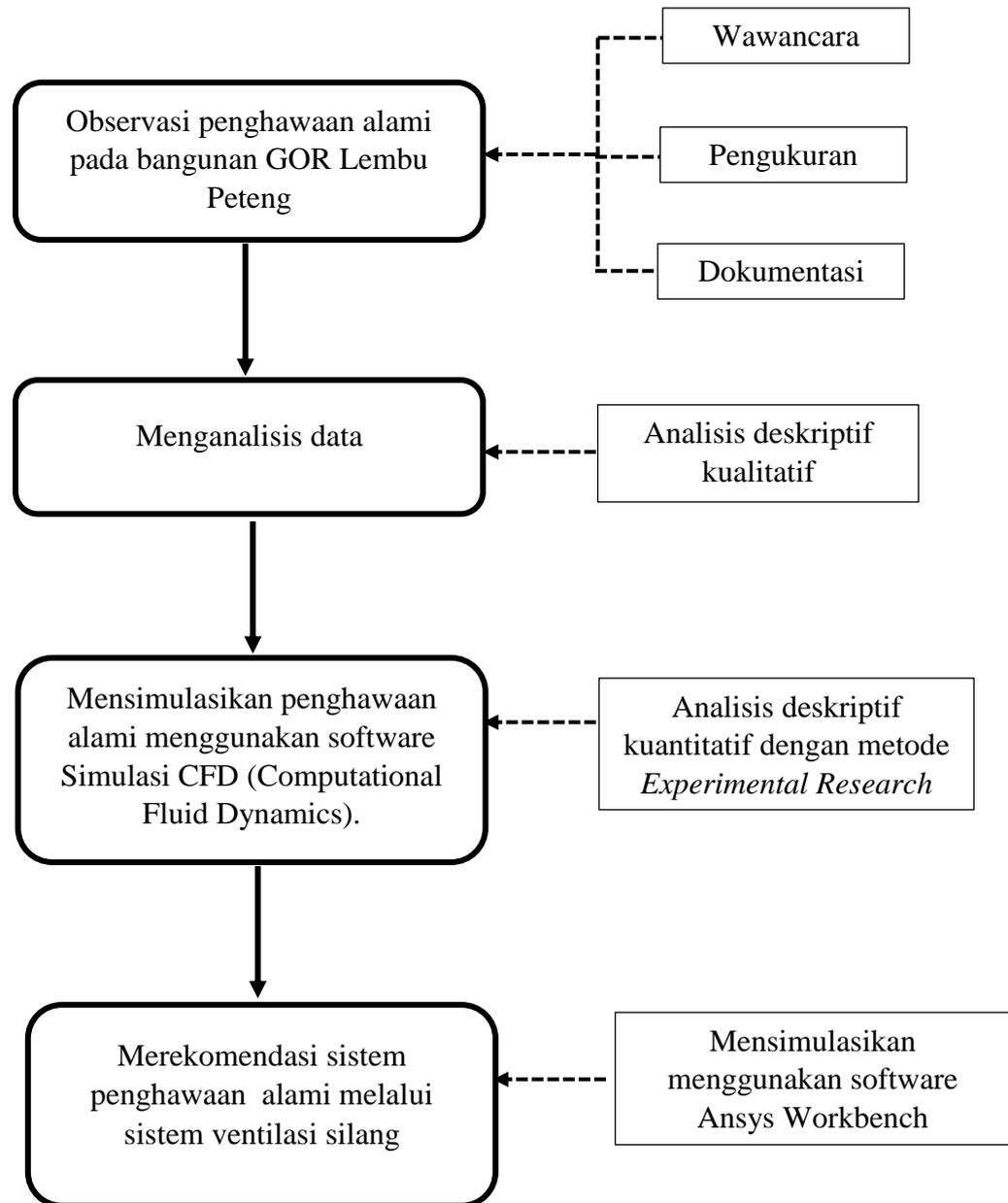
Selanjutnya apabila ingin membuat video pergerakan aliran fluida dan menyimpannya dapat memilih *icon animation* dan akan muncul tampilan sebagai berikut

Gambar 3.15 Tampilan *Animation*

### 3.10 Rekomendasi Desain

Memberikan rekomendasi desain GOR Lembu Peteng khususnya untuk bukaan terhadap penghawaan alami melalui sistem ventilasi silang. Sehingga dapat memaksimalkan penghawaan alami dengan mengatur aliran udara di dalamnya.

### 3.11 Kerangka Metode



Gambar 3.16 Kerangka Metode

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada GOR Lembu Peteng yang merupakan bangunan yang difungsikan sebagai gedung olahraga. Aktivitas olahraga yang dapat dilakukan pada gedung tersebut antara lain basket dan voli. GOR Lembu Peteng berlokasi di Jl. Soekarno – Hatta Kelurahan Kutoanyar, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur, Indonesia.



Gambar 4.1 Peta Mikro Jawa Timur  
Sumber : google maps



Gambar 4.2 Lokasi GOR Lembu Peteng  
Sumber : google maps

GOR Lembu Peteng tergolong bangunan baru yang diresmikan pada tahun 2013 dan merupakan salah satu GOR yang termasuk dalam Gelanggang Olahraga Tipe C dengan jumlah penonton maksimal 1000 penonton, sehingga termasuk GOR yang besar di Tulungagung. Selain itu GOR tersebut juga sering digunakan baik untuk acara indoor di dalam GOR maupun acara outdoor di area sekitar GOR. Namun, yang paling sering diselenggarakan adalah pertandingan basket dan voli yang diselenggarakan di dalam GOR.

Kabupaten Tulungagung memiliki iklim tropis dengan suhu rata-rata hingga 27 °C , dilihat dari suhu terendah 24 °C dan suhu tertinggi 30 °C. Kelembaban udara antara 74 – 77 %. Keadaan suhu dan kelembaban tersebut dapat mempengaruhi penghawaan alami yang dapat dialirkan ke dalam bangunan GOR. Tulungagung berada dekat dengan Kabupaten Malang. Berikut adalah tabel iklim mulai dari bulan Oktober 2016 hingga bulan September 2017:

Tabel 4.1 Iklim Kabupaten Malang

No.	Bulan	Suhu Rata-rata (°C)	Kelembaban (%)	Kecepatan angin (m/s)	Arah angin
1	Desember	26.2	84	2.5	Barat
2	Januari	26.6	86	2,6	Barat
3	Februari	26.8	85.1	2.5	Utara
4	Maret	<b>26.9</b>	<b>84.4</b>	<b>2.4</b>	Utara
5	April	26.3	83.5	2.3	Utara
6	Mei	25.9	80.9	2.3	Selatan
7	Juni	25.5	78.9	2.2	Tenggara
8	Juli	<b>23.7</b>	82.1	<b>3.0</b>	Tenggara
9	Agustus	24.4	71,9	2.7	Tenggara
10	September	27.3	77.8	2.7	Selatan
11	Oktober	24.7	81.1	2,7	Timur
12	November	25,9	80.9	2.4	Utara

Sumber : Pusat Database - BMKG (STASIUN GEOFISIKA KARANG KATES)

Data iklim Kabupaten Malang dapat digunakan sebagai acuan data iklim untuk Kabupaten Tulungagung karena masih berada di daerah yang dekat dengan Tulungagung. Jarak Kabupaten Malang dan Tulungagung adalah 90 km, dimana

Kabupaten Malang juga memiliki iklim yang sama dengan Kabupaten Tulungagung.

## **4.2 Analisa Tapak**

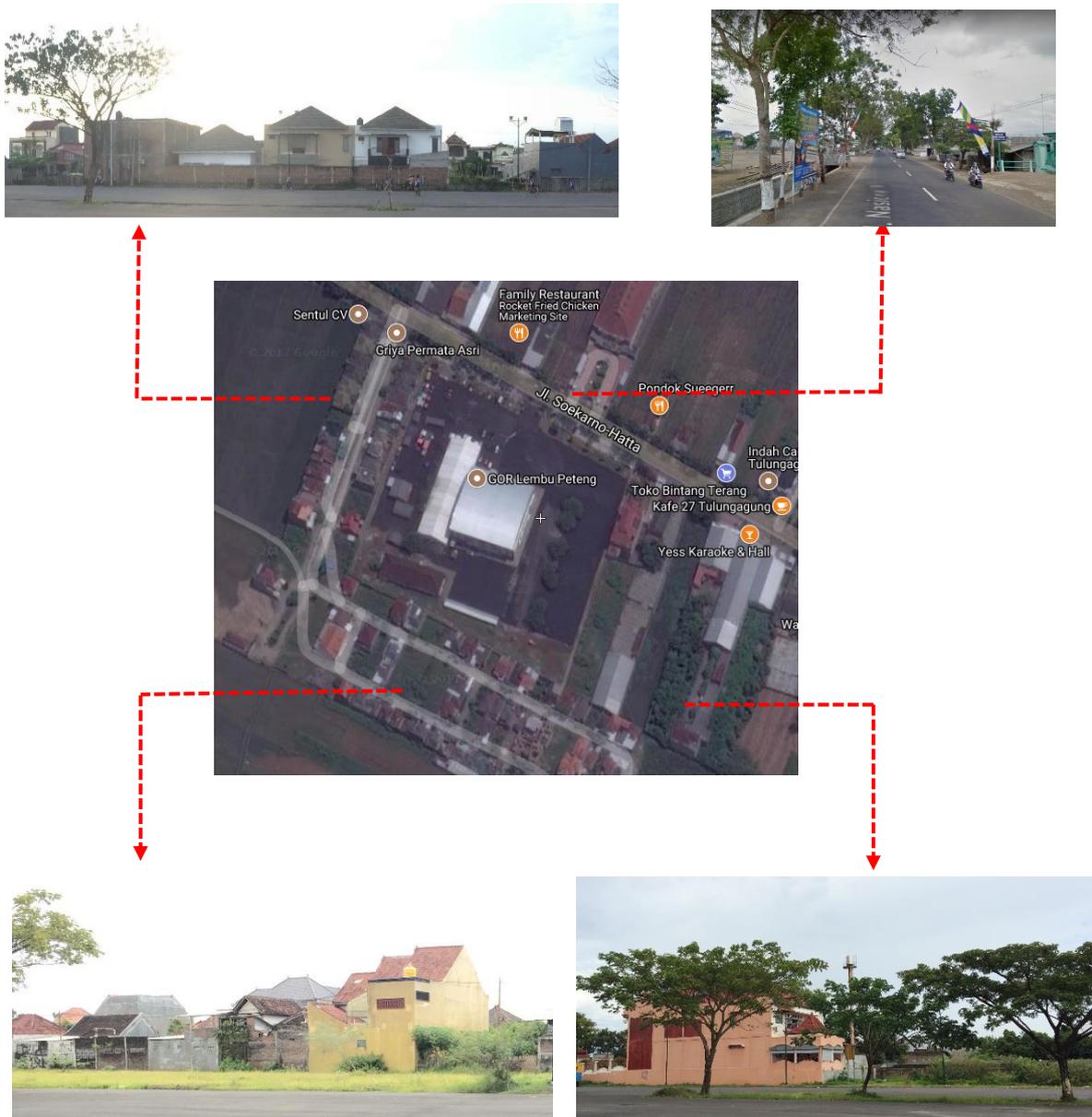
Analisa tapak dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi tapak baik faktor dari dalam tapak sendiri maupun dari lingkungan sekitar tapak. Kemudian mengevaluasi dampak positif dan negatif dari faktor-faktor tersebut, sehingga dapat mendukung tercapainya penghawaan alami untuk bangunan GOR Lembu peteng tersebut.

### **4.2.1 Bentuk dan Kondisi Eksisting Tapak**

Tapak GOR memiliki luas 25.000 meter persegi dengan bentuk tapak segi empat namun cenderung jajar genjang. Bentuk tapak tersebut dapat dengan baik menerima pergerakan angin sehingga angin dapat dengan mudah memasuki tapak. Lokasi GOR tersebut berada di area yang didominasi oleh persawahan. Berikut adalah batas-batas tapak GOR

Timur : berbatasan dengan rumah 2 lantai dan area persawahan  
Selatan : berbatasan dengan Perumahan Griya Permata Asri  
Barat : berbatasan dengan Perumahan Griya Permata Asri  
Utara : berbatasan dengan Jl. Soekarno-Hatta

Berdasarkan batas-batas tersebut bangunan yang mengelilingi tapak hanya memiliki ketinggian sekitar 1 hingga 2 lantai saja sehingga tidak ada bangunan tinggi yang menghalangi pergerakan angin untuk memasuki tapak. Kemudian angin yang masuk ke dalam tapak dapat diarahkan ke dalam bangunan melalui penataan vegetasi, sehingga perlu penataan vegetasi sebagai pengarah angin di dalam tapak.



Gambar 4.3 Batas-Batas Tapak GOR Lembu Peteng  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### 4.2.2 Kondisi Lingkungan Sekitar Tapak

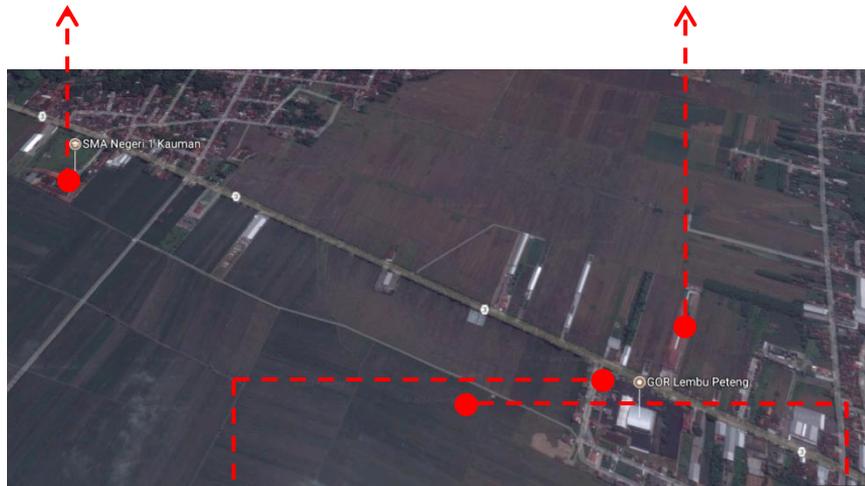
Lokasi GOR merupakan arahan rencana pengembangan zona perdagangan dan jasa, sehingga di sepanjang Jl. Soekarno-Hatta didominasi dengan kegiatan perdagangan dan jasa baik dalam skala kota maupun skala kabupaten. Selain itu juga terdapat beberapa fasilitas pendidikan di sekitarnya yang belum memiliki gedung olahraga indoor. Sehingga dapat mendukung lokasi GOR tersebut.



SMA Negeri 1 Kauman, dimana hanya memiliki lapangan olahraga outdoor



Rumah Sakit Prima Medika



Perumahan Griya Permata Asri



Area Persawahan, mendukung untuk penghawaan di dalam bangunan GOR

Gambar 4.4 Lingkungan Sekitar Tapak  
Sumber : Analisis Pribadi

### 4.2.3 Peletakkan Vegetasi

Vegetasi di sekitar bangunan GOR terdiri atas beberapa jenis dengan peletakkan yang berbeda-beda, antara lain

#### A. Pohon Trembesi

Pohon trembesi dimanfaatkan sebagai peneduh yang dapat menurunkan suhu udara sekitar, karena dapat menyerap karbondioksida dengan baik.. Pohon trembesi berada di area sisi kanan dan kiri bangunan GOR dengan jarak 20 meter dari sisi bangunan GOR tersebut, sedangkan jarak antar pohon trembesi tersebut masing-masing 12 meter. Pada sisi kiri bangunan terdapat 3 pohon trembesi yang mati sehingga di area barat perlu di tambahkan vegetasi trembesi untuk menggantikan pohon yang sudah mati. Sedangkan di sisi timur keadaan vegetasi masih baik sehingga dapat menjadi pengarah angin.



Gambar 4.5 Pohon Trembesi  
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.6 Pohon Trembesi Di Sisi Barat Yang Sudah Kering  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### B. Pohon Tanjung

Pohon tanjung berada di sepanjang tepi Jl. Soekarno-Hatta, dimana pohon tersebut dimanfaatkan sebagai peneduh jalan. Jarak antar pohon rata-rata 3

meter. Keberadaan pohon tersebut dapat menyaring angin yang masuk ke dalam tapak .



Gambar 4.7 Pohon Tanjung di Sepanjang Jl. Soekarno-Hatta  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### C. Pohon Asam Jawa

Terdapat 4 pohon asam jawa yang terletak di tepi Jl. Soekarno-Hatta. Pohon ini dimanfaatkan sebagai peneduh jalan dan menahan angin, karena selain rindang, pohon asam jawa ini memiliki akar yang kuat.



Gambar 4.8 Pohon Asam Jawa  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### D. Pohon Kapuk Randu

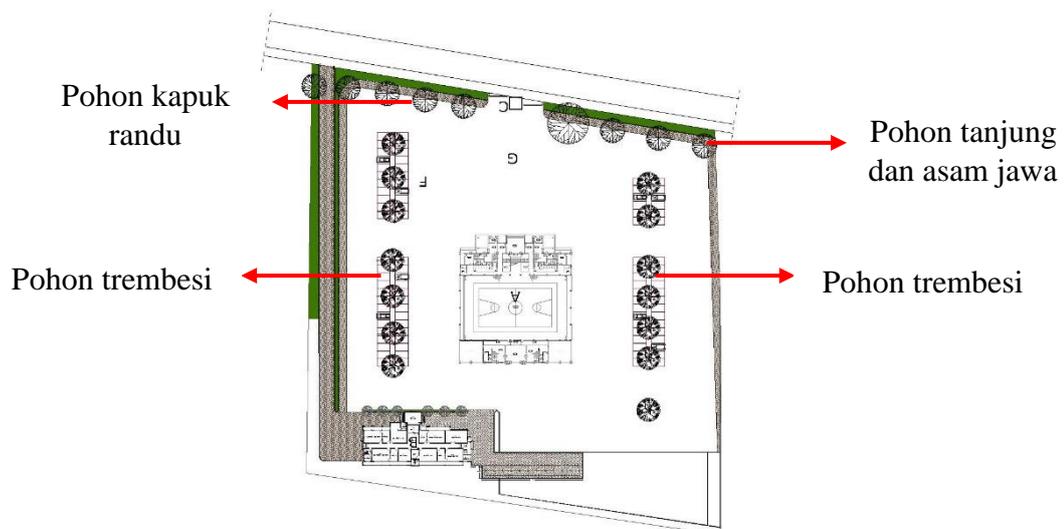
Pohon kapuk randu berada di sisi utara tapak yang dimanfaatkan sebagai peneduh dan penghijauan di area tapak. Peletakkan pohon masih berdekatan dengan Jl. Soekarno-Hatta agar dapat menyaring polusi udara dari jalan raya dan juga sebagai penyaring angin agar angin tidak secara langsung masuk ke dalam tapak.



Gambar 4.9 Pohon Kapuk Randu  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan jenis-jenis dan peletakkan vegetasi eksisting yang sudah ada, keberadaan pohon tersebut berperan dalam penghawaan alami untuk bangunan GOR beberapa vegetasi pohon trembesi yang berada di sisi timur dan barat dapat dimanfaatkan menurunkan suhu udara agar angin berhembus melewati bangunan memiliki kualitas udara yang baik. Vegetasi di sepanjang tepi Jl. Soekarno-Hatta dengan jarak antar pohon yang dekat sehingga vegetasi terlihat rapat dapat menyaring angin yang masuk ke dalam tapak. Sedangkan di sisi selatan bangunan belum ada vegetasi yang menyaring udara, sehingga memerlukan penambahan beberapa vegetasi berupa pohon trembesi karena dapat menurunkan suhu udara sekitar.

Adapun peletakkan vegetasi pada eksisting tapak adalah sebagai berikut, yaitu



Gambar 4.10 Peletakkan Vegetasi Pada Tapak  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Tabel 4.2 Penambahan Vegetasi Pada Tapak

No	Jenis vegetasi	Fungsi	Penerapan pada tapak
1	Pohon trembesi 	Trembesi dapat tumbuh hingga 35 meter. Bentuknya berkanopi seperti payung kerap menjadi peneduh di halaman sebuah bangunan	Menambahkan pohon trembesi pada sisi kiri bangunan
2	Pohon Angsana 	Sebagai peneduh dan dapat menahan dan menyaring partikel padat dari udara	Pohon angšana diletakkan pada area entrance. Sebagai penahan angin
3	Pohon Palem 	Tanaman pengarah, penahan dan pemecah angin, punya kapasitas penyaring CO <sub>2</sub> dan menjadi O <sub>2</sub> (oksigen)	Pohon palem diletakkan pada sisi kanan dan kiri bangunan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

### 4.3 Penataan Vegetasi Terhadap Tapak

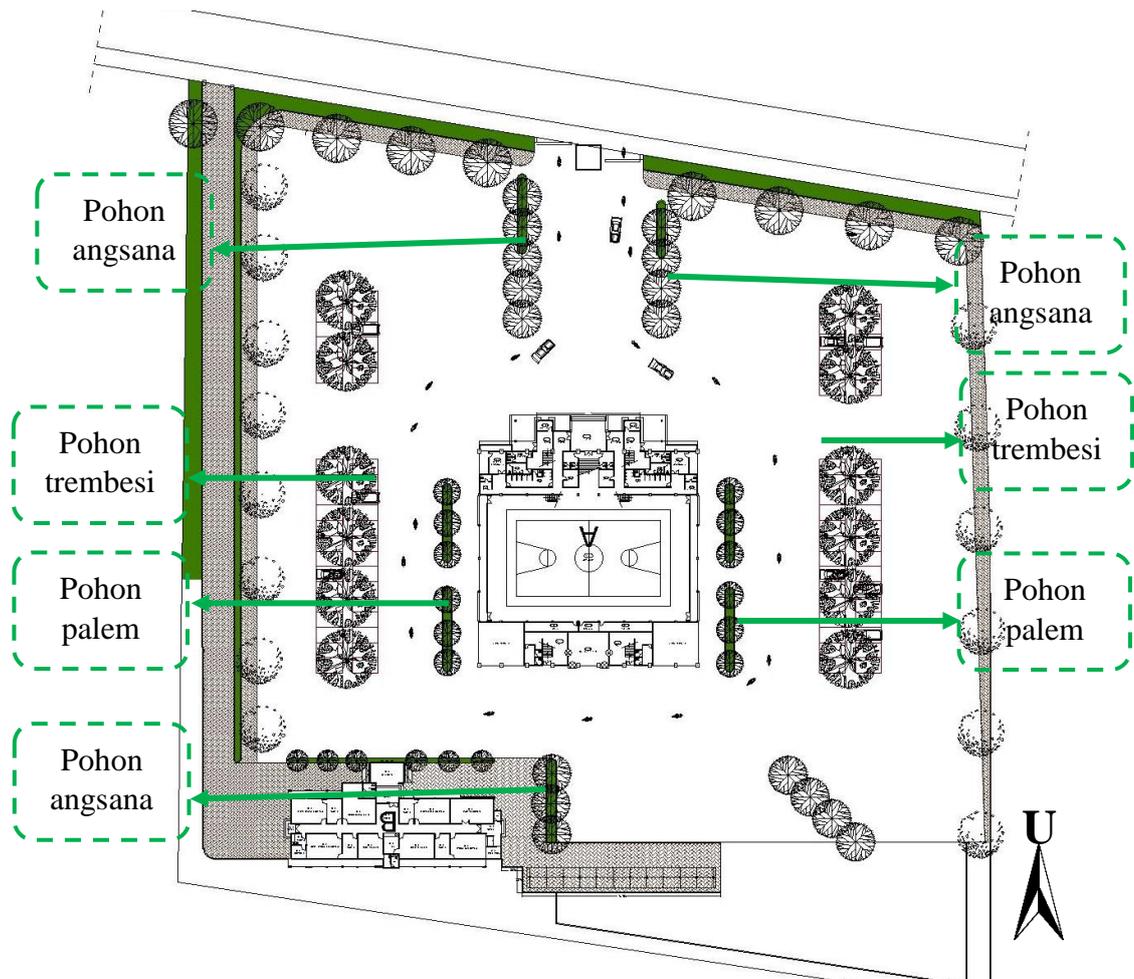
Pengaruh vegetasi berupa pohon pada eksisting tapak mempengaruhi pengarahannya ke bangunan. Peletakkan pohon diatur agar angin mengarah ke permukaan bangunan, sehingga dibuat koridor dan space dari tatanan pohon disekitar bangunan yang dapat mengarahkan angin. Jenis pohon yang dapat mempengaruhi pergerakan angin adalah pohon angšana dan pohon trembesi.

Secara fungsi pohon angšana ini dapat menahan angin namun apabila peletakkan secara berjajar dan sejajar dengan arah datangnya angin maka angin dapat diarahkan ke area bangunan. Karena pohon angšana tersebut merupakan tanaman tinggi dengan bermassa daun padat sehingga apabila ditata dengan jarak yang rapat akan dapat mengarahkan angin.



Gambar 4.11 Vegetasi Pohon Pada Sisi Utara  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

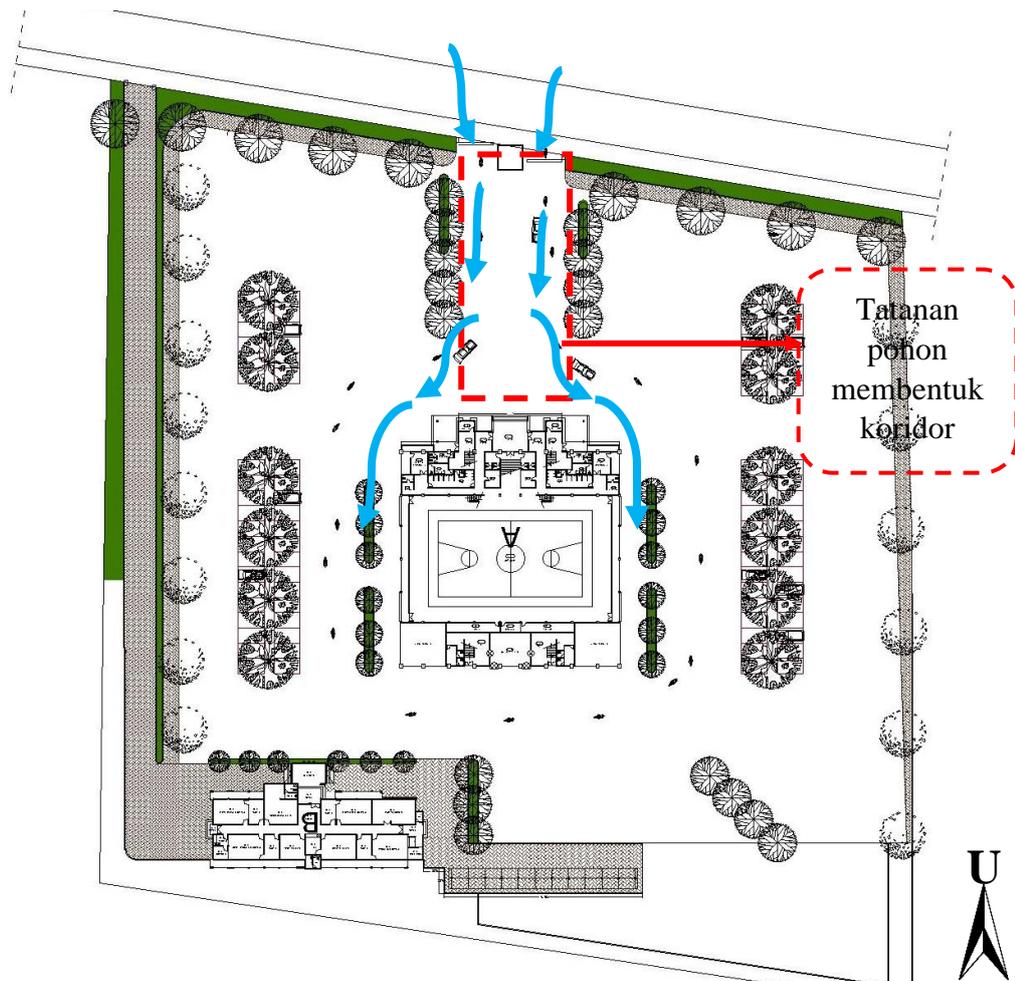
Vegetasi pohon angšana ditata berjajar dan sejajar dengan arah angin agar dapat meneruskan angin yang berhembus melewati tapak untuk kemudian diarahkan ke bangunan. Pohon angšana tersebut dapat meneruskan angin karena memiliki tajuk daun yang rapat dan lebar. Pohon angšana ini dapat mengurangi kecepatan angin, namun juga dapat menyerap, mengalirkan dan mengubah angin. Sehingga pohon angšana ini termasuk dalam tanaman yang dapat digunakan sebagai pengendali angin.



Gambar 4.12 Penataan Vegetasi Pada Tapak  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Vegetasi di dalam tapak lebih mengutamakan vegetasi yang berperan sebagai penahan angin, yaitu pohon angšana. Selain pohon angšana juga terdapat pohon trembesi sebagai peneduh area parkir dan sebagai pohon yang dapat menurunkan suhu udara sekitar. Sedangkan pohon palem yang diletakkan di sisi kanan dan kiri yang dekat dengan bangunan dengan jarak hanya 5 meter dengan bangunan ini dimanfaatkan sebagai pengarah jalan. Jarak antar pohon palem adalah 4 meter.

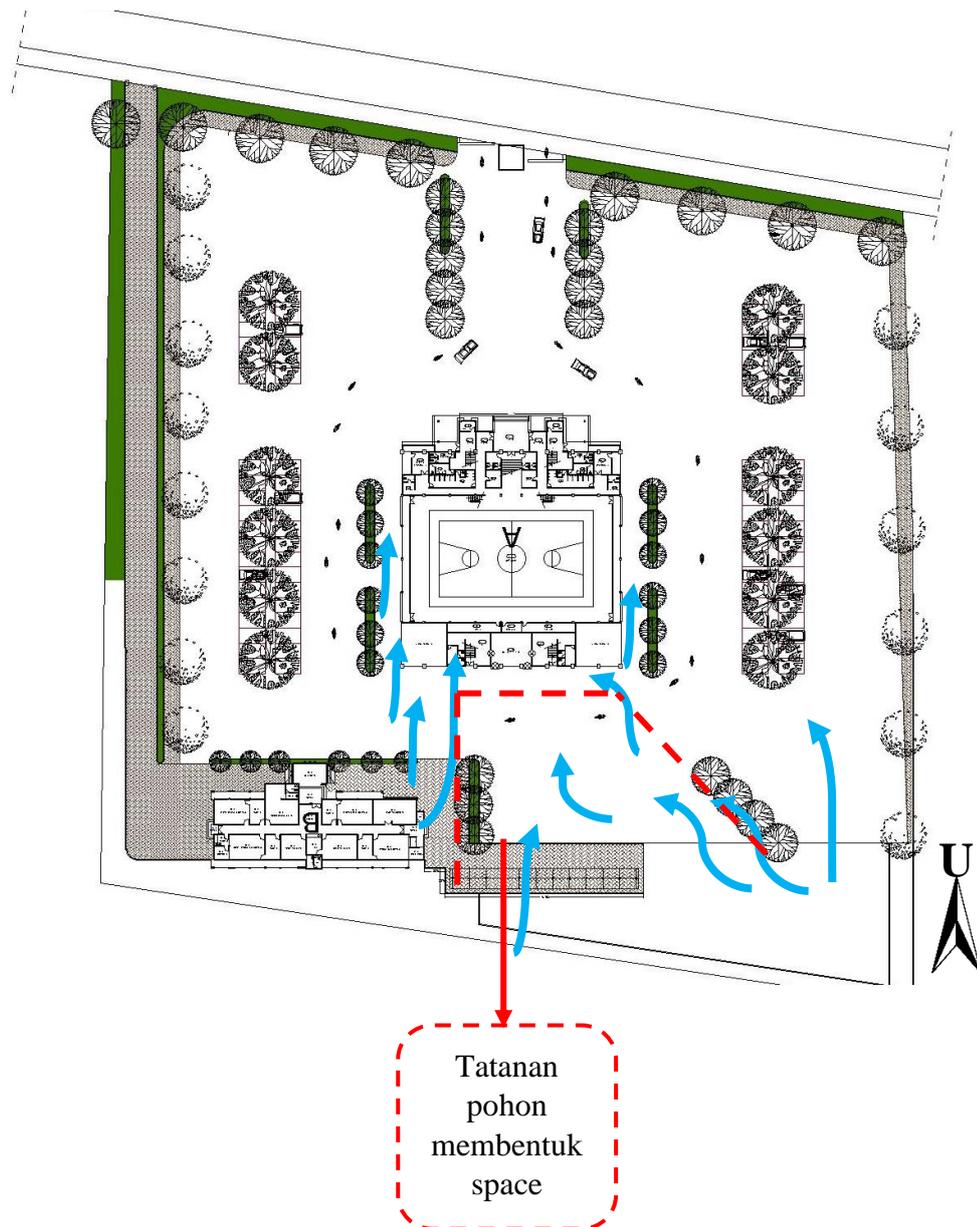
Pada sisi utara, dibuat deretan pohon angšana membentuk koridor untuk mengarahkan angin yang berasal dari arah utara yang dapat dilihat dari gambar berikut:



Gambar 4.13 Pergerakan angin dari utara terhadap vegetasi  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Deretan pohon angšana tersebut dapat mengarahkan angin untuk menuju ke permukaan bangunan GOR. Jarak antar pohon angšana yang ditata membentuk koridor tersebut adalah 5 meter antar pohon, dimana dengan jarak yang rapat tersebut akan membuat tajuk daun antar pohon dapat saling menyatu sehingga tidak memberikan celah untuk memecah angin yang akan masuk ke dalam tapak.

Sedangkan apabila angin berasal dari arah selatan, angin akan ditangkap pada space yang dibentuk dari tatanan pohon di sisi selatan bangunan. Tatanan pohon berupa pohon angšana. Berikut adalah alur angin pada tapak yang dapat diarahkan ke area bangunan.

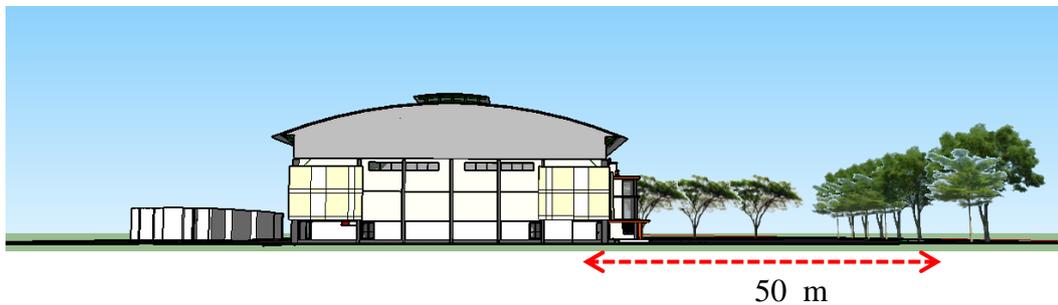


Gambar 4.14 Pergerakan angin dari selatan terhadap vegetasi  
 Sumber : Dokumentasi Pribadi

Angin yang datang dari arah selatan ditangkap dan diarahkan oleh tatanan pohon angkana yang membentuk space di sisi selatan dan menghadap ke arah datangnya angin sehingga angin dapat dialirkan masuk ke dalam bangunan. Terdapat pohon trembesi pada sisi selatan yang berjajar namun tidak rapat dan tegak lurus dengan arah datangnya angin , fungsi dari pohon tersebut adalah untuk menurunkan suhu udara sekitar sebelum udara dialirkan ke dalam bangunan.

#### 4.4 Analisa Aliran Udara Pada Tapak

GOR Lembu Peteng terletak di area yang banyak dilewati angin karena dekat dengan area persawahan. Angin yang melewati GOR cenderung datang dari segala arah yaitu arah utara, selatan, timur dan barat. Namun yang paling dominan adalah dari arah utara dan selatan. Angin dapat datang dari arah tersebut karena tapak yang luas dan bangunan berada di tengah-tengah tapak, sehingga angin dapat melewati tapak untuk kemudian kearahkan ke bangunan. Angin tersebut diarahkan oleh beberapa vegetasi di dalam tapak dengan peletakkan yang tidak terlalu dekat dengan bangunan.



.? Gambar 4.15 Tampak Samping Kanan Tapak  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

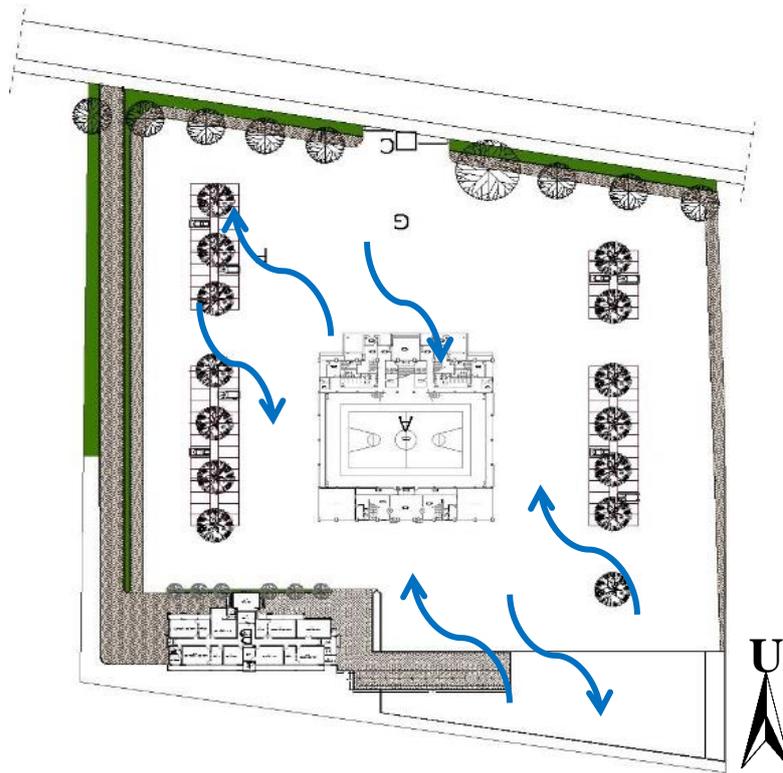
Pada area selatan yang berada di belakang bangunan, tidak terdapat vegetasi. Hal ini menyebabkan angin yang melewati tapak dari arah selatan langsung mengenai bangunan. Sedangkan di area utara terdapat vegetasi yang berada di tepi jalan. Sehingga terlalu jauh dengan bangunan. Berdasarkan eksisting bangunan, pada sisi selatan dan utara merupakan letak bukaan pada bangunan, sehingga angin yang berasal dari utara dan selatan sebaiknya dapat ditangkap dengan baik oleh bukaan bangunan. Namun selain itu juga perlu mempertimbangkan kualitas udara yang baik sehingga pada sisi selatan yang tidak ada vegetasi sama sekali sebaiknya ditambahkan vegetasi namun dengan jarak yang tidak terlalu dekat. Hal tersebut dapat menyaring udara sebelum memasuki bukaan bangunan.



Gambar 4.16 Tampak Depan Tapak  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

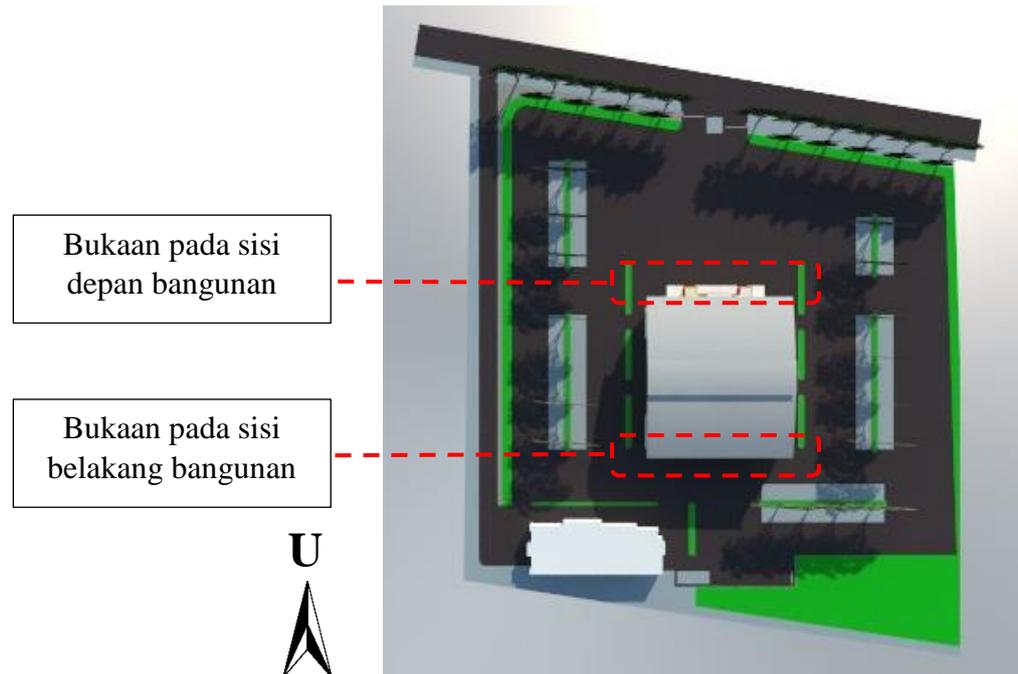
Selanjutnya Pada sisi timur dan barat bangunan, dimana sisi timur dan barat ini merupakan sisi kanan dan sisi kiri bangunan. Kedua sisi tersebut tidak memiliki bukaan sebagai ventilasi alami. Di kedua sisi terdapat pohon trembesi yang berjajar. Jarak bangunan terhadap pohon trembesi tersebut adalah 20 meter. Jarak tersebut sudah tepat karena apabila terlalu dekat dengan bangunan maka pohon tersebut justru akan menghalangi angin yang akan melewati bangunan. Selain itu, pohon trembesi ini juga dapat menurunkan suhu udara sekitar, sehingga angin yang melewati tapak dapat disaring oleh pohon tersebut agar udara yang masuk ke dalam bangunan GOR bersih dari polusi.

Angin yang paling dominan adalah angin yang berasal dari arah utara dan selatan. Berdasarkan Skala Beauford angin yang melewati tapak memiliki kecepatan 6-11 km/jam dengan gejala sedikit hembusan angin. Potensi angin tersebut dapat diarahkan untuk memasuki bangunan GOR sebagai penghawaan alami di dalam bangunan. Berikut adalah gambaran arah hembusan angin yang melewati tapak.



Gambar 4.17 Arah Hembusan Angin Pada Tapak  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan arah hembusan angin tersebut dapat merekomendasikan posisi bukaan yaitu *inlet* dan *outlet*, dimana letak *inlet* dan *outlet* dapat menangkap angin dari arah angin yang datang. Agar dapat memaksimalkan angin untuk memasuki bangunan GOR. Sehingga dapat meletakkan bukaan pada sisi bangunan yang menghadap ke arah utara dan selatan tepatnya pada sisi depan dan belakang bangunan. Karena bukaan yang baik adalah bukaan yang tegak lurus dengan arah datangnya angin. Selain itu dengan adanya potensi tapak yang memiliki banyaknya pergerakan aliran udara tanpa adanya penghalang bangunan tinggi, maka dapat dimaksimalkan dalam menerapkan penghawaan alami di dalam bangunan dengan cara menambahkan bukaan pada selubung bangunan tersebut.

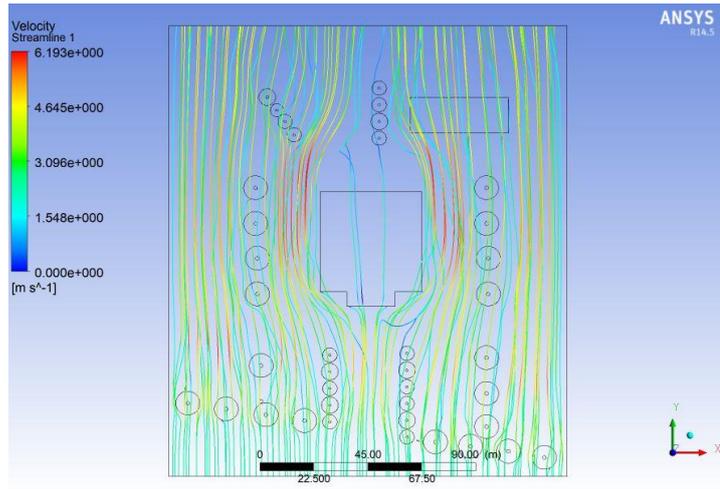


Gambar 4.18 Lokasi Bukaan Berdasarkan Arah Angin Pada Tapak  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### 4.5 Simulasi Aliran Udara Pada Tapak

Dengan menambahkan beberapa vegetasi pada tapak akan berpengaruh terhadap pengarahannya angin dimana pergerakan angin yang disimulasikan menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamic) dengan arah angin dari 4 arah yaitu utara, selatan, barat dan timur dan input untuk kecepatan angin menggunakan angka 2,4 m/s dimana kecepatan angin tersebut merupakan kecepatan angin rata-rata pada bulan Maret berdasarkan data BMKG Kabupaten Malang.

Kemudian menentukan kecepatan aliran udara yang paling tinggi yang mengenai selubung bangunan berdasarkan asal dari arah angin yang disimulasikan untuk menentukan area bukaan yang tepat agar dapat memaksimalkan bukaan untuk mengalirkan udara ke dalam bangunan. Karena area bangunan terdiri dari area dinding arena, area tribun dan atap maka akan diambil sampel kecepatan angin yang mengenai selubung bangunan sesuai dengan ketinggian bagian bangunan tersebut, yaitu pada ketinggian 3 meter untuk yang mengenai dinding arena, ketinggian 7 meter untuk yang mengenai area tribun paling atas, dan ketinggian 13 meter untuk yang mengenai area atap GOR. Berdasarkan uraian tersebut, dapat dilihat aliran udara yang terjadi pada simulasi berikut:

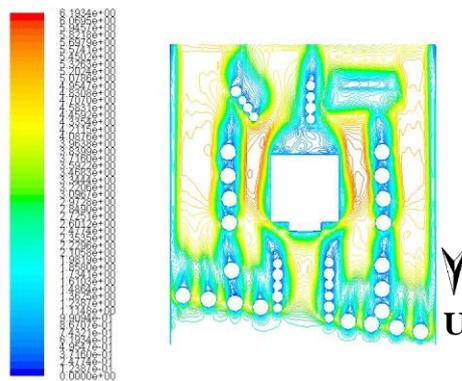


Gambar 4.19 Pergerakan angin dari utara ke selatan  
 Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pergerakan angin pada gambar diatas dapat dilihat bahwa kecepatan angin yang melewati tapak dari arah utara ke selatan memiliki kecepatan mulai dari 3,1 hingga 6,2 m/s dimana kecepatan tersebut berdasarkan skala beauford dapat dilihat dengan gejala berupa hembusan angin dengan sepoi-sepoi basa, daun gemerisik untuk kecepatan 3,1 m/s, sedangkan untuk kecepatan angin yang mengenai bangunan maksimam hingga 6,2 m/s dengan gejala angin sedang, cabang kecil bergerak. Berikut adalah tabel pergerakan angin dari Utara ke Selatan pada Tapak yang diukur dari ketinggian 3 meter, 7 meter dan 13 meter dari permukaan tapak dengan kecepatan aliran udara sesuai dengan kecepatan aliran udara yang mengenai selubung bangunan

Tabel 4.3 Pergerakan Angin Dari Utara ke Selatan pada Tapak

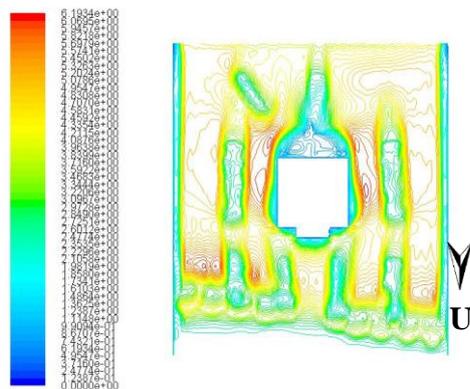
Gambar Pergerakan Aliran Udara	Kecepatan Aliran Udara	Gejala
	Aliran udara yang mengenai selubung bangunan adalah <b>3,0 m/s</b>	Angin sepoi-sepoi basa, daun gemerisik
<b>3 meter dari permukaan tanah</b>		



7 meter dari permukaan tanah

Aliran udara yang mengenai selubung bangunan adalah **3,7 m/s**

Angin sepoi-sepoi basa, daun gemerisik



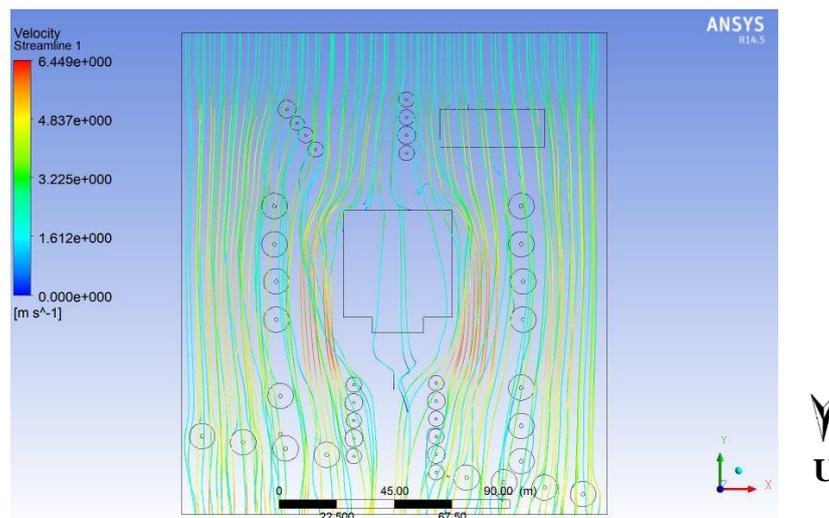
13 meter dari permukaan tanah

Aliran udara yang mengenai selubung bangunan adalah **3,4 m/s**

Angin sepoi-sepoi basa, daun gemerisik

Sumber : Dokumentasi Pribadi

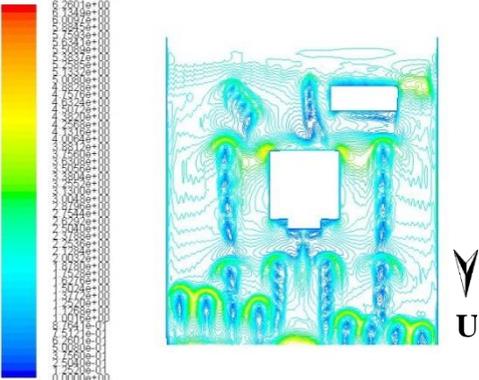
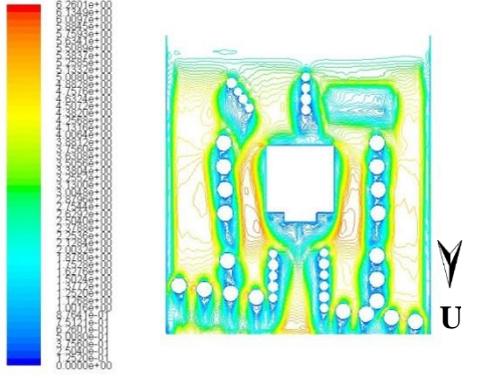
Simulasi selanjutnya dilakukan dengan arah angin yang berasal dari selatan menuju ke utara. Berikut adalah hasil simulasi pergerakan angin tersebut

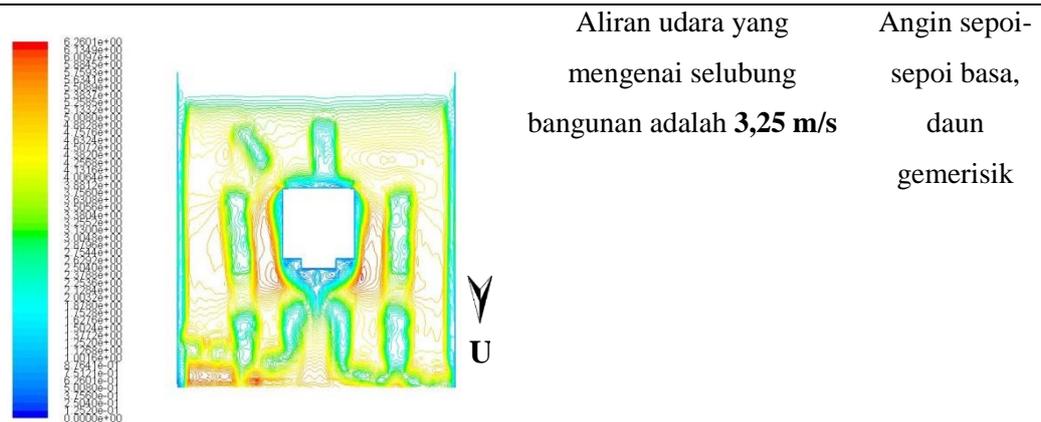


Gambar 4.20 Pergerakan angin dari selatan ke utara  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pergerakan angin pada gambar diatas dapat dilihat bahwa kecepatan angin yang melewati tapak dari arah selatan ke utara memiliki kecepatan mulai dari 3,2 hingga 6,5 m/s dimana kecepatan tersebut berdasarkan skala beauford dapat dilihat dengan gejala berupa hembusan angin dengan sepoi-sepoi basa, daun gemerisik untuk kecepatan 3,2 m/s, sedangkan untuk kecepatan angin yang mengenai bangunan maksimal hingga 6,5 m/s dengan gejala angin sedang, cabang kecil bergerak Berikut adalah tabel pergerakan angin dari Selatan ke Utara pada Tapak yang diukur dari ketinggian 3 meter, 7 meter dan 13 meter dari permukaan tapak dengan kecepatan aliran udara sesuai dengan kecepatan aliran udara yang mengenai selubung bangunan

Tabel 4.4 Pergerakan Angin Dari Selatan ke Utara pada Tapak

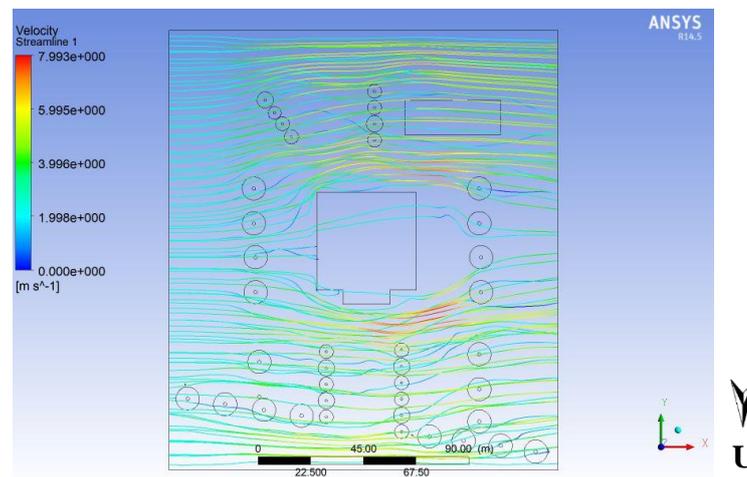
Gambar Pergerakan Aliran Udara	Kecepatan Aliran Udara	Gejala
	<p>Aliran udara yang mengenai selubung bangunan adalah <b>2,25 m/s</b></p>	<p>Angin sepoi-sepoi basa, daun gemerisik</p>
<p><b>3 meter dari permukaan tanah</b></p>		
	<p>Aliran udara yang mengenai selubung bangunan adalah <b>3,00 m/s</b></p>	<p>Angin sepoi-sepoi basa, daun gemerisik</p>
<p><b>7 meter dari permukaan tanah</b></p>		



**13 meter dari permukaan tanah**

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Simulasi selanjutnya dilakukan dengan arah angin yang berasal dari timur menuju ke barat. Berikut adalah hasil simulasi pergerakan angin tersebut

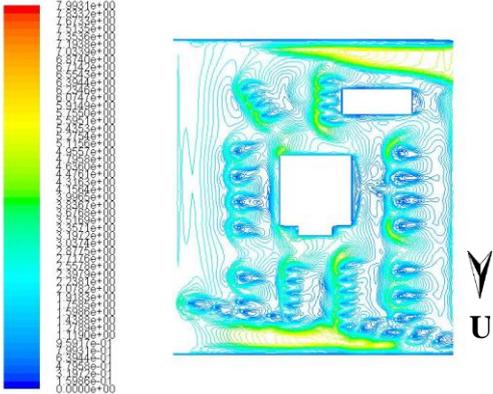
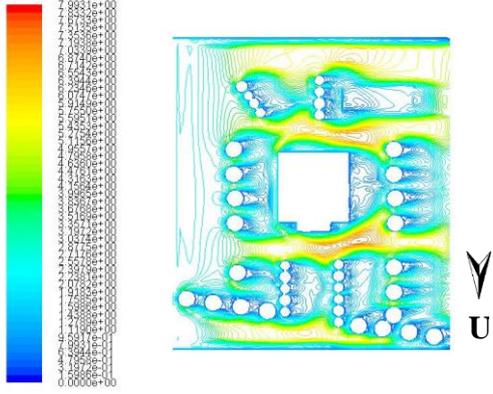
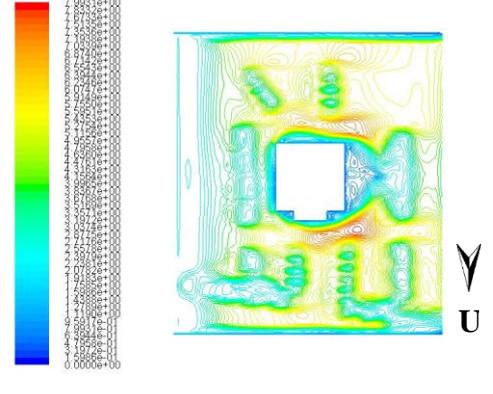


Gambar 4.21 Pergerakan angin dari timur ke barat  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pergerakan angin pada gambar diatas dapat dilihat bahwa kecepatan angin yang melewati tapak dari arah timur ke barat memiliki kecepatan mulai dari 3,9 hingga 7,9 m/s dimana kecepatan tersebut berdasarkan skala beauford dapat dilihat dengan gejala berupa hembusan angin dengan sepoi-sepoi basa, daun gemerisik untuk kecepatan 3,9 m/s, sedangkan untuk kecepatan angin yang mengenai bangunan maksimik hingga 7,9 m/s dengan gejala angin lemah, ranting bergerak, dan riak kecil air. Berikut adalah tabel pergerakan angin dari Timur ke Barat pada Tapak yang diukur dari ketinggian 3 meter, 7 meter dan 13 meter dari permukaan

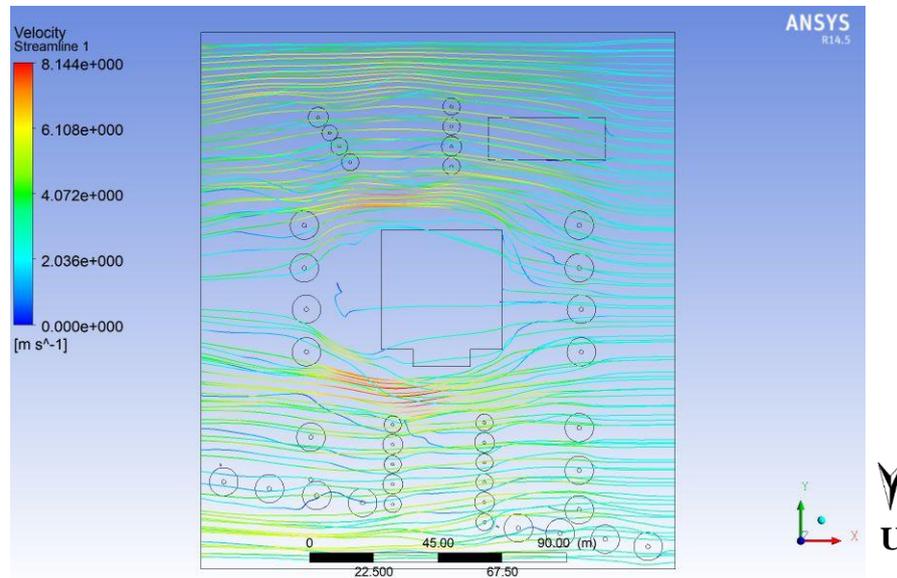
tapak dengan kecepatan aliran udara sesuai dengan kecepatan aliran udara yang mengenai selubung bangunan

Tabel 4.5 Pergerakan Angin Dari Timur ke Barat pada Tapak

Gambar Pergerakan Aliran Udara	Kecepatan Aliran Udara	Gejala
 <p data-bbox="381 943 772 976"><b>3 meter dari permukaan tanah</b></p>	<p>Aliran udara yang mengenai selubung bangunan adalah <b>2,0 m/s</b></p>	<p>Pergerakan udara lemah, asap sedikit ccondong</p>
 <p data-bbox="381 1469 772 1503"><b>7 meter dari permukaan tanah</b></p>	<p>Aliran udara yang mengenai selubung bangunan adalah <b>2,5 m/s</b></p>	<p>Angin sepoi-sepoi basa, daun gemerisik</p>
 <p data-bbox="381 1991 772 2024"><b>13 meter dari permukaan tanah</b></p>	<p>Aliran udara yang mengenai selubung bangunan adalah <b>3,0 m/s</b></p>	<p>Angin sepoi-sepoi basa, daun gemerisik</p>

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Simulasi selanjutnya dilakukan dengan arah angin yang berasal dari barat menuju ke timur. Berikut adalah hasil simulasi pergerakan angin tersebut

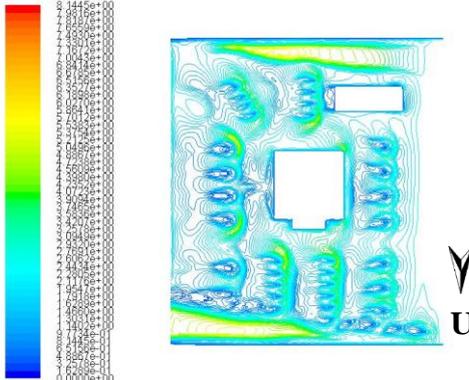
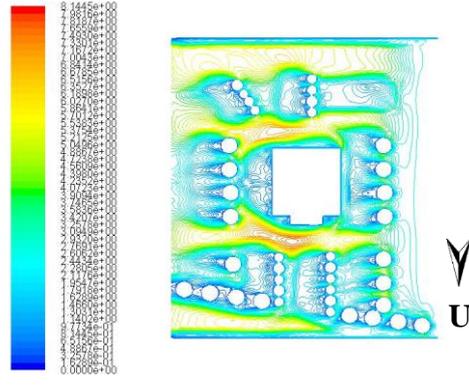
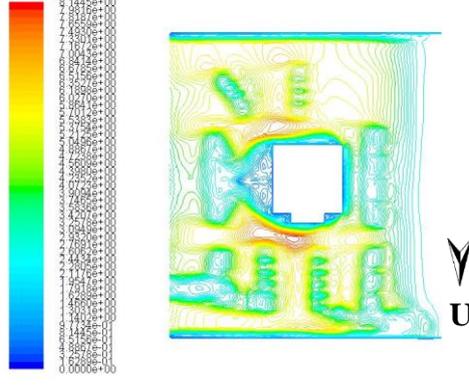


Gambar 4.22 Pergerakan angin dari barat ke timur

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pergerakan angin pada gambar diatas dapat dilihat bahwa kecepatan angin yang melewati tapak dari arah barat ke timur memiliki kecepatan mulai dari 4,0 hingga 8,1 m/s dimana kecepatan tersebut berdasarkan skala beauford dapat dilihat dengan gejala berupa hembusan angin dengan sepoi-sepoi basa, daun gemerisik untuk kecepatan 4,0 m/s, sedangkan untuk kecepatan angin yang mengenai bangunan maksimik hingga 8,1 m/s dengan gejala angin kuat, cabang besar bergerak, suara keras dan ombak berbuih putih. Berikut adalah tabel pergerakan angin dari Barat ke Timur pada Tapak yang diukur dari ketinggian 3 meter, 7 meter dan 13 meter dari permukaan tapak dengan kecepatan aliran udara sesuai dengan kecepatan aliran udara yang mengenai selubung bangunan

Tabel 4.6 Pergerakan Angin Dari Barat ke Timur pada Tapak

Gambar Pergerakan Aliran Udara	Kecepatan Aliran Udara	Gejala
 <p data-bbox="379 824 772 857">3 meter dari permukaan tanah</p>	<p data-bbox="868 405 1177 533">Aliran udara yang mengenai selubung bangunan adalah <b>1,79 m/s</b></p>	<p data-bbox="1225 405 1374 584">Pergerakan udara lemah, asap sedikit ccondong</p>
 <p data-bbox="379 1335 772 1368">7 meter dari permukaan tanah</p>	<p data-bbox="868 927 1177 1055">Aliran udara yang mengenai selubung bangunan adalah <b>2,2 m/s</b></p>	<p data-bbox="1225 927 1374 1106">Pergerakan udara lemah, asap sedikit ccondong</p>
 <p data-bbox="379 1845 772 1886">13 meter dari permukaan tanah</p>	<p data-bbox="868 1438 1177 1565">Aliran udara yang mengenai selubung bangunan adalah <b>2,9 m/s</b></p>	<p data-bbox="1225 1438 1374 1617">Angin sepoi-sepoi basa, daun gemerisik</p>

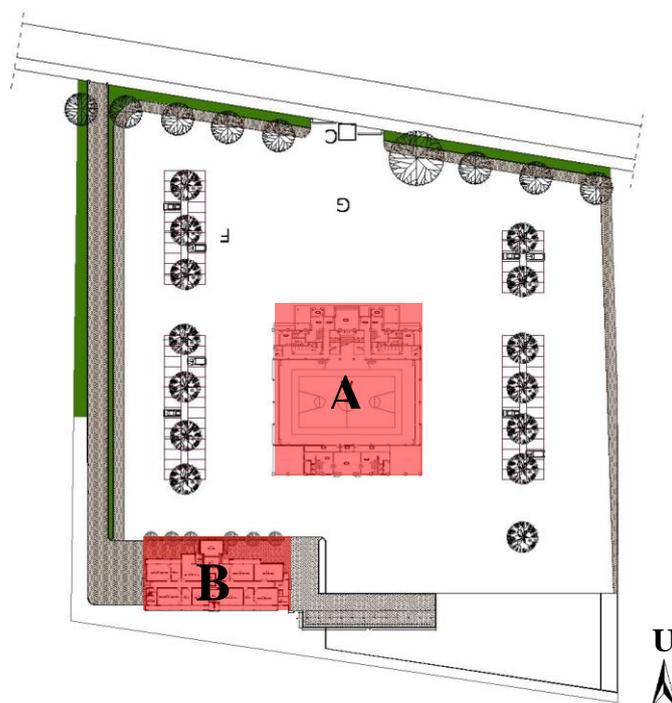
Sumber : Dokumentasi Pribadi

### Kesimpulan :

Berdasarkan hasil simulasi aliran udara pada tapak yang mengenai selubung bangunan GOR dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin yang paling dominan adalah dari utara dan selatan sehingga dapat dijadikan acuan untuk memberikan bukaan tambahan pada sisi bangunan yang menghadap ke arah angin yang paling dominan agar dapat memasukkan aliran udara yang dapat memenuhi kebutuhan penghawaan alami di dalam bangunan GOR Lembu Peteng.

#### 4.6 Analisa Eksisting Bangunan

Analisa bangunan dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi penghawaan pada bangunan, terutama ventilasi bukaan untuk penghawaan alami di dalam bangunan eksisting, apakah sudah dapat memenuhi kebutuhan penghawaan alami atau belum. Kemudian mengevaluasi bukaan yang sesuai untuk mencukupi kebutuhan penghawaan alami bangunan GOR. Agar mencapai tujuan utama dari penghawaan alami melalui sistem *stack effect* dan memberikan solusi terhadap permasalahan yang terjadi pada GOR tentang sistem penghawaannya. Berikut adalah posisi bangunan eksisting terhadap tapak



Gambar 4.23 Posisi Bangunan Terhadap Tapak  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada tapak terdapat 2 bangunan, namun penelitian akan terfokus pada bangunan A yang merupakan bangunan GOR Lembu Peteng, sedangkan bangunan B merupakan Kantor Dinas Pariwisata. Kantor tersebut sekaligus kantor untuk pengelola GOR Lembu Peteng.

Dapat dilihat pada gambar diatas dimana posisi bangunan terdapat tepat di tengah-tengah tapak. Posisi bangunan yang berada di tengah tersebut memberikan dampak positif terhadap bangunan untuk memasukkan angin ke dalam bangunan karena tidak terhalang bangunan apapun di sekitarnya.

#### 4.6.1 Kondisi Eksisting Bangunan

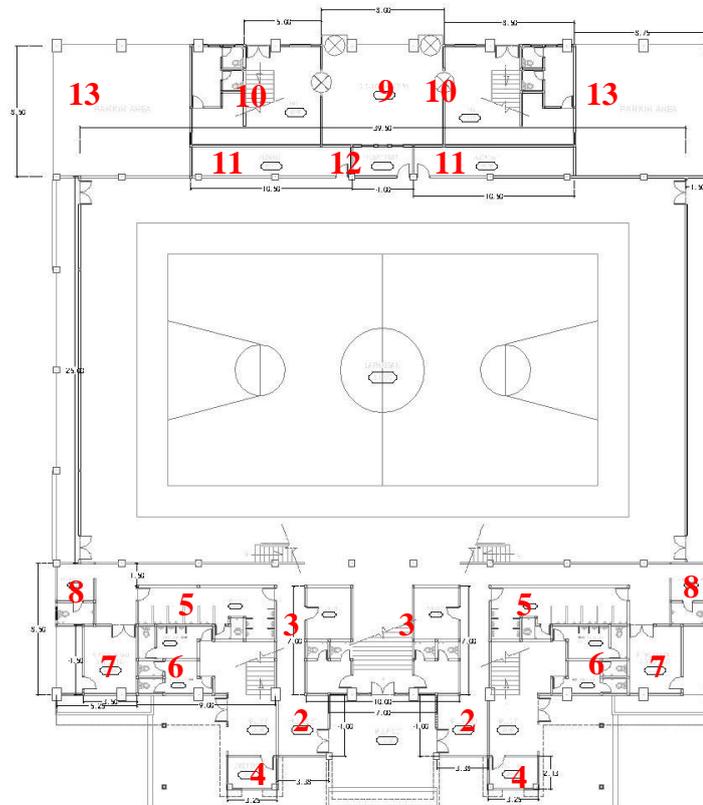
Bangunan GOR selesai dibangun pada tahun 2015 yang memiliki bentuk dominan persegi dengan luas bangunan 2041,13 meter persegi. Fungsi bangunan yaitu untuk pertandingan maupun latihan olahraga terutama olahraga bola basket dan voli, akan tetapi terkadang digunakan untuk futsal. GOR Lembu Peteng dapat menampung 700 penonton di area tribun, namun dapat mencapai maksimal 1000 penonton di dalam GOR.



Gambar 4.24 Kondisi Eksisting Bangunan GOR  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada bangunan GOR tersebut terdapat fasilitas utama dan fasilitas penunjang. Pembagian ruang-ruang sebagai fasilitas penunjang berada di lantai bawah yang posisinya berada di bawah tribun penonton. Selain itu juga terdapat area parkir

yang berada di bawah area tribun, namun area tersebut tidak digunakan. Dapat dilihat pembagian ruang-ruang GOR pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.25 Denah GOR

Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Tulungagung

Keterangan :

1. Lapangan
2. Hall Atlet
3. R. Loker
4. Locket Tiket
5. R. Bilas Atlet
6. Toilet Atlet
7. R. Pemanasan & Briefing
8. R. Pelatih
9. R. Tunggu Antrian
10. Hall
11. Gudang
12. Locket Tiket
13. Area Parkir

Ruang-ruang penunjang tersebut jarang digunakan, yang sering digunakan hanya bagian loket dan toilet saja. Hal ini dikarenakan fasilitas ruangan yang belum memadai, kebanyakan ruangan masih kosong, sehingga para atlet yang akan bertanding langsung memasuki area lapangan dan melakukan briefing di lapangan

Fasilitas utama dari GOR tersebut adalah area lapangan dan area tribun penonton. Namun juga terdapat beberapa fasilitas penunjang GOR. Berikut adalah penjelasan bagian-bagian dari bangunan GOR yang meliputi

### 1. Area Lapangan

Lapangan memiliki luas 1.000 m<sup>2</sup>. Lapangan digunakan untuk pertandingan maupun latihan olahraga, olahraga yang biasanya dilakukan meliputi bola basket dan bola voli. Namun GOR ini juga biasa digunakan sebagai gedung pertemuan. Material yang digunakan pada lantai menggunakan lantai semen pada bagian lapangan dan material keramik pada finishing lantai yang lain. Penggunaan semen ini kurang sesuai untuk arena olahraga basket dan voli. Material lantai sebaiknya menggunakan parket. Hal ini merupakan standart internasional untuk lapangan basket dan bola voli yang terbuat dari lantai parket. Selain itu berdasarkan SNI 03-3647-1994 permukaan lantai pada bangunan Gedung Olahraga harus terbuat dari bahan-bahan yang elastis.



Gambar 4.26 Material Lantai GOR Berupa Lantai Semen  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Material parket dapat difungsikan untuk mengurangi cedera apabila ada pemain yang terjatuh, karena lantai parket lebih lunak dibandingkan dengan lapangan semen, sehingga dapat melindungi pemain saat sedang bermain bola basket maupun bola voli. Lantai parket biasanya dilapisi dengan bantalan karet dan lapisan plywood dimana lapisan tersebut berfungsi untuk meminimalkan cedera pada pemain dan memaksimalkan pantulan bola saat permainan berlangsung sehingga dapat melakukan pertandingan dengan maksimal.

Penggunaan material parket ini juga mengurangi panasnya suhu ruangan, karena apabila menggunakan lantai semen, selain rentan cedera saat pemain terjatuh, lantai semen juga menyerap panas dari atap.

Tabel 4.7 Area Lapangan

Fasilitas GOR	Keadaan Eksisting	Standart
Area lapangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luas lapangan 1000 m<sup>2</sup></li> <li>• Material lapisan lapangan berupa lantai semen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material lantai harus ditutup dengan lapisan elastis</li> </ul>

Sumber : Dokumentasi Pribadi

## 2. Area Tribun

Lapangan dilengkapi dengan area tribun yang berada di kedua sisi area lapangan. Kapasitas untuk area tribun dapat menampung sebanyak 700 penonton. Namun dapat menampung maksimal 1000 penonton. Bentuk tribun termasuk tipe tetap, dengan pemisah antara tribun dan arena menggunakan pagar transparan dengan ketinggian 1 meter. Area tribun berada di 2 sisi bangunan yaitu sisi depan dan sisi belakang. Dimana untuk memasuki area tribun dapat melalui 2 pintu masuk yaitu pintu masuk dari arah depan dan pintu masuk dari arah belakang



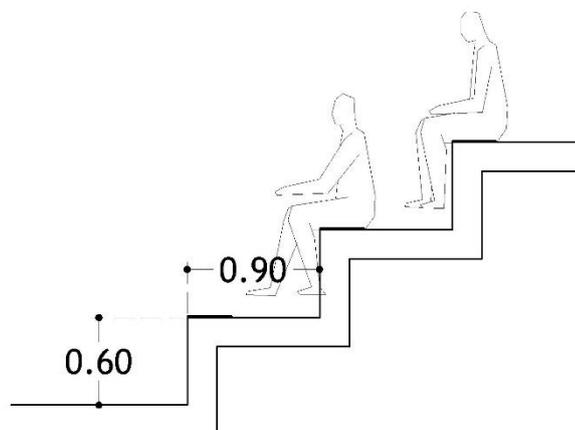
Gambar 4.27 Area Tribun  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada area di bawah tribun terdapat ruang kosong yang tidak difungsikan, meskipun awalnya direncanakan sebagai tempat parkir namun lokasinya yang tidak mendukung untuk dijadikan area parkir. Keberadaan ruang kosong tersebut dapat dimanfaatkan untuk memasukkan angin melalui bawah area tempat duduk di tribun. Karena aliran angin dapat melewati area bawah tribun yang berada di belakang tersebut. Hal ini dikarenakan tidak ada dinding penutup yang menutupi area di bawah tribun sehingga dibiarkan terbuka, sehingga memungkinkan untuk menambahkan bukaan di area ini.



Gambar 4.28 Ruang Kosong di Bawah Tribun Bagian Belakang Bangunan GOR  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Ukuran tribun pada eksisting memiliki ketinggian 0,6 m dan lebar 0.9 m pada setiap tribunnya serta memiliki sudut  $34^{\circ}$ .



Gambar 4.29 Ukuran Eksisting Tribun  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Posisi tempat duduk pada tribun yang terlalu tinggi mempengaruhi sudut pandang penonton terhadap pemain di area lapangan. Dimana pada standar SNI 03-3647-1994 sudut pandang yang sesuai adalah  $30^{\circ}$ . Serta standar ukuran tempat duduk tribun adalah dengan ketinggian maksimal 0,51 m dan lebar 0,9 m.

Tabel 4.8 Area Tribun

Fasilitas GOR	Keadaan Eksisting	Standart
Area Tribun	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ukuran tribun lebar 0,9 m dan tinggi 0.6 m</li> <li>• Kemiringan tribun <math>34^{\circ}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ukuran tribun lebar maksimal 0,9 m dan tinggi 0.51 m</li> <li>• Kemiringan tribun <math>30^{\circ}</math></li> </ul>

Sumber : Dokumentasi Pribadi

### 3. Dinding Arena

Material dinding menggunakan batu bata dengan ketebalan 15 cm dan finishing menggunakan cat. Penggunaan konstruksi dinding sudah kuat untuk menahan benturan dari bola. Pada dinding sekitar arena lapangan hanya terdapat bukaan berupa pintu sebanyak 4 buah pintu yang berhubungan langsung dengan

area luar. Sedangkan bukaan berupa ventilasi terdapat di bagian atas. Sesuai dengan SNI 03-3647-1994 dimana bukaan-bukaan berupa ventilasi maupun jendela minimal 2 meter diatas lantai. Dengan tujuan agar penerangan tidak menyilaukan para pemain.



Gambar 4.30 Dinding Arena  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Tabel 4.9 Dinding Arena

Fasilitas GOR	Keadaan Eksisting	Standart
Dinding Arena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permukaan dinding pada arena terdapat tonjolan berupa kolom</li> <li>• Tidak terdapat bukaan pada dinding</li> <li>• Terdapat elemen vertikal berupa kolom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permukaan dinding pada arena harus rata</li> <li>• Bukaan pada dinding kecuali pintu, minimal 2 meter diatas lantai</li> <li>• Menghindari elemen-elemen tidak vertical atau tidak horizontal</li> </ul>

Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### 4. Atap GOR

Material bangunan bagian atap menggunakan atap bangunan tertutup dengan bentuk atap lengkung/cladding. Penutup atap bangunan menggunakan material penutup atap lengkung yaitu galvalum zinalum dari alumunium. Struktur rangka atap menggunakan struktur baja konvensional. Penggunaan material rangka atap tersebut karena bangunan merupakan bangunan bentang lebar. Berdasarkan bangunan

eksisting, atap GOR dibuat tertutup. Sedangkan untuk mencapai penghawaan melalui sistem ventilasi silang pada bangunan berbentuk leber, perlu memberikan bukaan pada atap sebagai *outlet*, sehingga perlu merubah bentuk atap.



Gambar 4.31 Eksisting Atap Bangunan GOR  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

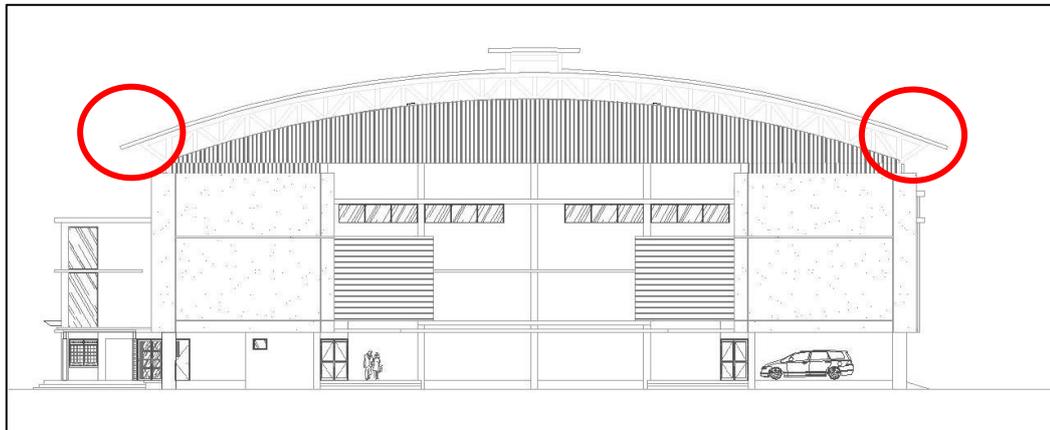
Kondisi atap yang tertutup tersebut juga menimbulkan efek kurang terang di dalam bangunan meskipun saat siang hari, sehingga apabila di berikan bukaan pada atap, selain sebagai aliran udara juga sebagai pencahayaan alami di dalam ruangan GOR.

#### 4.6.2 Analisa Bukaan Pada Bangunan

Bukaan pada bangunan hanya terdapat pada bawah atap. Penghawaan bangunan sampai saat ini hanya memanfaatkan bukaan di bagian atap tersebut. Bukaan berada di 2 sisi yaitu sisi depan bangunan yang menghadap ke arah utara dan sisi belakang bangunan yang menghadap ke arah selatan. Peletakkan bukaan pada kedua sisi tersebut sudah sesuai dengan arah dominan angin yang datang pada tapak sehingga dapat mendukung penghawaan alami di dalamnya dengan mengarahkan udara untuk masuk ke dalam bangunan. Namun bukaan tersebut masih kurang maksimal, karena keadaan ruangan masih terasa pengap.

Hal ini dikarenakan angin yang mengalir di dalam bangunan hanya melewati bagian atas saja yaitu di area bawah atap, sehingga tidak mengenai area di bawah

yang meliputi area tribun dan lapangan. Berikut adalah gambar letak bukaan pada bangunan eksisting apabila dilihat dari tampak samping.



Gambar 4.32 Letak Bukaan dilihat dari Tampak Samping Kanan GOR  
Sumber : Dinas Pekerjaan Umum Tulungagung

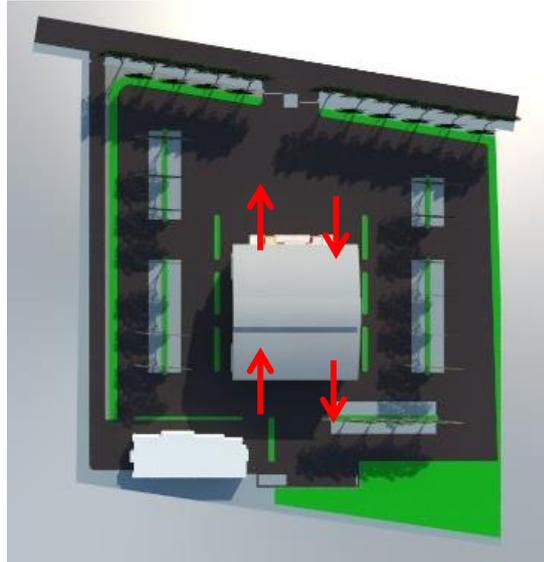
Bukaan yang berada di antara dinding dan atap tersebut merupakan jenis bukaan dengan kisi-kisi memiliki ukuran lebar 1,6 meter dan kemiringan  $35^\circ$ . Bukaan membentang sepanjang sisi bangunan yaitu 42,5 meter. Kedua bukaan tersebut merupakan satu-satunya bukaan yang digunakan untuk mengalirkan angin ke dalam bangunan untuk memenuhi kebutuhan penghawaan alami di dalam GOR. Dengan fungsi inlet dan outlet yang menyesuaikan arah datangnya angin. Saat angin berasal dari arah selatan maka bukaan yang menghadap ke arah selatan berperan sebagai *inlet* dan bukaan yang menghadap ke arah utara berperan sebagai *outlet*, sedangkan apabila angin berasal dari arah utara maka bukaan yang menghadap ke arah utara berperan sebagai *inlet* dan bukaan yang menghadap ke arah selatan berperan sebagai *outlet*.



Gambar 4.33 Bukaan *jalousie* Pada Bangunan  
Sumber : dokumentasi pribadi

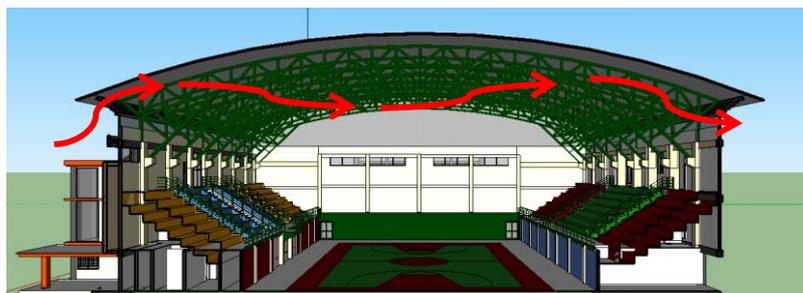
### 4.6.3 Analisa Udara Pada Bangunan

Arah angin yang melewati tapak cenderung berasal dari arah utara, selatan dan barat. Namun angin yang paling dominan adalah dari arah utara dan selatan, sehingga angin yang dapat dimasukkan ke dalam bangunan dapat melalui bukaan yang menghadap ke arah angin tersebut. Pada bangunan eksisting, bukaan yang terdapat di bawah atap bangunan dapat memasukkan dan mengeluarkan udara yang melewati bangunan.



Gambar 4.34 Arah aliran udara Pada Bangunan  
Sumber : dokumentasi pribadi

Dapat dilihat dari gambar tersebut, angin yang berasal dari arah utara dapat dimasukkan melalui bukaan di sisi utara kemudian dikeluarkan oleh bukaan di sisi selatan, begitu pula sebaliknya apabila angin berasal dari arah selatan maka angin akan di masukkan oleh bukaan di sisi selatan kemudian dikeluarkan oleh bukaan di sisi utara. Berikut analisis aliran udara pada bangunan eksisting apabila dilihat dari potongan bangunan.



Gambar 4.35 Arah aliran udara berdasarkan potongan Bangunan eksisting  
Sumber : dokumentasi pribadi

Peletakkan bukaan tersebut dapat mengatur keluar masuknya udara. Karena bukaan yang menghadap ke arah angin tersebut mendukung untuk menangkap angin agar dapat dialirkan ke dalam bangunan.

#### 4.7 Observasi Lapangan

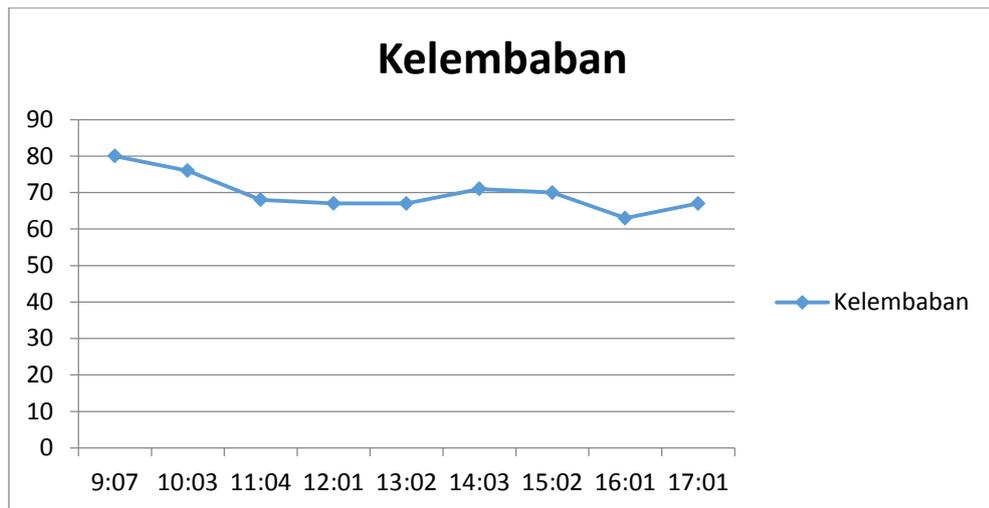
Observasi dilakukan pada pagi hingga sore hari dengan mengukur suhu dan kelembaban ruangan di dalam GOR dan kecepatan angin di luar GOR. Pengukuran dilakukan menggunakan termometer. Adapun hasil observasi lapangan adalah sebagai berikut

Tabel 4.10 Hasil Observasi Lapangan

No.	Pukul	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	09.07	29,5	80
2	10.03	31,2	76
3	11.04	31,5	68
4	12.01	32,0	67
5	13.02	32,1	67
6	14.03	30,3	71
7	15.02	30,6	70
8	16.01	30,7	63
9	17.00	30,0	67

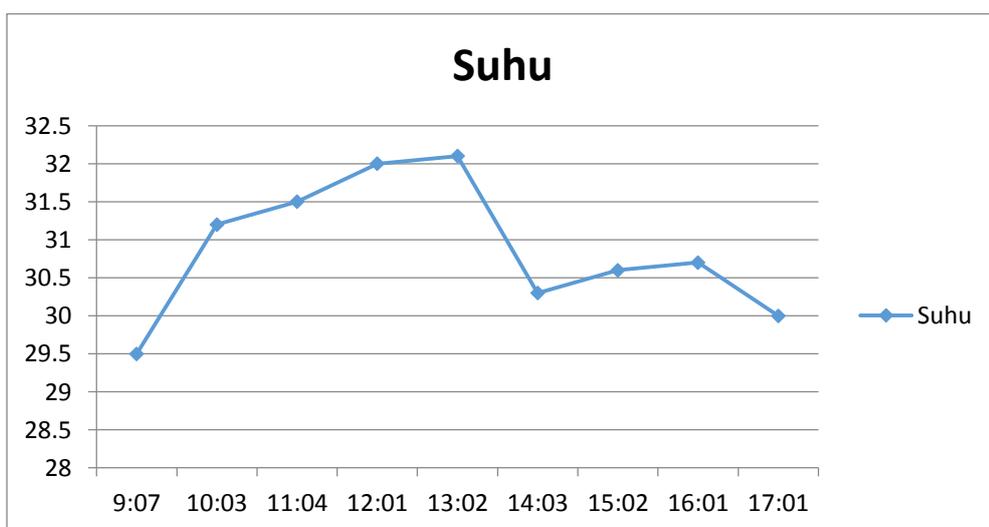
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Observasi dilakukan pada pagi hari hingga sore hari dengan mengukur suhu dan kelembaban tiap jam mulai dari jam 9 pagi hingga jam 5 sore saat tidak ada kegiatan olahraga. Pada saat pengukuran, keadaan cuaca mulai pagi hari hingga sore hari sedang cerah. Berikut adalah grafik kelembaban dan suhu berdasarkan hasil observasi lapangan



Gambar 4.36 Grafik Kelembaban  
Sumber : dokumentasi pribadi

Berdasarkan grafik kelembaban diatas, tingkat kelembaban saat pagi menuju siang mengalami penurunan dan saat siang menuju sore hari mengalami peningkatan kembali. Kelembaban tertinggi pada saat pukul 09.07 WIB dengan angka kelembaban sebesar 80% dan kelembaban terendah pada saat pukul 16.01 WIB dengan angka kelembaban sebesar 63%. Angka kelembaban ini tergolong tinggi karena berdasarkan SNI 03-6572-2001, kelembaban udara relatif yang masih diperbolehkan adalah antara 55% sampai 60% untuk ruangan dengan jumlah orangnya padat. Angka kelembaban yang tinggi inilah yang menyebabkan keadaan di dalam GOR terasa pengap. sehingga perlu menurunkan kelembaban udara tersebut agar mengurangi rasa pengap di dalam bangunan.



Gambar 4.37 Grafik Suhu  
Sumber : dokumentasi pribadi

Berdasarkan grafik suhu diatas, suhu paling tinggi pada pukul 13.02 WIB dengan suhu 32,1°C. Suhu mengalami peningkatan saat pagi menuju ke siang dan mengalami penurunan saat menuju sore hari. Suhu terendah pada saat pukul 09.07 WIB dengan suhu 29,5°C.

Keadaan suhu berdasarkan SNI 03-6572-2001, dimana nyaman optimal dapat dicapai apabila suhu efektif antara 22,80 °C sampai 25,80 °C dan hangan nyaman apabila suhu efektif 25,80 °C sampai 27,10 °C.

Dari hasil observasi lapangan suhu udara rata-rata adalah 30,87 °C dan kelembaban rata-rata adalah 69,8 %. Keadaan suhu dan kelembaban yang tinggi membuat udara terasa pengap. Terutama pada siang hari, ruangan memiliki suhu yang tinggi mencapai 32,1°C. hal ini dikarenakan panas dari radiasi matahari yang diteruskan masuk ke dalam bangunan GOR karena material atap GOR yang menyerap panas dan kurangnya pergantian udara di dalam bangunan karena kurang bukaan untuk mengalirkan udara.

Pengukuran juga dilakukan pada kecepatan angin pada bangunan dengan menggunakan anemometer didapatkan hasil sebgai berikut:

Tabel 4.11 Kecepatan Aliran Udara di Dalam Bangunan Eksisting

No.	Pukul	Kecepatan aliran udara (m/s)
1	09.07	0,0
2	10.03	0,0
3	11.04	0,0
4	12.01	0,0
5	13.02	0,0
6	14.03	0,0
7	15.02	0,0
8	16.01	0,0
9	17.00	0,0

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Kecepatan aliran udara di dalam bangunan berdasarkan eksisting tidak dilewati angin karena menunjukkan angka 0 m/s pada kecepatan aliran udaranya. Sedangkan di area luar bangunan, dengan pengukuran berjarak 3 meter dari bangunan GOR diperoleh hasil observasi sebagai berikut

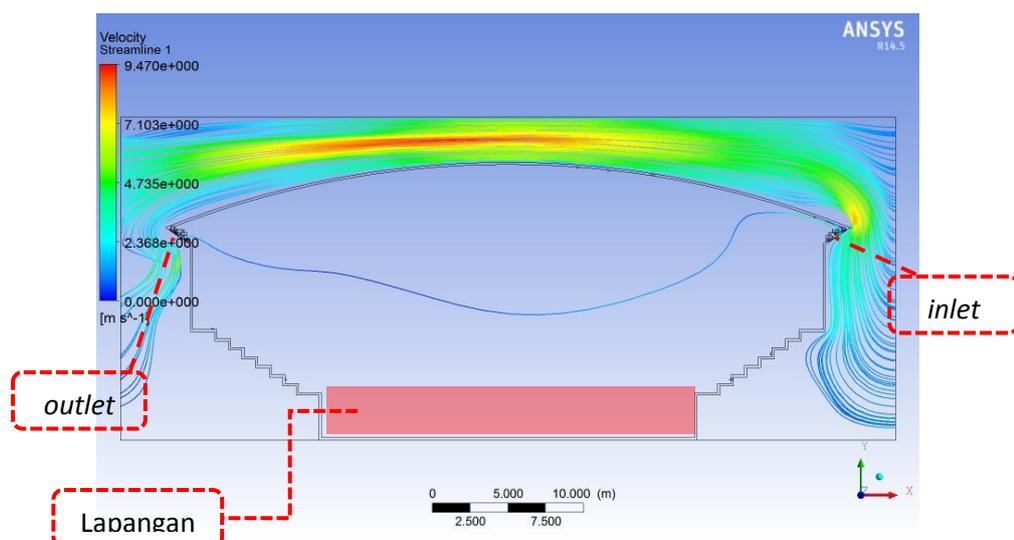
Tabel 4.12 Hasil Observasi Lapangan Terhadap Kecepatan Aliran Udara di Luar Bangunan

No.	Pukul	Kecepatan aliran udara (m/s)
1	09.07	0,1
2	10.03	0,1
3	11.04	0,2
4	12.01	0,3
5	13.02	0,4
6	14.03	0,4
7	15.02	0,4
8	16.01	0,4
9	17.00	0,4

Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### 4.8 Analisa Simulasi Aliran Udara Pada Eksisting Bangunan

Ventilasi pada bangunan eksisting hanya berupa bukaan *jalousie* yang berada di bawah atap di sisi utara dan selatan, sehingga peletakkan inlet dan outlet disesuaikan dengan keberadaan kedua bukaan tersebut. Simulasi yang dilakukan berdasarkan angin dari arah utara dan selatan karena angin yang paling dominan adalah dari arah utara dan selatan. Simulasi yang pertama meletakkan *inlet* pada sisi depan bangunan yang menghadap ke arah utara, sedangkan *outlet* berada di belakang bangunan yang menghadap ke arah selatan. Berikut adalah gambar hasil simulasi aliran udara dengan angin yang berasal dari arah utara yang memasuki bangunan pada eksisting GOR.



Gambar 4.38 Aliran Udara Dari Arah Utara Pada Eksisting Bangunan

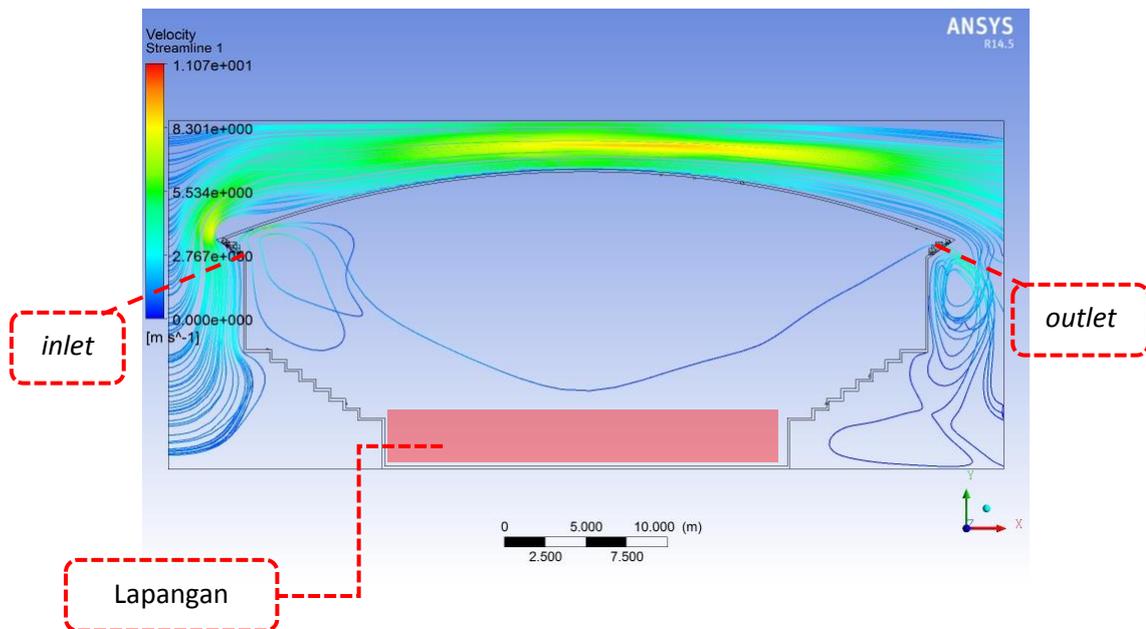
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan hasil simulasi tersebut, angin yang memasuki bangunan hanya sedikit dan melewati bagian atas bangunan saja. Padahal angin yang melewati di luar atap mencapai 9.4 m/s, namun angin yang masuk ke dalam bangunan sangat sedikit sekali. Pada saat angin melewati inlet, angin memiliki kecepatan antara 0,35 m/s sampai 0,56 m/s dan setelah di alirkan ke dalam bangunan kecepatan angin menurun hingga akhirnya keluar melalui outlet dengan kecepatan yang naik lagi hingga 0,56 m/s.

Pada area lapangan tidak terlewati aliran angin sama sekali, karena saat di simulasikan pada ketinggian 1 meter di atas lantai, rata-rata titik pada ketinggian tersebut memiliki kecepatan aliran angin 0 m/s. Pada area tribun paling bawah dengan ketinggian 4 meter pada bagian belakang dan pada tribun bagian depan tidak dilewati angin. Pada hasil simulasi menyatakan bahwa area tersebut memiliki kecepatan aliran angin 0 m/s. Selanjutnya pada area tribun paling atas dengan ketinggian 8 meter, pada bagian depan (sisi kanan pada gambar 4.38) dilewati aliran udara dengan kecepatan aliran angin antara 0,37 m/s, karena area ini dekat dengan *inlet*, sedangkan pada tribun bagian belakang (sisi kiri pada gambar 4.38) yang dekat dengan *outlet* tidak dilewati angin dan miliki kecepatan aliran angin 0 m/s.

Simulasi suhu pada bangunan eksisting diukur dari beberapa ketinggian dari lantai. Untuk ketinggian 1 meter dan 4 meter di atas lantai, suhu ruangan antara 32.09°C dan selanjutnya pada ketinggian 8 meter dari lantai juga memiliki suhu yang sedikit turun dari suhu lantai di area bawah yaitu 32.07°C.

Selanjutnya dilakukan simulasi yang kedua yaitu sebaliknya dari simulasi pertama yaitu dengan meletakkan *inlet* pada sisi belakang bangunan yang menghadap ke arah selatan, sedangkan *outlet* berada di depan bangunan yang menghadap ke arah utara. Berikut adalah gambar hasil simulasi aliran udara dengan angin yang berasal dari arah utara yang memasuki bangunan pada eksisting GOR.



Gambar 4.39 Aliran Udara Dari Arah Selatan Pada Eksisting Bangunan  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan hasil simulasi kedua tersebut masih sama dengan simulasi yang pertama namun memiliki perbedaan pada kecepatan angin. Pada saat angin melewati inlet, angin memiliki kecepatan antara 2,76 m/s sampai 5,53 m/s dan setelah di alirkan ke dalam bangunan kecepatan angin menurun hingga akhirnya keluar melalui outlet dengan kecepatan yang naik lagi hingga 1,3 m/s.

Pada area lapangan tidak terlewati aliran angin sama sekali, karena saat di simulasikan pada ketinggian 1 meter di atas lantai, rata-rata titik pada ketinggian tersebut memiliki kecepatan aliran angin 0 m/s. Pada area tribun paling bawah dengan ketinggian 4 meter pada bagian belakang dan pada tribun bagian depan tidak dilewati angin. Pada hasil simulasi menyatakan bahwa area tersebut memiliki kecepatan aliran angin 0 m/s. Selanjutnya pada area tribun paling atas dengan ketinggian 8 meter, pada bagian depan (sisi kanan pada gambar 4.39) dilewati aliran udara dengan kecepatan aliran angin antara 0,22 m/s, karena area ini dekat dengan *inlet*, sedangkan pada tribun bagian belakang (sisi kiri pada gambar 4.39) yang dekat dengan *outlet* tidak dilewati angin dan memiliki kecepatan aliran angin 0 m/s.

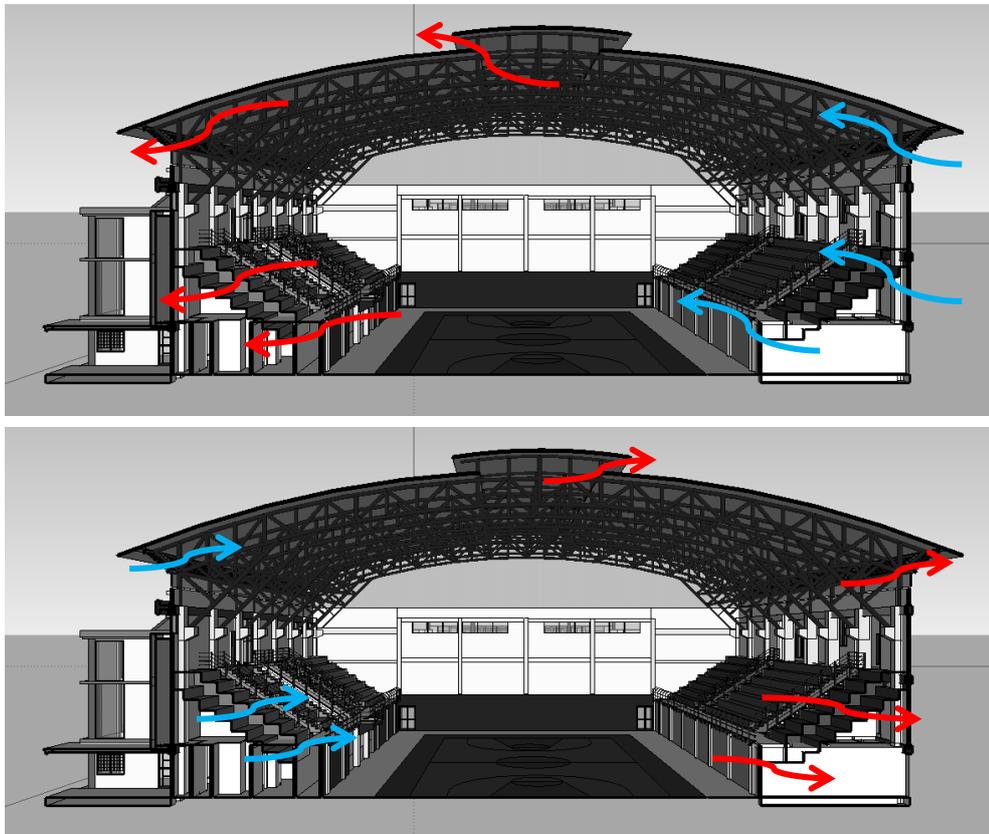
Kedua simulasi tersebut menunjukkan bahwa bukaan *inlet* dan *outlet* tersebut kurang maksimal untuk mengatur pergantian udara di dalam ruangan sehingga aliran angin hanya melewati area atas saja terutama bagian atap. Hal ini dikarenakan tidak adanya bukaan pada sisi dinding bangunan, bukaan hanya berada

di bawah atap saja. Sehingga pada area lapangan dan area tribun belum terlewati angin secara merata.

Simulasi suhu pada bangunan eksisting diukur dari beberapa ketinggian dari lantai. Untuk ketinggian 1 meter, 4 meter dan 8 meter di atas lantai memiliki suhu ruangan yang relatif sama dengan suhu ruangan sekitar  $31.89^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.9 Penerapan Sistem Ventilasi Silang

Ventilasi silang dapat diterapkan dengan membuat bukaan pada kedua sisi bangunan yang berhadapan yaitu pada sisi depan dan belakang dengan mempertimbangkan arah angin yang bertiup di daerah GOR. Bukaan berupa lubang ventilasi yang dapat diletakkan pada area dinding arena, tribun maupun area atap bangunan GOR. Penerapan ventilasi silang ini agar sirkulasi udara dapat berjalan terus menerus sehingga dapat memenuhi kebutuhan udara di dalam ruangan GOR. Dimana ventilasi silang memiliki sistem kerja dengan adanya perbedaan tekanan yaitu daerah yang memiliki tekanan lebih tinggi bergerak menuju ke daerah yang memiliki tekanan yang lebih rendah.



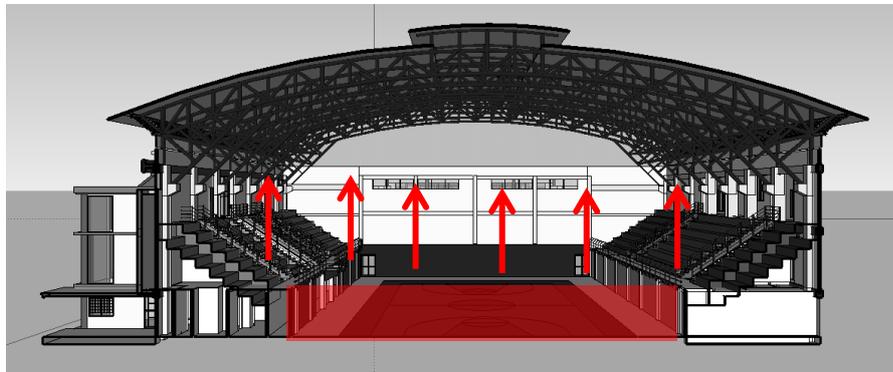
Gambar 4.40 Penerapan Sistem Ventilasi Silang Pada GOR  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Penerapan ventilasi silang harus disesuaikan dengan SNI dimana ukuran luas ventilasi silang adalah minimal 10% dari keseluruhan luas ruangan yang akan dialiri udara.

Luas ruangan yang dialiri udara adalah 1785 m<sup>2</sup>

Luas ventilasi minimal adalah 10% x luas lantai = 10% x 1785 m<sup>2</sup> = 178,5 m<sup>2</sup>

Agar mencapai sistem ventilasi silang perlu menambahkan bukaan yang dapat memasukkan udara dari sisi bangunan. Terutama pada sisi depan dan belakang bangunan, dimana kedua sisi tersebut merupakan sisi yang menghadap ke arah datangnya angin paling dominan pada tapak. Sehingga angin dapat dengan mudah ditangkap oleh bukaan tersebut dan dialirkan ke dalam bangunan.



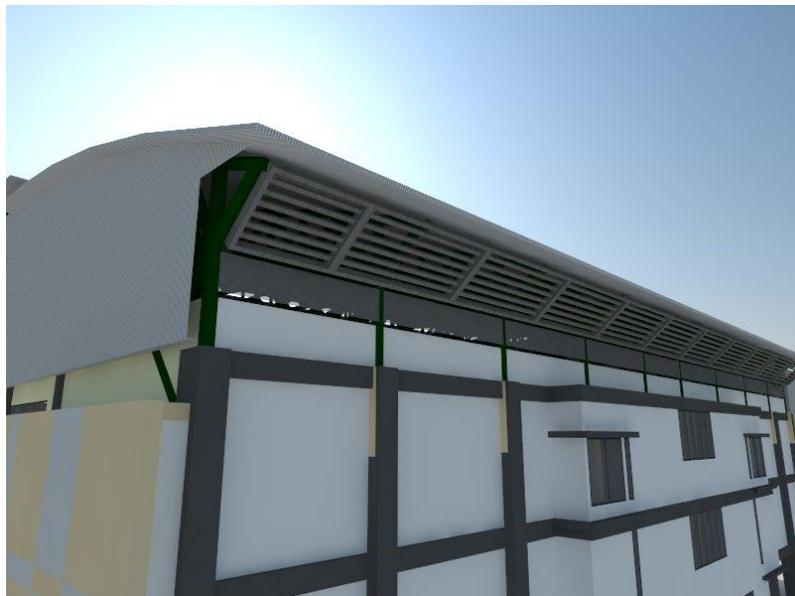
Gambar 4.41 Pergerakan Udara Panas  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pergerakan udara cenderung bergerak ke atas karena berdasarkan sifat udara dimana apabila udara dipanaskan maka udara akan memuai dan mengakibatkan udara bergerak naik. Sehingga tekanan udara turun karena udara di bawah berkurang. Kemudian udara dingin di sekitarnya mengalir ke tempat yang bertekanan rendah tersebut.



Gambar 4.42 Pergerakan Udara Dingin  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Udara dingin di sekitarnya dapat dimasukkan melalui bukaan pada sisi bangunan. Udara tersebut sebelum memasuki bangunan, telah melewati vegetasi yang berjarak 20 meter dari bangunan, vegetasi tersebut dapat menurunkan suhu udara sebelum memasuki bangunan, sehingga bangunan GOR dapat memasukkan udara bersih sebagai penghawaan alaminya. Bukaan yang berada di sisi depan dan belakang bangunan GOR dengan bukaan yang harus diatas ketinggian 2 meter. Karena apabila menambahkan bukaan di bawah 2 meter akan menyilaukan pemain saat sedang beraktivitas. Sehingga bukaan sebaiknya di tambahkan pada area tribun atau di atas tribun agar pemain dapat melakukan aktivitasnya dengan maksimal tanpa ada kendala pencahayaan yang menyilaukan pemain karena bukaan yang ada.



Gambar 4.43 Bukaan Pada Eksisting Bangunan  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Saat ini bukaan yang dapat mengalirkan udara dingin hanya berasal dari ventilasi di bawah atap saja, sehingga memerlukan bukaan tambahan pada sisi depan dan belakang bangunan agar udara dingin yang mengalir dapat menjangkau area bawah terutama pada lapangan GOR. Berikut adalah beberapa bukaan yang perlu di tambahkan agar dapat mencapai penghawaan alami melalui sistem ventilasi silang (*cross ventilation*) antara lain :

#### 4.10 Menambahkan bukaan atap

Perlunya menambahkan bukaan atap yang akan difungsikan sebagai bukaan untuk jalan keluarnya angin yang berada di dalam bangunan GOR.



Gambar 4.44 Bukaan Atap Sebagai Outlet Pada Bangunan  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

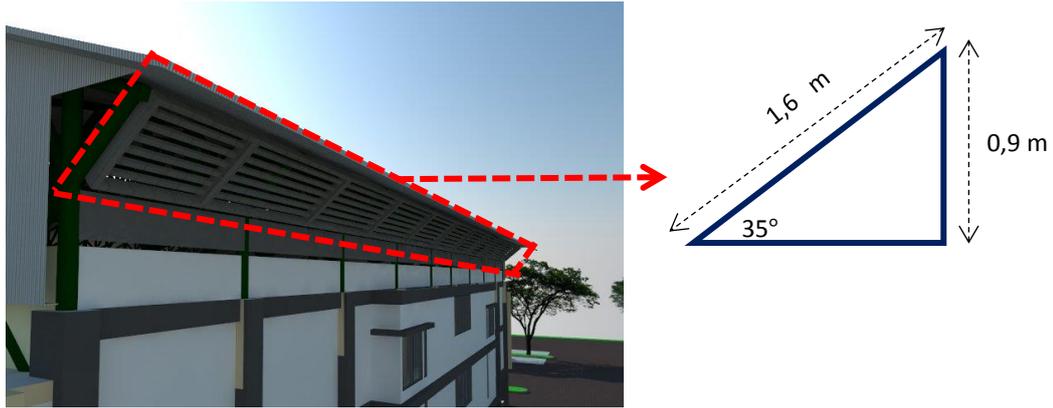
Bukaan atap lebih berperan sebagai *outlet* bangunan. Dimana udara panas yang naik tadi dapat dikeluarkan melalui bukaan atap tersebut. Pada bagian outlet yang berada di atap GOR memiliki bukaan berupa bukaan *jalousie*. Karena bukaan ini lebih efektif untuk mengeluarkan panas di dalam bangunan GOR. Bukaan *jalousie* tersebut memiliki ukuran 1,2 meter dan membentang sepanjang 42 meter. Bukaan atap tersebut dapat mengeluarkan panas di dalam bangunan melalui 2 sisi.



Gambar 4.45 Bukaan Atap  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

##### 4.10.1 Kinerja Bukaan Dibawah Atap pada Bangunan Eksisting

Bukaan *inlet* pada eksisting tersebut memiliki kemiringan  $35^\circ$  sehingga aliran angin pun akan berkurang, tidak sebanding dengan luas bukaan yang menghadap tegak lurus dengan arah angin.



Gambar 4.46 Kemiringan Pada Bukaannya Dibawah Atap (*inlet*)  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Bukaan tersebut kurang maksimal untuk memasukkan udara untuk dialirkan ke dalam bangunan karena bukaan terlalu tinggi sehingga aliran angin sulit menjangkau area lapangan dan area tribun penonton sehingga lebih baik menambahkan bukaan lagi dengan bukaan inlet yang peletakkannya berada di area tempat duduk tribun.

Berdasarkan SNI 03-6572-2001 untuk bangunan umum luas ventilasi minimal 10% dari luas lantai dari ruangan yang akan diventilasi, sehingga luas ventilasi minimal adalah  $10\% \times \text{luas lantai} = 10\% \times 1785 \text{ m}^2 = 178,5 \text{ m}^2$

Laju aliran udara yang dapat dimasukkan melalui bukaan inlet pada bukaan di bawah atap ini adalah sebagai berikut

$$Q = CV.A.V$$

$$Q = 0,25 \cdot 1,642 \cdot 1$$

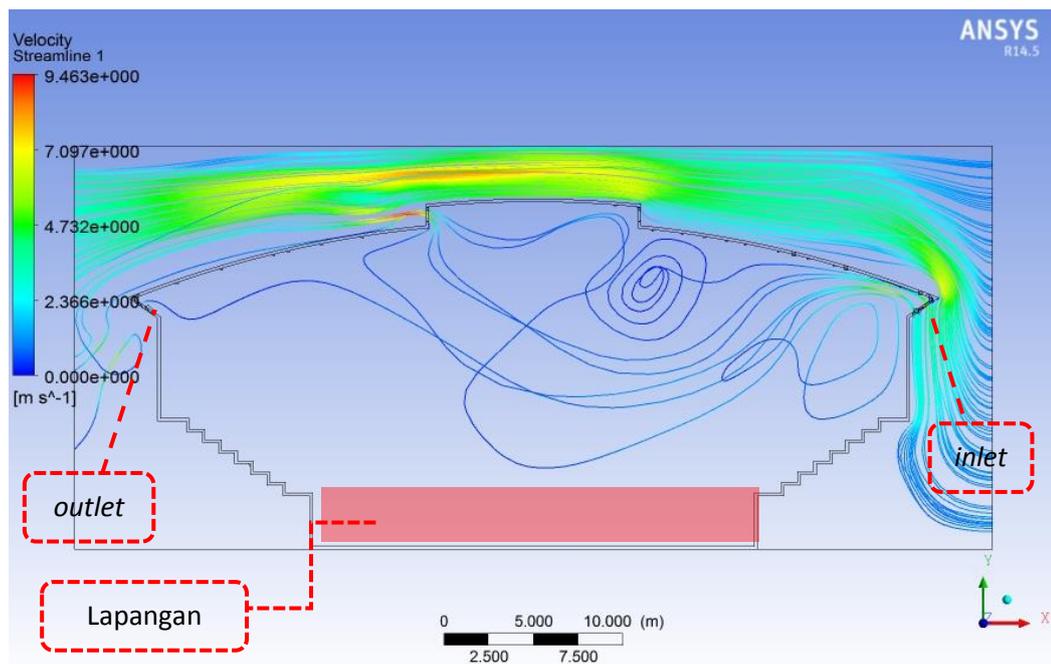
$$Q = 0,25 \cdot 67,2 \cdot 1$$

$$Q = 16,8 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Laju aliran angin yang diperoleh adalah  $16,8 \text{ m}^3$  setiap detik nya oleh salah satu sisi bukaan yang berada di bawah atap.

#### 4.10.2 Simulasi Dengan Menambahkan Bukaan Atap

Simulasi pertama dilakukan dengan menambahkan bukaan atap sebagai outlet. Hal ini dikarenakan untuk mencapai sistem ventilasi silang maka perlu ditambahkan bukaan atap yang berfungsi sebagai keluarnya udara (*outlet*). Pada simulasi berikut merupakan hasil simulasi apabila angin berasal dari arah utara.



Gambar 4.47 Simulasi Penambahan Buka-an Atap Dengan Angin Berasal Dari Arah Utara  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

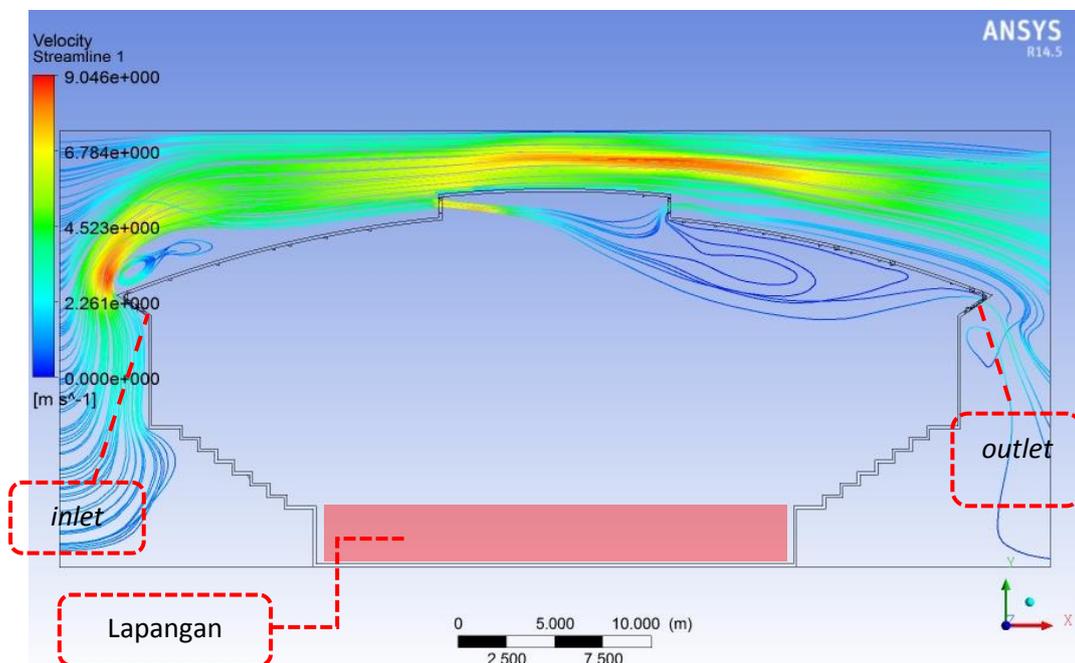
Dapat dilihat dari hasil simulasi diatas bahwa aliran udara yang terjadi adalah ventilasi silang dimana aliran udara yang melewati bukaan di bawah atap dapat masuk dan mengalirkan udara. Aliran udara tersebut masuk melalui salah satu sisi saja yaitu di sisi depan bangunan GOR (sisi kanan pada gambar 4.48), kemudian keluar melalui bukaan dibawah atap (bukaan eksisting) dan bukaan atap yang ditambahkan. Aliran angin sempat untuk turun setelah melalui bukaan *inlet* dan dialirkan ke area tribun pada sisi tersebut, namun tidak sampai mengenai area lapangan. Kemudian angin tersebut di keluarkan melalui bukaan atap (*outlet*) dan beberapa dikeluarkan meluluin bukaan pada sisi satunya. Dari hasil simulasi tersebut, penambahan bukaan atap sebagai *outlet* sudah dapat dicapai. Pada saat angin melewati inlet, angin memiliki kecepatan antara 1,32 m/s dan setelah di alirkan ke dalam bangunan kecepatan angin menurun hingga akhirnya keluar melalui outlet.

Pada area lapangan tidak terlewati aliran angin sama sekali, karena saat di simulasikan pada ketinggian 1 meter di atas lantai, rata-rata titik pada ketinggian tersebut memiliki kecepatan aliran angin 0 m/s hingga 0,1 m/s. Pada area tribun paling bawah dengan ketinggian 4 meter pada bagian belakang (sisi kiri pada

gambar 4.48) dan pada tribun bagian depan (sisi kanan pada gambar 4.48) tidak dilewati angin. Pada hasil simulasi menyatakan bahwa area tersebut memiliki kecepatan aliran angin 0 m/s. Namun pada ketinggian 4 meter tersebut pada area lapangan terkena aliran angin dengan kecepatan 0,18 m/s. Selanjutnya pada area tribun paling atas dengan ketinggian 8 meter, pada bagian depan (sisi kanan pada gambar 4.48) dilewati aliran udara dengan kecepatan aliran angin antara 0,37 m/s, karena area ini dekat dengan *inlet*, sedangkan pada tribun bagian belakang (sisi kiri pada gambar 4.48) yang dekat dengan *outlet* tidak dilewati angin dan memiliki kecepatan aliran angin 0 m/s.

Simulasi suhu pada bangunan eksisting diukur dari beberapa ketinggian dari lantai. Untuk ketinggian 1 meter, 4 meter dan 8 meter di atas lantai memiliki suhu ruangan yang relatif sama, yaitu 32.09°.

Simulasi yang kedua merupakan sebaliknya dari simulasi pertama yaitu dengan meletakkan *inlet* pada sisi belakang bangunan yang menghadap ke arah selatan, sedangkan *outlet* berada di depan bangunan yang menghadap ke arah utara. Berikut adalah gambar hasil simulasi aliran udara dengan angin yang berasal dari arah utara yang memasuki bangunan GOR.



Gambar 4.48 Simulasi Penambahan Buka-an Atap Dengan Angin Berasal Dari Arah Selatan

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Dapat dilihat dari hasil simulasi diatas bahwa angin tidak dapat melewati bukaan di bawah atap, melainkan melewati bukaan atap. Namun tetap terjadi ventilasi silang dimana aliran udara masuk mealui bukaan atap yang berada di sisi kiri gambar 4.49 dan keluar melalui bukaan pada sisi yang berada di hadapannya. Sehingga bukaan atap pada sisi yang menghadap kearah selatan yang seharusnya jadi *outlet*, pada simulasi tersebut malah jadi *inlet*, hal ini dikarenakan bukaan pada *inlet* di bawah atap belum bekerja sebagai inlet, sehingga angin masuk dari bukaan atas atap.

Aliran angin sempat untuk turun sedikit setelah melalui bukaan *inlet* namun langsung mengalir keluar melalui bukaan atap bagian atas pada sisi satunya dan bukaan yang berada di bawah atap pada bagian depan bangunan ( sisi kanan pada gambar 4.49). Pada saat angin melewati inlet, angin memiliki kecepatan antara 3,41 m/s dan setelah di alirkan ke dalam bangunan kecepatan angin menurun hingga akhirnya keluar melalui outlet dengan kecepatan yang naik lagi hingga 1,92 m/s.

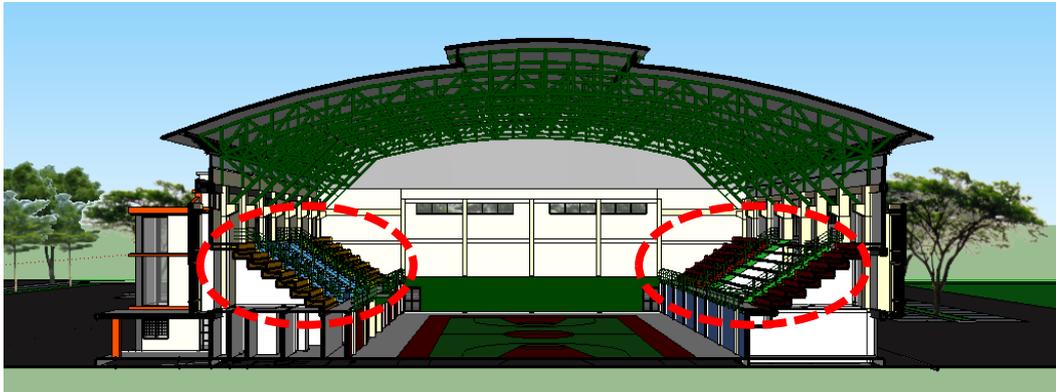
Pada area lapangan tidak terlewati aliran angin sama sekali, karena saat di simulasikan pada ketinggian 1 meter di atas lantai, rata-rata titik pada ketinggian tersebut memiliki kecepatan aliran angin 0 m/s. Pada area tribun paling bawah dengan ketinggian 4 meter pada bagian belakang (sisi kanan) dan pada tribun bagian depan (sisi kiri) tidak dilewati angin. Selanjutnya pada area tribun paling atas dengan ketinggian 8 meter, pada bagian depan (sisi kanan pada gambar 4.49) dilewati aliran udara dengan kecepatan aliran angin antara 0,22 m/s, karena area ini dekat dengan *outlet*, sedangkan pada tribun bagian belakang (sisi kiri pada gambar 4.49) yang dekat dengan *inlet* tidak dilewati angin dan miliki kecepatan aliran angin 0 m/s, karena angin tidak melainkan melalui bukaan dari atap bangunan GOR tersebut.

Simulasi suhu pada bangunan eksisting diukur dari beberapa ketinggian dari lantai. Untuk ketinggian 1 meter, 4 meter dan 8 meter dari atas lantai memiliki suhu ruangan yang relatif sama, suhu ruangan tersebut yaitu 32.07°C.

#### **4.11 Menambahkan Bukaan pada Area Tribun**

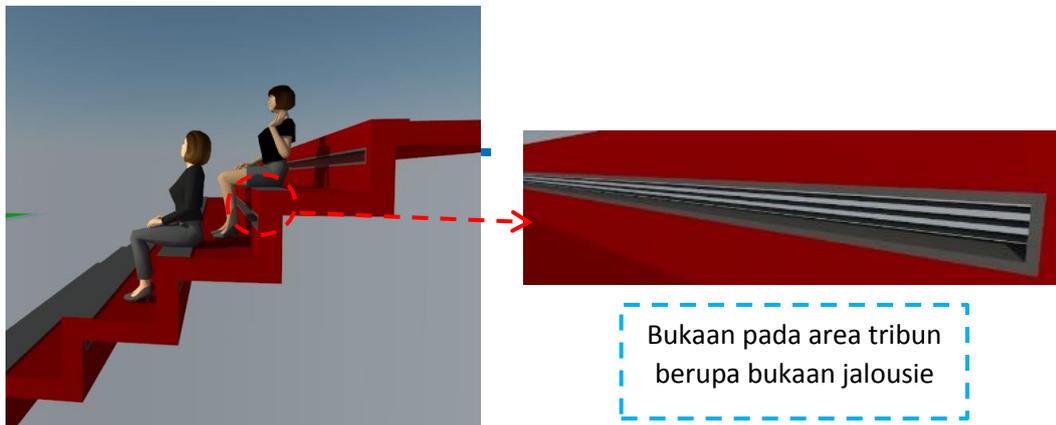
Bukaan pada eksisting yang sesuai dengan keadaan di dalam bangunan saat ini masih belum dapat mencukupi kebutuhan penghawaan di dalam bangunan GOR sehingga memerlukan bukaan tambahan. Salah satu penambahan bukaan adalah

bukaan pada area tribun penonton. Penambahan bukaan pada area tribun digambarkan sebagai berikut



Gambar 4.49 Letak Bukaan Pada Tribun  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Penambahan bukaan pada tribun agar aliran angin dapat merata untuk dialirkan ke penonton di tribun dan lapangan. Penambahan bukaan pada area ini tidak dibuat terlalu lebar agar angin yang masuk dapat diterima oleh penonton yang duduk di area tribun tersebut karena aliran angin tersebut mengenai sisi belakang penonton.

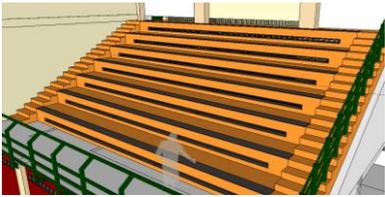
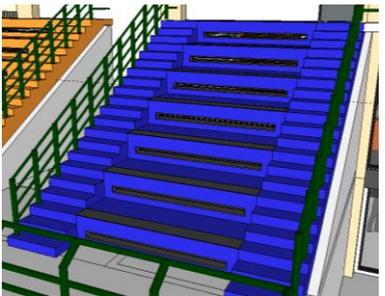


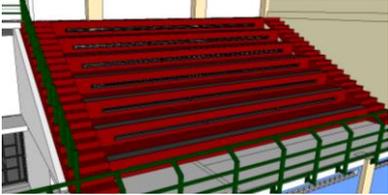
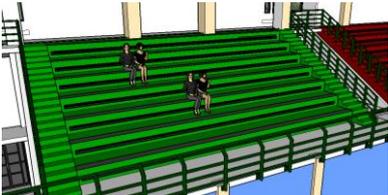
Gambar 4.50 Bukaan Pada Tribun  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Dengan mempertimbangkan dari standart SNI 03-6572-2001 dimana arah hadap ventilasi alami sebaiknya ke area terbuka. Dapat dilihat dari diatas, area bukaan pada dinding yang akan difungsikan sebagai inlet menghadap ke area

terbuka. Laju aliran udara yang dapat dimasukkan melalui bukaan pada bukaan tribun ini adalah sebagai berikut

Tabel 4.13 Laju Aliran Udara Pada Bukaan Tribun

Lokasi Bukaan	Jenis Bukaan	Laju Aliran Udara
<p>Apabila inlet melalui sisi yang menghadap ke utara</p>		<p> <math>Q = CV.A.V</math>  <math>Q = 0,5 \cdot 0,14,9 \cdot 3,6</math>  <math>Q = 0,5 \cdot 1,26 \cdot 1</math>  <math>Q = 0,63 \text{ m}^3/\text{dtk}</math> </p> <p>Pada setiap unit bukaan di area tempat duduk memiliki kecepatan aliran udara <math>0,63 \text{ m}^3/\text{dtk}</math>. Terdapat 2 tribun yang memiliki jenis bukaan seperti ini dan berada pada sisi yang menghadap ke utara, sehingga diperoleh laju aliran udara total adalah</p> <p> <math>Q \text{ total} = 0,63 \cdot 7</math>  <math>Q \text{ total} = 4,41 \cdot 2</math>  <b><math>Q \text{ total} = 8,82 \text{ m}^3/\text{dtk}</math>.</b> </p>
		<p> <math>Q = CV.A.V</math>  <math>Q = 0,5 \cdot 0,14 \cdot 2,5 \cdot 1</math>  <math>Q = 0,5 \cdot 0,35 \cdot 1</math>  <math>Q = 0,175 \text{ m}^3/\text{dtk}</math> </p> <p>Pada setiap unit bukaan di area tempat duduk memiliki kecepatan aliran udara <math>0,175 \text{ m}^3/\text{dtk}</math>. Terdapat 2 tribun yang memiliki jenis bukaan seperti ini dan berada pada sisi yang menghadap ke utara, sehingga diperoleh laju aliran udara total adalah</p> <p> <math>Q \text{ total} = 0,175 \cdot 7</math>  <math>Q \text{ total} = 1,225 \cdot 2</math>  <b><math>Q \text{ total} = 2,4 \text{ m}^3/\text{dtk}</math>.</b> </p>

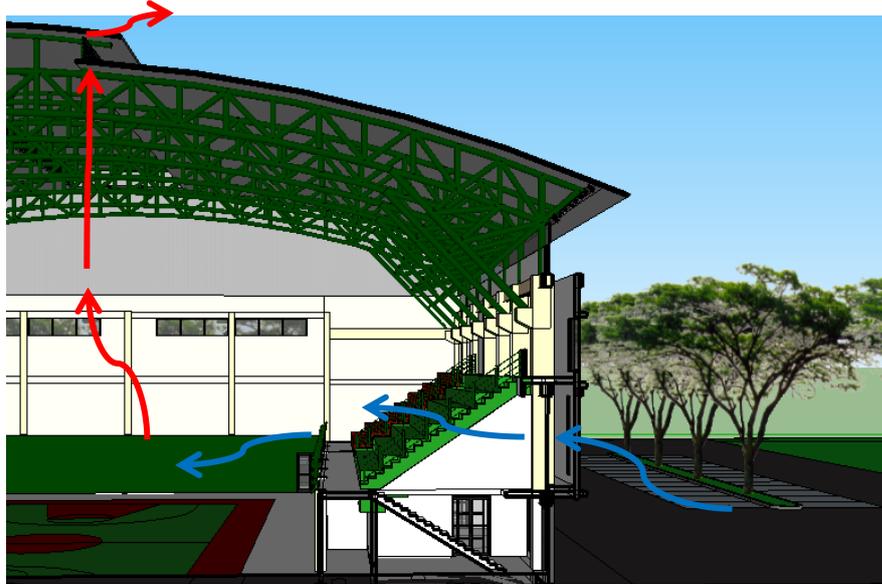
<b>Q total</b>		<b>11,27 m<sup>3</sup>/dtk.</b>
Apabila inlet melalui sisi yang menghadap ke selatan		$Q = CV.A.V$ $Q = 0,5 \cdot 0,14.9 \cdot 1$ $Q = 0,5 \cdot 1,26 \cdot 1$ $Q = 0,63 \text{ m}^3/\text{dtk}$ Pada setiap unit bukaan di area tempat duduk memiliki kecepatan aliran udara 0,63 m <sup>3</sup> /dtk. Terdapat 2 tribun yang memiliki jenis bukaan seperti ini dan berada pada sisi yang menghadap ke selatan, sehingga diperoleh laju aliran udara total adalah $Q \text{ total} = 0,63 \cdot 7$ $Q \text{ total} = 4,41 \cdot 2$ <b><math>Q \text{ total} = 8,82 \text{ m}^3/\text{dtk.}</math></b>
		$Q = CV.A.V$ $Q = 0,5 \cdot 0,14.11,5 \cdot 1$ $Q = 0,5 \cdot 1,61 \cdot 1$ $Q = 0,805 \text{ m}^3/\text{dtk}$ Pada setiap unit bukaan di area tempat duduk memiliki kecepatan aliran udara 0,805 m <sup>3</sup> /dtk. Terdapatsebuah tribun yang memiliki jenis bukaan seperti ini dan berada pada sisi yang menghadap ke selatan, sehingga diperoleh laju aliran udara total adalah $Q \text{ total} = 0,805 \cdot 7$ <b><math>Q \text{ total} = 5,635 \text{ m}^3/\text{dtk.}</math></b>
<b>Q total</b>		<b>14,445 m<sup>3</sup>/dtk.</b>

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan tabel tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa

- Apabila inlet melalui sisi menghadap ke utara maka laju udara yang masuk melalui bukaan tribun adalah **11,27 m<sup>3</sup>/dtk.**

- Apabila inlet melalui sisi menghadap ke utara maka laju udara yang masuk melalui bukaan tribun adalah **14,445 m<sup>3</sup>/dtk**.  
Angka tersebut sudah mencapai standart kebutuhan volume pergantian udara minimum sebesar **10 - 15 m<sup>3</sup>/dtk**.  
Udara yang masuk tersebut kemudian dialirkan ke area dalam bangunan dengan pergerakan angin seperti gambar dibawah ini

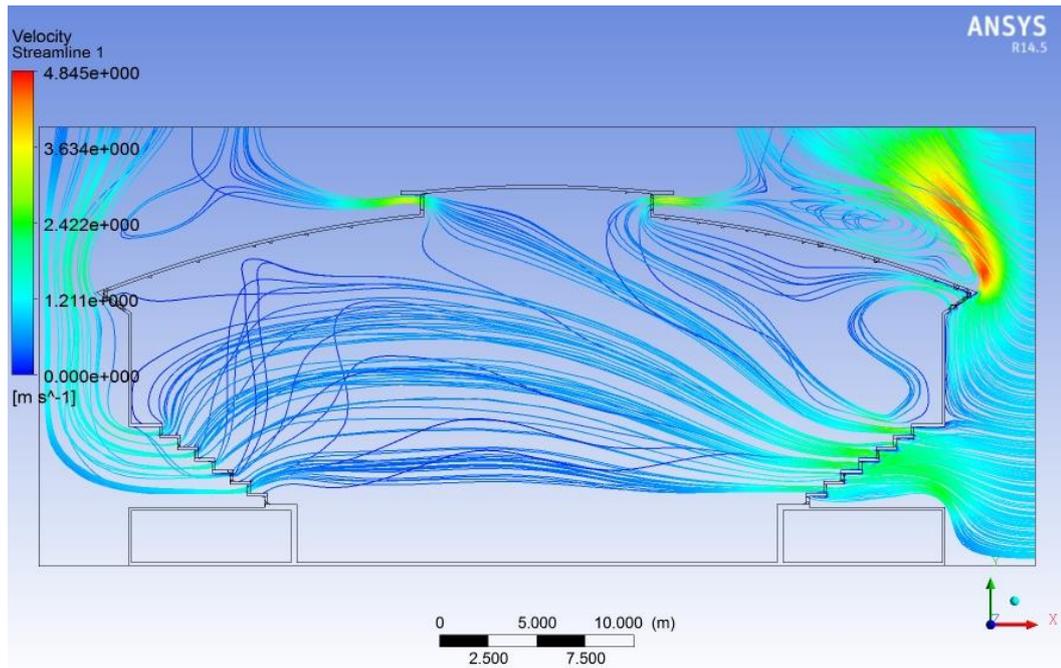


Gambar 4.51 Pergerakan Angin Saat Masuk Ke Dalam Bangunan Hingga Keluar Melalui Bukaan Atap  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Udara yang turun ke area bawah tersebut kemudian menjadi panas dan naik lagi. Aliran konveksi inilah yang terjadi dimana udara panas naik dan udara dingin turun. Namun pergerakan angin hanya akan maksimal pada area tribun saja sehingga masih memerlukan bukaan tambahan untuk memenuhi penghawaan alami yang dapat menjangkau area lapangan.

#### 4.11.1 Simulasi Dengan Menambahkan Bukaan Pada Tribun

Simulasi yang kedua dilakukan dengan menambahkan bukaan pada tribun sebagai tambahan inlet. Simulasi dilakukan dengan beberapa alternatif berdasarkan arah angin yang paling dominan yaitu dari arah utara, selatan dan dari arah keduanya. Kemudian mengukur kecepatan angin berdasarkan ketinggian lantai, karena area untuk Berikut adalah hasil simulasi yang pertama



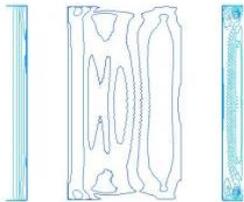
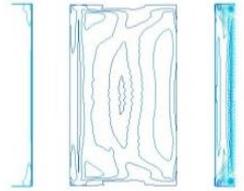
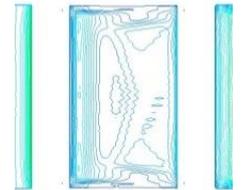
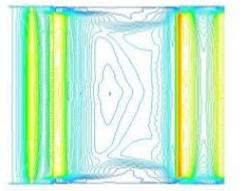
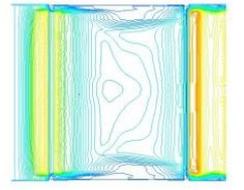
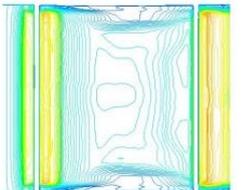
Gambar 4.52 Simulasi Penambahan Bukaan Pada Tribun Dengan Angin Berasal Dari Arah Utara

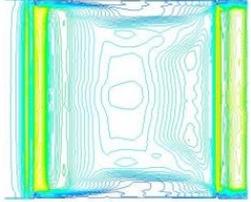
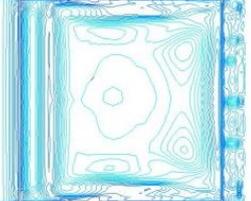
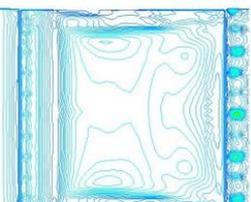
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Simulasi pertama dilakukan apabila angin berasal dari arah utara dan keluar melalui bukaan selatan. Namun pada area lapangan masih belum terlewati aliran udara. Udara yang masuk dialirkan ke area tribun menuju ke atas dan menuju ke area tribun yang berada diseborang. Sehingga terjadi pergerakan ventilasi silang pada bagian tribun dimana aliran udara masuk melalui bukaan tribun di sisi utara dan keluar melalui bukaan tribun di sisi selatan pada bangunan, sedangkan *stack effect* juga terjadi pada bagian atap, dimana bagian atap ini dapat mengeluarkan udara panas.

Dari hasil simulasi tersebut dapat diukur kecepatan aliran udara berdasarkan ketinggian dari lantai. Berikut adalah tabel kecepatan aliran angin yang terjadi berdasarkan ketinggian lantai

Tabel 4.14 Kecepatan Aliran Udara Apabila Menambahkan Bukaannya Pada Tribun Angin Berasal Dari Arah Utara

<b>Ketinggian Dari Lantai Dasar</b>	<b>Kecepatan Aliran Udara</b>	<b>Gambar Aliran Udara</b>
<b>1 m</b> (area lapangan)	<b>0,07 m/s</b> (tidak dapat dirasakan)	
<b>2 m</b>	<b>0,07 m/s</b>	
<b>3 m</b>	<b>0,37 m/s</b>	
<b>4 m</b> (area tribun)	<b>0,48 m/s</b> (Paling nyaman)	
<b>5 m</b> (area tribun)	<b>0,59 m/s</b> (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	
<b>6 m</b> (area tribun)	<b>0,77 m/s</b> (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	

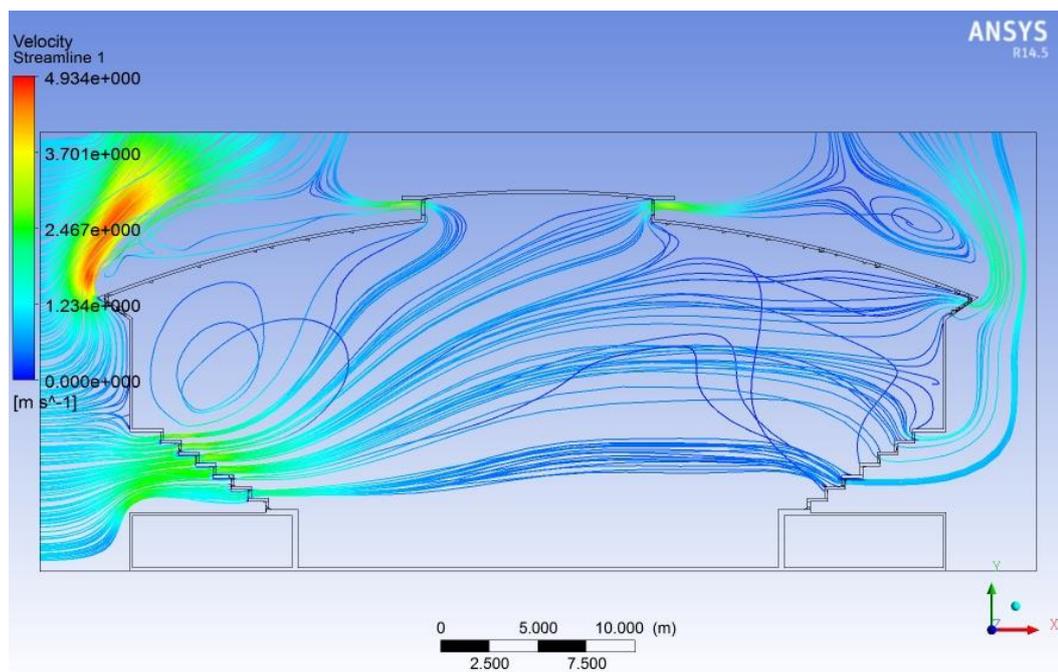
<b>7 m</b> (area tribun)	<b>0, 81 m/s</b> (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	
<b>8 m</b> (area tribun)	<b>0, 66 m/s</b> (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	
<b>9 m</b>	<b>0, 55 m/s</b>	
<b>10 m</b>	<b>0,51 m/s</b>	
<b>11 m</b>	<b>0,51 m/s</b>	
<b>12 m</b>	<b>0, 48 m/s</b>	

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Untuk para pemain yang berada di area lapangan dapat diketahui kecepatan aliran udara yang dapat diterima oleh mereka adalah pada ketinggian 1 meter yaitu 0,07 m/s. Kecepatan tersebut masih belum dapat dirasakan oleh manusia.

Sedangkan para penonton yang berada di area tribun dapat merasakan aliran udara pada ketinggian 4 meter hingga 8 meter. Penonton yang berada pada tribun bagian paling bawah dapat merasakan kecepatan aliran angin sebesar 0,48 m/s sedangkan penonton yang berada pada tribun bagian paling atas dapat merasakan kecepatan aliran angin sebesar 0,66 m/s. Pengaruh kecepatan aliran angin yang dapat dirasakan penonton pada area tribun antara lain kecepatan aliran angin sebesar 0,48 m/s sudah mencapai tingkat kecepatan aliran angin paling nyaman yang dapat dirasakan oleh tubuh manusia sedangkan kecepatan aliran angin sebesar 0,66 m/s juga mencapai tingkat kecepatan angin yang masih nyaman dengan gerakan udara yang dapat dirasakan.

Simulasi yang kedua dilakukan apabila angin berasal dari arah selatan dan keluar melalui bukaan atas. Berikut adalah hasil simulasi yang kedua:



Gambar 4.53 Simulasi Penambahan Bukaan Pada Tribun Dengan Angin Berasal Dari Arah Selatan

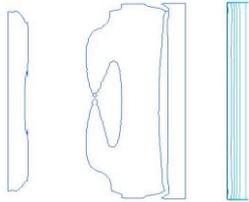
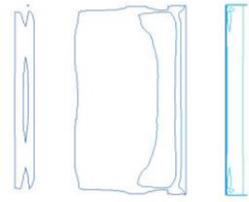
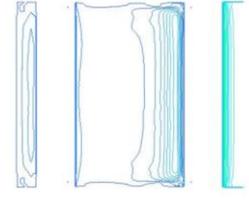
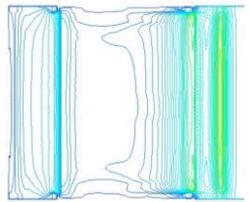
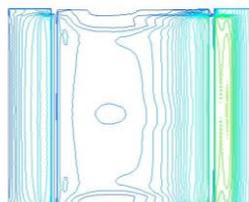
Sumber : Dokumentasi Pribadi

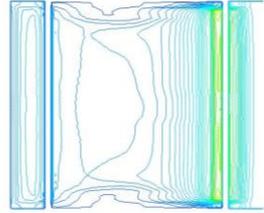
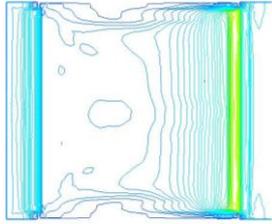
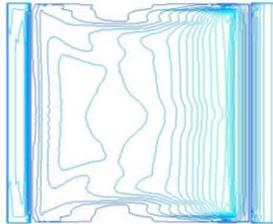
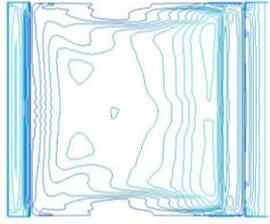
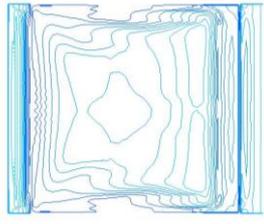
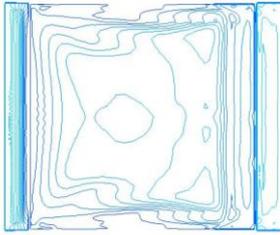
Angin yang berasal dari arah selatan masuk melalui bukaan yang berada pada tribun, kemudian bergerak ke arah atas dan ke arah tribun yang berada di sebelah utara yang berseberangan dengan area masuknya hingga akhirnya keluar melalui bukaan tersebut. Sehingga terjadi pergerakan ventilasi silang pada bagian tribun

dimana aliran udara masuk melalui bukaan tribun di sisi selatan dan keluar melalui bukaan tribun di sisi utara pada bangunan.

Dari hasil simulasi tersebut dapat diukur kecepatan aliran udara berdasarkan ketinggian dari lantai. Berikut adalah tabel kecepatan aliran angin yang terjadi berdasarkan ketinggian lantai

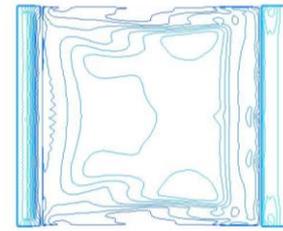
Tabel 4.15 Kecepatan Aliran Udara Apabila Menambahkan Bukaan Pada Tribun Dengan Angin Berasal Dari Arah Selatan

<b>Ketinggian Dari Lantai</b>	<b>Kecepatan Aliran Angin</b>	<b>Gambar Aliran Udara</b>
<b>Dasar</b> <b>1 m</b> (area lapangan)	<b>0,03 m/s</b> (tidak dapat dirasakan)	
<b>2 m</b>	<b>0,07 m/s</b>	
<b>3 m</b>	<b>0,19 m/s</b>	
<b>4 m</b> (area tribun)	<b>0,23 m/s</b> (tidak dapat dirasakan)	
<b>5 m</b> (area tribun)	<b>0,35 m/s</b> (Paling nyaman)	

<b>6 m</b> (area tribun)	<b>0,51 m/s</b> (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	
<b>7 m</b> (area tribun)	<b>0,71 m/s</b> (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	
<b>8 m</b> (area tribun)	<b>0,59 m/s</b> (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	
<b>9 m</b>	<b>0,35 m/s</b>	
<b>10 m</b>	<b>0,31 m/s</b>	
<b>11 m</b>	<b>0,27 m/s</b>	

12 m

0,23 m/s

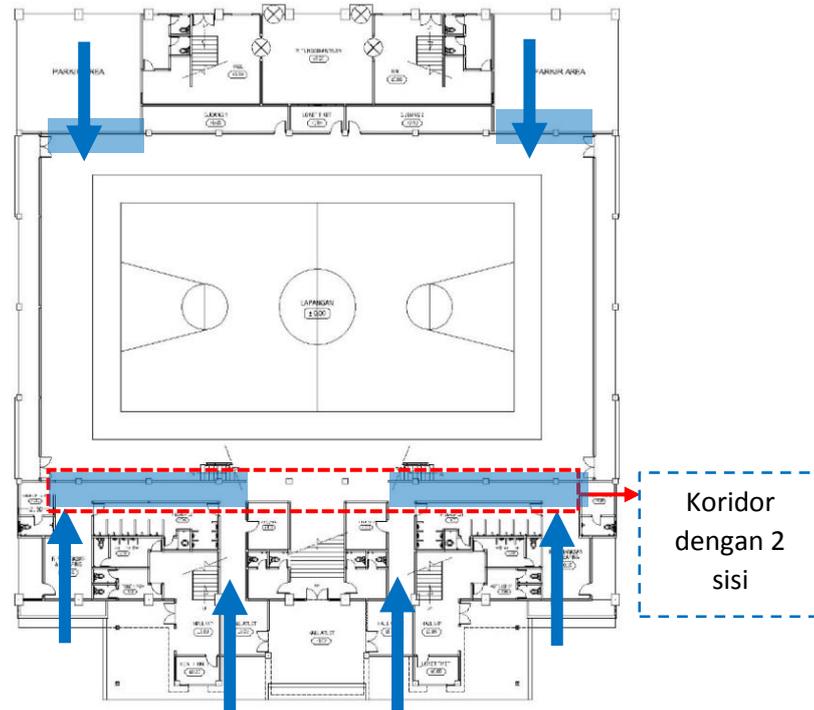


Sumber : Dokumentasi Pribadi

Untuk para pemain yang berada di area lapangan dapat diketahui kecepatan aliran udara yang dapat diterima oleh mereka adalah pada ketinggian 1 meter yaitu 0,03 m/s. Kecepatan tersebut sudah dapat dirasakan oleh manusia. Sedangkan para penonton yang berada di area tribun dapat merasakan aliran udara pada ketinggian 4 meter hingga 8 meter. Penonton yang berada pada tribun bagian paling bawah dapat merasakan kecepatan aliran angin sebesar 0,23 m/s sedangkan penonton yang berada pada tribun bagian paling atas dapat merasakan kecepatan aliran angin sebesar 0,59 m/s. Pengaruh kecepatan aliran angin yang dapat dirasakan penonton pada area tribun antara lain kecepatan aliran angin sebesar 0,23 m/s sudah mencapai tingkat kecepatan aliran angin paling nyaman yang dapat dirasakan oleh tubuh manusia sedangkan kecepatan aliran angin sebesar 0,59 m/s juga mencapai tingkat kecepatan angin maksimal yang dapat diterima oleh tubuh manusia.

#### 4.12 Menambahkan Bukaannya pada Dinding Arena

Menambahkan bukaan pada dinding arena untuk memasukkan udara agar dapat menjangkau area lapangan. Namun sesuai dengan standart SNI 03-3647-1994 dimana bukaan-bukaan pada dinding harus diatas 2 meter dari permukaan lantai. Pada bangunan eksisting, dinding arena memiliki ketinggian 3 meter. Sehingga masih bisa ditambahkan bukaan yang menyesuaikan dengan standart ketinggian bukaan dari permukaan lantai.



Gambar 4.54 Peletakkan posisi bukaan pada dinding arena  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Keterangan :

■ Peletakkan bukaan pada dinding arena

Bukaan akan ditambahkan pada dinding arena dari 2 sisi yaitu sisi utara dan selatan. Pada sisi selatan diletakkan pada sisi yang berhadapan langsung dengan lingkungan diluar ruangan, sedangkan bukaan pada sisi utara diletakkan pada sisi yang bersebelahan dengan area koridor dari ruang atlet. Jenis bukaan yang digunakan berupa bukaan roaster agar dapat memaksimalkan aliran udara yang masuk ke dalam bangunan.

Bukaan roaster pada bagian sisi utara bangunan bersebelahan dengan ruangan berupa koridor sehingga aliran udara sebelum melewati roaster untuk dialirkan ke area lapangan harus melewati koridor terlebih dahulu. Aliran udara pada koridor dapat dialirkan melalui Ruang hall atlet dan Ruang pemanasan dan briefing.





Gambar 4.56 Bukaannya Jalusi pada Ruang Hall Atlet  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Laju aliran udara yang dapat dimasukkan melalui bukaan jalusi yang terdapat di ruang hall atlet ini adalah sebagai berikut

$$Q = CV.A.V$$

$$Q = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 2,5 \cdot 1$$

$$Q = 0,5 \cdot 3,75 \cdot 1$$

$$Q = 1,875 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Laju aliran angin yang diperoleh adalah 0,9375 m<sup>3</sup> setiap detik nya oleh bukaan jalusi yang terdapat di ruang hall atlet.



Gambar 4.57 Bukaannya Jalusi Pada Ruang Pemanasan dan Briefing  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Laju aliran udara yang dapat dimasukkan melalui bukaan jalousi yang terdapat di ruang pemanasan dan briefing ini adalah sebagai berikut

$$Q = CV.A.V$$

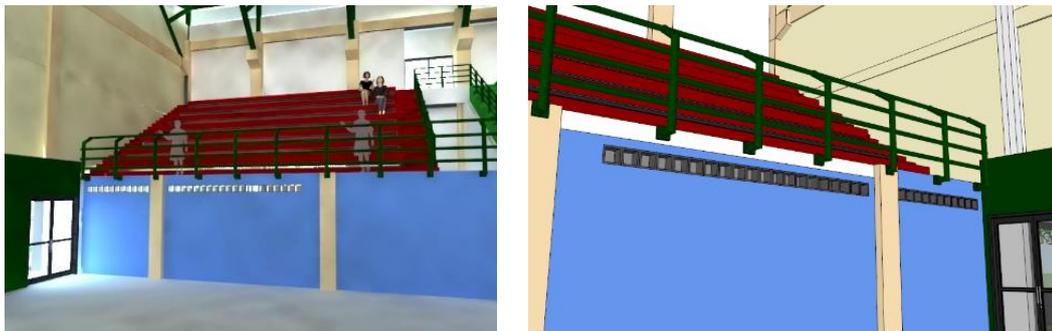
$$Q = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 2,5 \cdot 1$$

$$Q = 0,5 \cdot 3,75 \cdot 1$$

$$Q = 1,875 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Laju aliran angin yang diperoleh adalah  $0,9375 \text{ m}^3$  setiap detik nya oleh bukaan jalousi yang terdapat di ruang pemanasan dan briefing.

Pada dinding arena sisi selatan dan utara dibuat roaster untuk bukaan yang dapat mengalirkan udara ke dalam area lapangan . Roaster dibuat dengan ketinggian 2,5 meter dari permukaan lantai. Bukaan roaster dibuat horizontal karena menyesuaikan standart SNI 03-3647-1994 dimana pada dinding arena harus menghindari adanya elemen-elemen atau garis-garis tidak vertikal dan tidak horizontal karena garis tersebut dapat menyesatkan jarak, lintasan dan kecepatan bola bagi para atlet.



Gambar 4.58 Peletakkan posisi bukaan pada dinding arena sisi selatan  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Laju aliran udara yang dapat dimasukkan melalui bukaan roaster yang terdapat pada sisi selatan adalah sebagai berikut

$$Q = CV.A.V$$

$$Q = 0,5 \cdot (0,16,4 + 0,16,2,2) \cdot 2 \cdot 1$$

$$Q = 0,5 \cdot 1,984 \cdot 1$$

$$Q = 0,992 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Laju aliran angin yang diperoleh adalah  $0,992 \text{ m}^3$  setiap detik nya oleh bukaan roaster yang terdapat pada sisi selatan.



Gambar 4.59 Peletakkan posisi bukaan pada dinding arena sisi utara  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Laju aliran udara yang dapat dimasukkan melalui bukaan roaster yang terdapat pada sisi selatan adalah sebagai berikut

$$Q = CV.A.V$$

$$Q = 0,5 \cdot (0,16.4) + (0,16.2,2) \cdot 2 \cdot 1$$

$$Q = 0,5 \cdot (2,56 + 0,704) \cdot 1$$

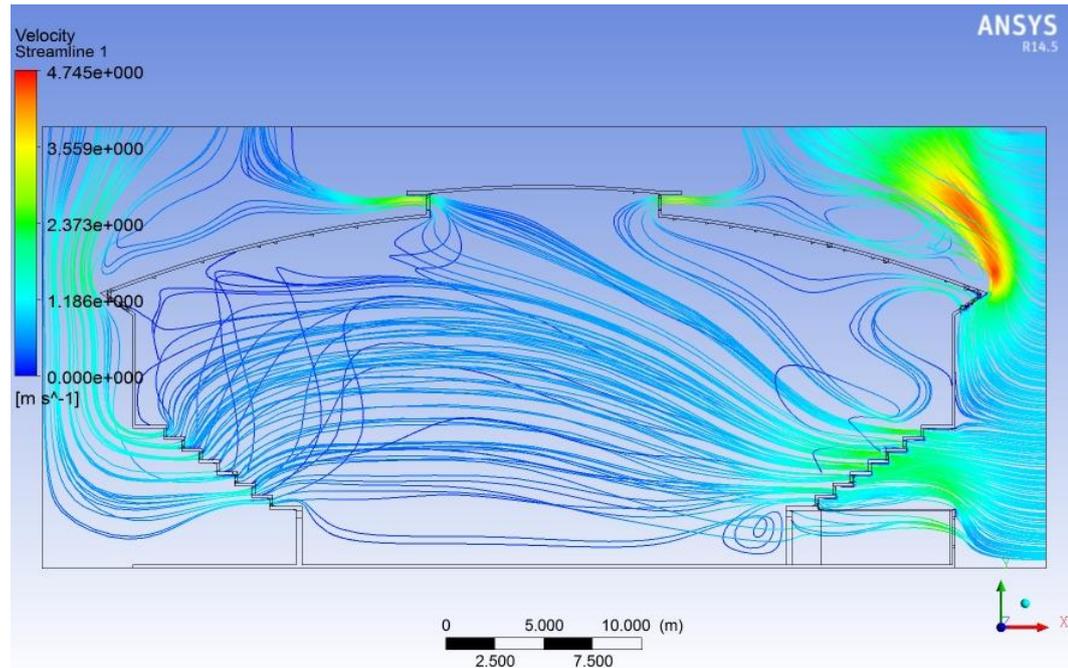
$$Q = 0,5 \cdot 3,264 \cdot 1$$

$$Q = 1,632 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Laju aliran angin yang diperoleh adalah 1,632 m<sup>3</sup> setiap detik nya oleh bukaan roaster yang terdapat pada sisi selatan.

#### 4.12.1 Simulasi Dengan Menambahkan Bukaan Pada Dinding Arena

Simulasi yang ketiga dilakukan dengan menambahkan bukaan pada dinding arena sebagai tambahan inlet untuk memasukkan aliran udara ke area lapangan. Simulasi dilakukan dengan beberapa alternatif berdasarkan arah angin yang paling dominan yaitu dari arah utara, selatan dan dari arah keduanya. Kemudian mengukur kecepatan angin berdasarkan ketinggian lantai, karena area untuk Berikut adalah hasil simulasi yang pertama



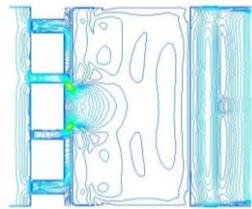
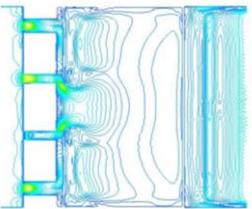
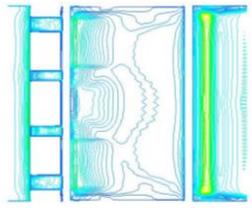
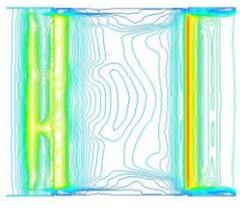
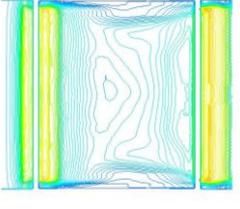
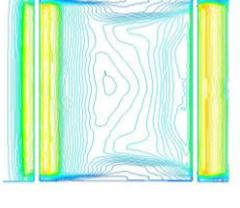
Gambar 4.60 Simulasi Penambahan Bukaannya Pada Dinding Arena Dengan Angin Berasal Dari Arah Utara

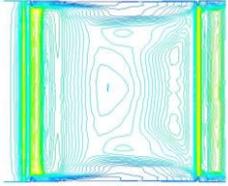
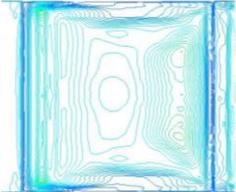
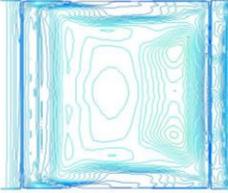
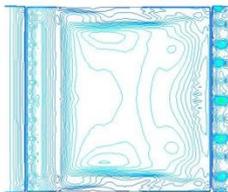
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Angin yang berasal dari arah utara masuk melalui bukaan yang berada pada tribun dan dinding arena, kemudian bergerak ke arah atas dan ke arah tribun yang berada di sebelah selatan yang berseberangan dengan area masuknya hingga akhirnya keluar melalui bukaan tersebut. Sehingga terjadi pergerakan ventilasi silang pada bagian tribun dimana aliran udara masuk melalui bukaan tribun di sisi utara dan keluar melalui bukaan tribun di sisi selatan pada bangunan, sedangkan *stack effect* juga terjadi pada bagian atap, dimana bagian atap ini dapat mengeluarkan udara panas.

Dari hasil simulasi tersebut dapat diukur kecepatan aliran udara berdasarkan ketinggian dari lantai dasar. Berikut adalah tabel kecepatan aliran udara yang terjadi berdasarkan ketinggian lantai

Tabel 4.16 Kecepatan Aliran Udara Apabila Menambahkan Bukaannya Pada Dinding Arena dengan Angin Berasal Dari Arah Utara

Ketinggian Dari Lantai Dasar	Kecepatan Aliran Udara	Gambar Aliran Udara
<b>1 m</b> (area lapangan)	<b>0,34 m/s</b> (Paling nyaman)	
2 m	0,34 m/s	
3 m	0,37 m/s	
<b>4 m</b> (area tribun)	<b>0,56 m/s</b> (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	
<b>5 m</b> (area tribun)	<b>0,60 m/s</b> (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	
<b>6 m</b> (area tribun)	<b>0,90 m/s</b> (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	

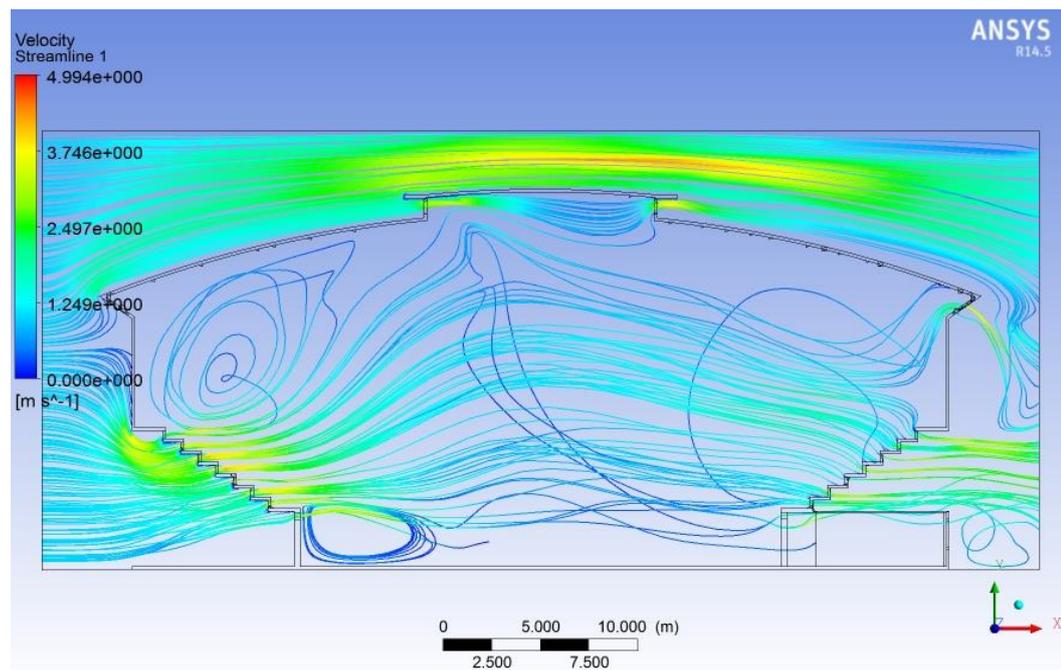
<b>7 m</b> (area tribun)	<b>0,79 m/s</b> (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	
<b>8 m</b> (area tribun)	<b>0,68 m/s</b> (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	
9 m	0,64 m/s	
10 m	0,41 m/s	
11 m	0,37 m/s	
12 m	0,34 m/s	

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Untuk para pemain yang berada di area lapangan dapat diketahui kecepatan aliran udara yang dapat diterima oleh mereka adalah pada ketinggian 1 meter yaitu 0,34 m/s. Kecepatan tersebut sudah mencapai tingkat paling nyaman yang dapat dirasakan oleh tubuh manusia. Sedangkan para penonton yang berada di area tribun dapat merasakan aliran udara pada ketinggian 4 meter hingga 8 meter. Penonton yang berada pada tribun bagian paling bawah dapat merasakan kecepatan aliran

angin sebesar 0,56 m/s sedangkan penonton yang berada pada tribun bagian paling atas dapat merasakan kecepatan aliran angin sebesar 0,68 m/s. Pengaruh kecepatan aliran angin yang dapat dirasakan penonton pada area tribun antara lain kecepatan aliran angin sebesar 0,56 m/s dan 0,68 m/s sudah mencapai tingkat kecepatan angin yang masih nyaman dengan gerakan udara yang dapat dirasakan.

Simulasi yang kedua dilakukan apabila angin berasal dari arah selatan dan keluar melalui bukaan atas. Berikut adalah hasil simulasi yang kedua:



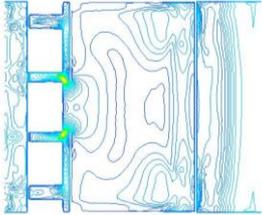
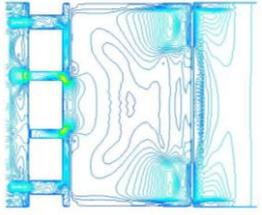
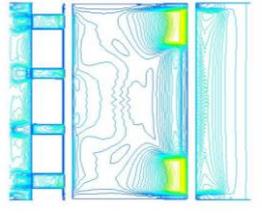
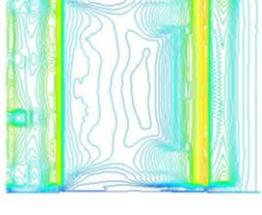
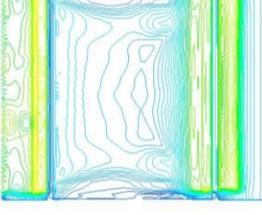
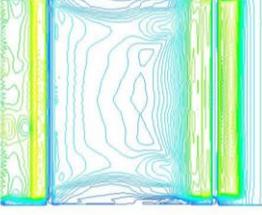
Gambar 4.61 Simulasi Penambahan Bukaan Pada Tribun Dengan Angin Berasal Dari Arah Selatan

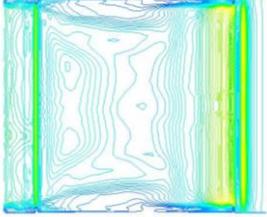
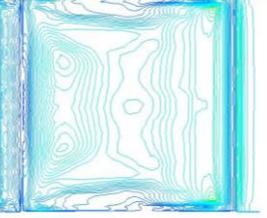
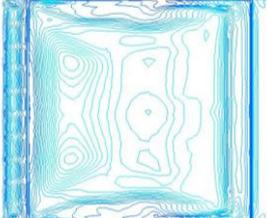
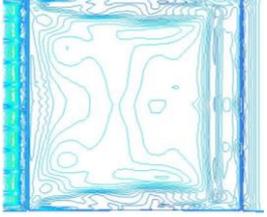
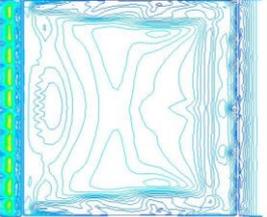
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Angin yang berasal dari arah selatan masuk melalui bukaan yang berada pada tribun dan dinding arena, kemudian bergerak ke arah atas dan ke arah tribun yang berada di sebelah utara yang berseberangan dengan area masuknya hingga akhirnya keluar melalui bukaan tersebut. Sehingga terjadi pergerakan ventilasi silang pada bagian tribun dimana aliran udara masuk melalui bukaan tribun di sisi selatan dan keluar melalui bukaan tribun di sisi utara pada bangunan.

Dari hasil simulasi tersebut dapat diukur kecepatan aliran udara berdasarkan ketinggian dari lantai. Berikut adalah tabel kecepatan aliran angin yang terjadi berdasarkan ketinggian lantai

Tabel 4.17 Kecepatan Aliran Udara Apabila Menambahkan Bukaannya Pada Dinding Arena dengan Angin Berasal Dari Arah Selatan

Ketinggian Dari Lantai Dasar	Kecepatan Aliran Udara	Gambar Aliran Udara
1 m (area lapangan)	0,36 m/s (Paling nyaman)	
2 m	0,44 m/s	
3 m	0,44 m/s	
4 m (area tribun)	0,76 m/s (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	
5 m (area tribun)	0,80 m/s (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	
6 m (area tribun)	0,80 m/s (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	

<b>7 m</b> (area tribun)	<b>0,89 m/s</b> (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	
<b>8 m</b> (area tribun)	<b>0,72 m/s</b> (Masih nyaman, tetapi gerakan udara dapat dirasakan)	
9 m	0,68 m/s	
10 m	0,60 m/s	
11 m	0,52 m/s	
12 m	0,40 m/s	

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Untuk para pemain yang berada di area lapangan dapat diketahui kecepatan aliran udara yang dapat diterima oleh mereka adalah pada ketinggian 1,1 meter

yaitu 0,36 m/s. Kecepatan tersebut sudah mencapai tingkat paling nyaman yang dapat dirasakan oleh tubuh pemain. Sedangkan para penonton yang berada di area tribun dapat merasakan aliran udara pada ketinggian 4 meter hingga 8 meter. Penonton yang berada pada tribun bagian paling bawah dapat merasakan kecepatan aliran angin sebesar 0,76 m/s sedangkan penonton yang berada pada tribun bagian paling atas dapat merasakan kecepatan aliran angin sebesar 0,72 m/s. Pengaruh kecepatan aliran angin yang dapat dirasakan penonton pada area tribun antara lain kecepatan aliran angin sebesar 0,76 m/s dan 0,72 m/s sudah mencapai tingkat kecepatan aliran udara masih nyaman tetapi gerakan udara dirasakan oleh tubuh manusia

#### 4.13 Rasio Bukaannya Pada Bangunan

Bukaan pada bangunan mempengaruhi masuknya udara ke dalam bangunan. Rasio bukaan inlet dan outlet sebaiknya memiliki perbandingan yang sama. Angin berputar dibawah atap yang dapat membawa panas dari sisi bawah atap untuk naik ke atas zona bangunan. Rasio bukaan pada bangunan adalah sebagai berikut  
Luas ventilasi minimal adalah 178,5 m<sup>2</sup>

Bukaan *inlet* pada area tribun dinding dapat maksimal dalam memasukkan aliran angin karena bukaan tersebut tegak lurus dengan arah angin. Rasio luas bukaan pada *inlet* sebaiknya sama dengan bukaan *outlet* agar udara yang masuk seimbang dengan udara yang keluar. Luas bukaan *outlet* adalah 108 m<sup>2</sup>, sehingga luas bukaan *inlet* juga sebaiknya relatif sama dengan luas bukaan *outlet* tersebut. Sehingga apabila rasio inlet dan outlet tersebut dijumlahkan akan memperoleh luasan di atas standart dari luas ventilasi minimal yang tercantum pada SNI 03-6572-2001 dengan luas inlet yang diperlukan bangunan.

Apabila aliran udara berasal dari arah utara, maka perbandingan inlet dan outlet adalah sebagai berikut

**Luas Inlet** = bukaan atap + bukaan di bawah atap + bukaan tribun + bukaan dinding arena

$$\text{Luas Inlet} = 52 \text{ m}^2 + 37,8 \text{ m}^2 + 22,54 \text{ m}^2 + 3,264 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas Inlet} = 115,6 \text{ m}^2$$

**Luas Outlet** = bukaan atap + bukaan di bawah atap + bukaan tribun + bukaan dinding arena

$$\text{Luas Outlet} = 52 \text{ m}^2 + 37,8 \text{ m}^2 + 28,91 \text{ m}^2 + 1,984 \text{ m}^2$$

**Luas Outlet = 120,7 m<sup>2</sup>**

Sehingga diperoleh perbandingan inlet dan outlet dimana inlet lebih besar dibandingkan outlet namun dengan selisih yang sangat sedikit sehingga termasuk kategori cenderung sama. Persamaan inlet dan outlet apabila angin berasal dari arah utara adalah sebagai berikut

$$\begin{array}{lcl} \textit{Inlet} & : & \textit{Outlet} \\ 115,6 \text{ m}^2 & : & 120,7 \text{ m}^2 \\ 1 & : & 1,04 \end{array}$$

Apabila aliran udara berasal dari arah selatan , maka perbandingan inlet dan outlet adalah sebaliknya dimana perbandingan inlet lebih kecil daripada outlet namun dengan selisih yang sangat sedikit sehingga termasuk kategori cenderung sama yaitu

$$\begin{array}{lcl} \textit{Inlet} & : & \textit{Outlet} \\ 120,7 \text{ m}^2 & : & 115,6 \text{ m}^2 \\ 1,04 & : & 1 \end{array}$$

Sehingga apabila semua bukaan tersebut dijumlahkan maka hasilnya adalah 120,7 m<sup>2</sup> pada *inlet* dan 115,6 m<sup>2</sup> pada *outlet*, dan apabila *inlet* maupun *outlet* dijumlahkan akan mendapatkan luas di atas standar 10%, yaitu 236,3 m<sup>2</sup>

#### 4.14 Rekomendasi Desain

Berdasarkan hasil analisa dan simulasi dapat diperoleh rekomendasi desain untuk studi kasus bangunan GOR Lembu Peteng di Tulungagung. Rekomendasi Desain tersebut terdiri atas rekomendasi desain tapak dan bangunan, dimana rekomendasi pada tapak berupa penataan vegetasi, sedangkan rekomendasi pada bangunan berupa penambahan bukaan pada selubung bangunan.

##### 4.14.1 Rekomendasi Vegetasi Pada Tapak

Rekomendasi pada tapak adalah penataan vegetasi pada tapak sebagai pengarah angin untuk mengarahkan angin ke permukaan bangunan.



Deretan pohon angšana yang ditata sejajar dengan jarak 4 meter antar masing-masing pohon.

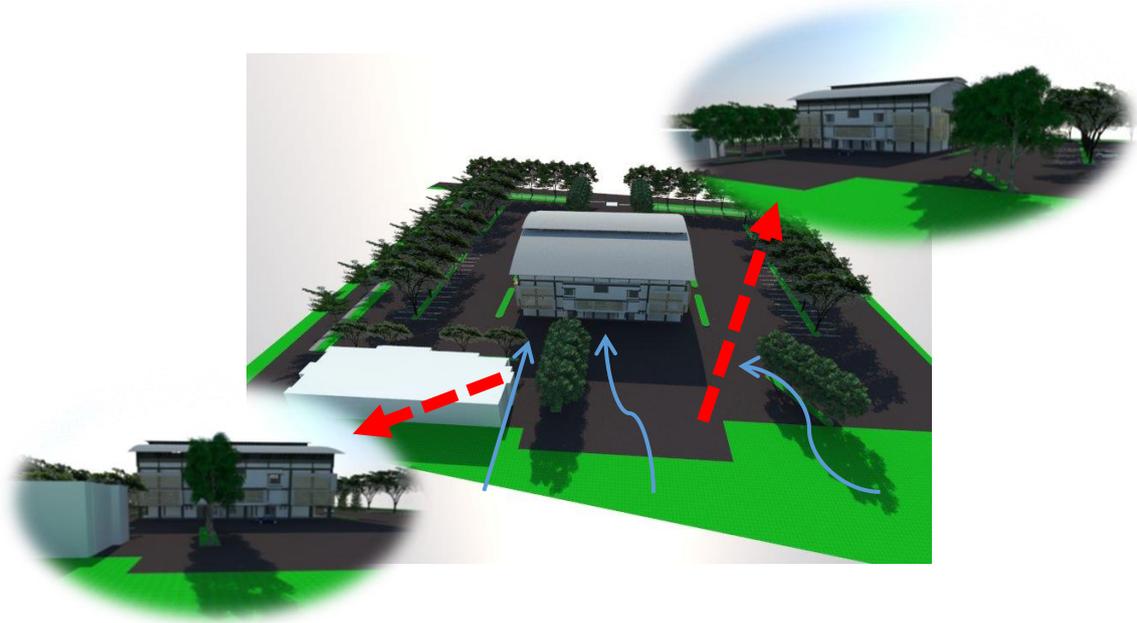
Gambar 4.62 Rekomendasi Penataan Pohon Angšana Pada *Main Entrance*  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Penataan pohon angšana pada area pintu masuk utama tapak membentuk koridor yang dapat mengarahkan angin menuju ke bangunan. Secara fungsi pohon angšana ini dapat menahan angin namun apabila peletakkan secara berjajar dan sejajar dengan arah datangnya angin maka angin dapat diarahkan ke area bangunan. Karena pohon angšana tersebut merupakan tanaman tinggi dengan bermassa daun padat sehingga apabila ditata dengan jarak yang rapat akan dapat mengarahkan angin.



Gambar 4.63 Rekomendasi Pohon Angšana Sebagai Koridor  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

pada sisi utara, deretan pohon angšana membentuk sebuah koridor yang dapat mengarahkan angin ke bangunan. Angin yang berhembus dari arah utara akan masuk ke area tapak, kemudian diarahkan oleh pohon yang membentuk koridor tersebut hingga angin mengenai selubung bangunan dan hingga akhirnya masuk ke dalam bangunan untuk memberikan aliran udara di dalam bangunan.



Gambar 4.64 Rekomendasi Pohon Angsana Sebagai Space  
 Sumber : Dokumentasi Pribadi

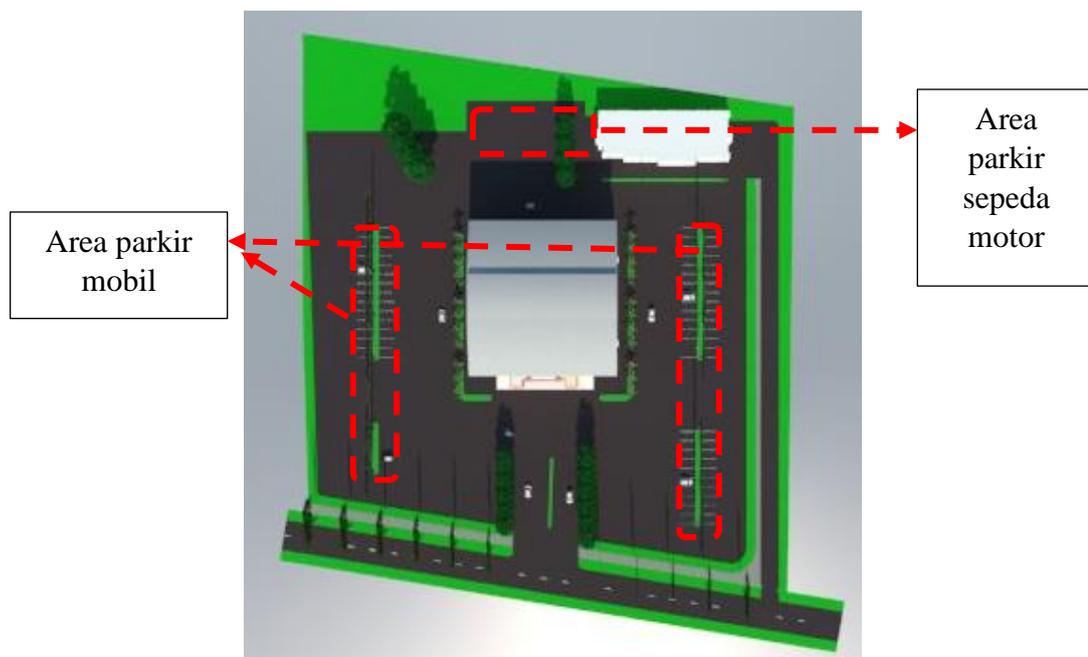


Deretan pohon trembesi yang ditata sejajar dengan jarak 10 meter antar masing-masing pohon.

Deretan pohon tanjung yang ditata sejajar dengan jarak 12 meter antar masing-masing pohon.

Gambar 4.65 Rekomendasi Penataan Pohon Pada Tapak  
 Sumber : Dokumentasi Pribadi

Selain jenis pohon yang sebagai pengarah angin, terdapat beberapa jenis pohon yang ditata pada tapak, memiliki fungsi dapat menurunkan suhu udara di lingkungan sekitar bangunan sebelum udara tersebut dialirkan ke dalam bangunan. Seperti pohon trembesi dan pohon tanjung. Untuk pohon trembesi juga difungsikan sebagai peneduh area parkir.



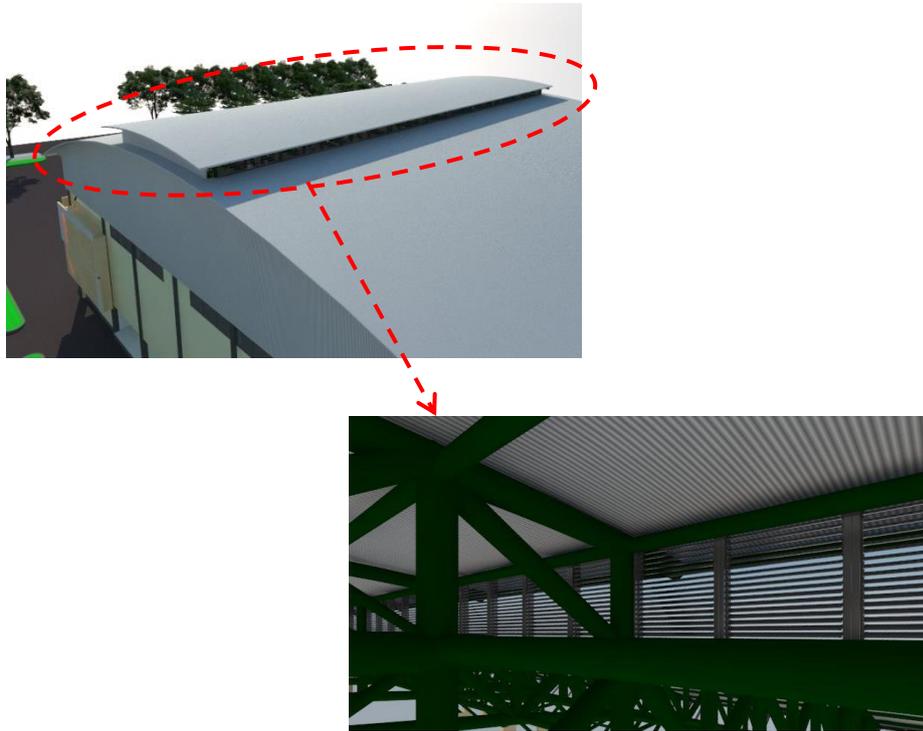
Gambar 4.66 Rekomendasi Area Parkir Pada Tapak  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### 4.14.2 Rekomendasi Desain Bangunan

Rekomendasi desain dilakukan pada fasad bangunan dimana dilakukan redesain pada bagian atap, dinding dan bagian tribun serta penambahan secondary skin. Rekomendasi desain antara lain

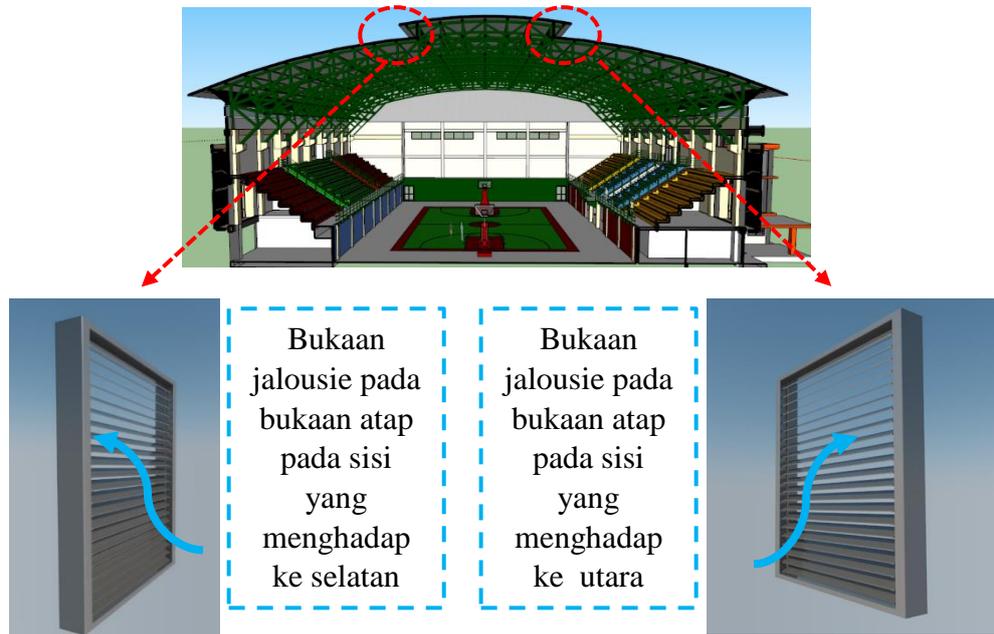
##### 1. Atap

Pada area atap ditambahkan bukaan atap untuk mendukung sistem penghawaan alami melalui ventilasi silang dimana bukaan tersebut digunakan sebagai *outlet*.



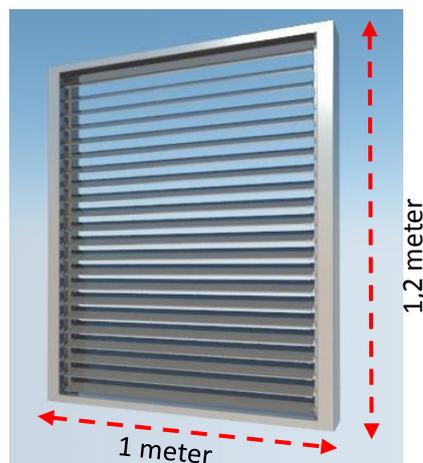
Gambar 4.67 Rekomendasi Buka-an Atap Sebagai *Outlet*  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Bukaan tersebut diletakkan sepanjang 42 meter yaitu sepanjang bangunan GOR dan terdapat pada 2 sisi yang menghadap ke arah utara dan selatan. Ukuran bukaan pada setiap bagiannya adalah 1,2 m x 4 m. Bukaan atap berupa bukaan *jalousie*, karena bukaan ini lebih efektif dalam mengeluarkan aliran udara karena terdiri dari pelat-pelat panjang dan diagonal, sehingga dapat maksimal dalam mengeluarkan panas di dalam bangunan GOR dengan cara mengalirkan udara panas dari dalam ke luar bangunan.



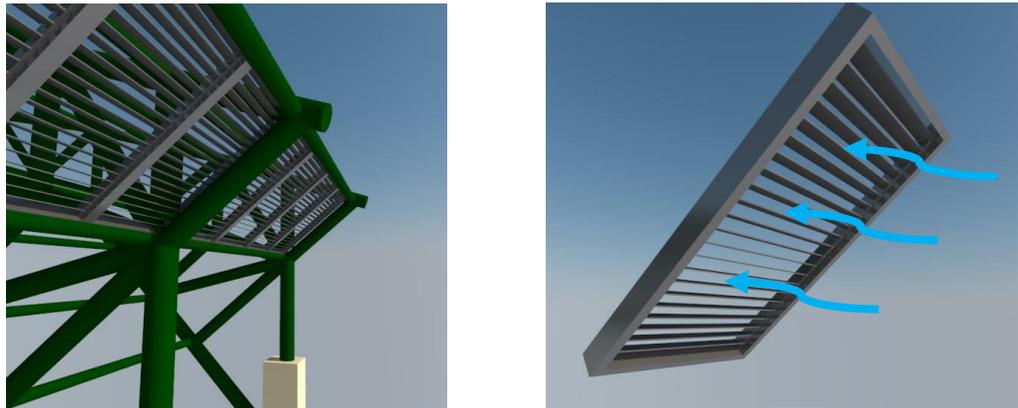
Gambar 4.68 Bukaan *Jalousie* pada Bukaan Atap  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Kemiringan pelat-pelat jalousie pada bukaan atap menyesuaikan dengan arah aliran angin yang akan keluar melalui bukaan tersebut agar keberadaan pelat-pelat jalousie tidak menghalangi aliran angin yang akan keluar. Ukuran bukaan jalousi pada setiap ruasnya adalah sebagai berikut



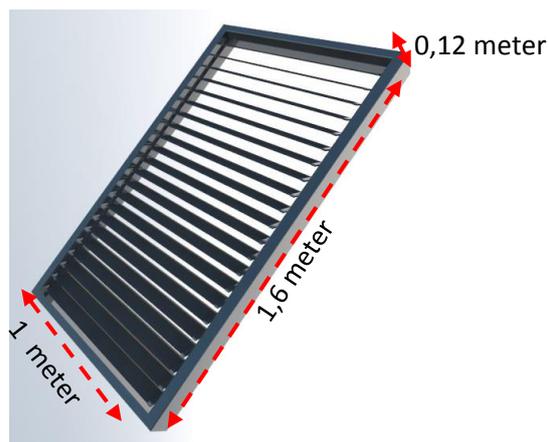
Gambar 4.69 Ukuran Bukaan Jalousie pada Bukaan Atap  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Sedangkan bukaan yang terdapat di bawah atap tepatnya di bawah tritisan atap dan berperan sebagai inlet menggunakan bukaan jalousie dengan posisi bukaan yang miring dengan kemiringan  $30^\circ$ , sehingga posisi pelat-pelat jalousi dibuat miring agar dapat tegak lurus dengan arah datangnya angin, sehingga dapat menangkap dan memasukkan angin ke dalam bangunan dengan maksimal.



Gambar 4.70 Bukaan Jalousie pada Bukaan di bawah Tritisan Atap  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

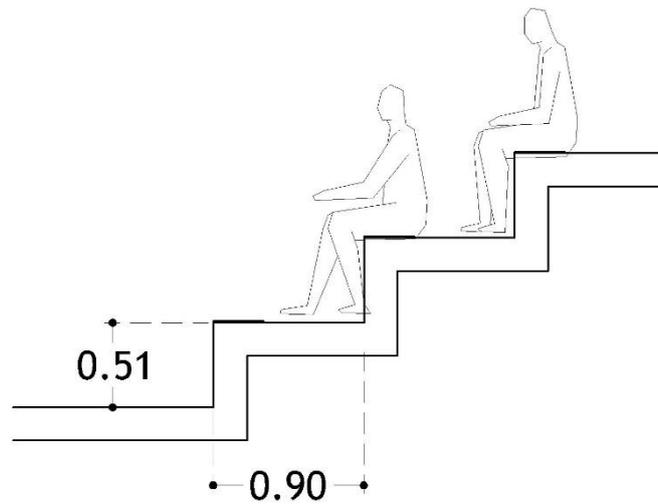
Bukaan tersebut terpasang pada gording atap dengan ukuran setiap bagian bukaan adalah 1 x 1,6 meter.



Gambar 4.71 Ukuran Bukaan Jalousie pada Bukaan di bawah Tritisan Atap  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

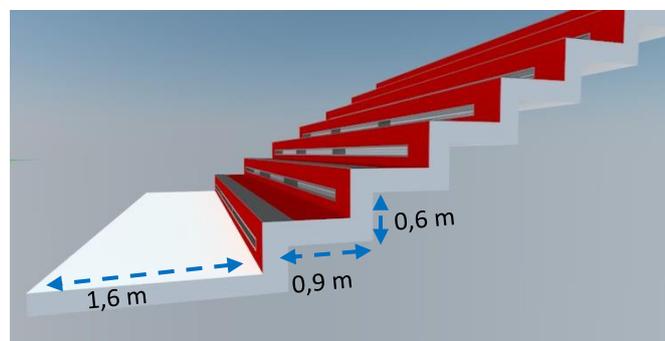
## 2. Rekomendasi Tribun

Pada area tribun terutama pada tempat duduk memiliki ukuran yang belum sesuai standar sehingga diperoleh rekomendasi ukuran tempat duduk agar sesuai dengan standarnya yaitu dengan tinggi tribun 0,51 m dan lebar 0,9 m dengan 0,3 m sebagai area tempat duduk penonton yang dibedakan dengan ketinggian yang lebih tinggi 1 cm.



Gambar 4.72 Ukuran Tribun  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

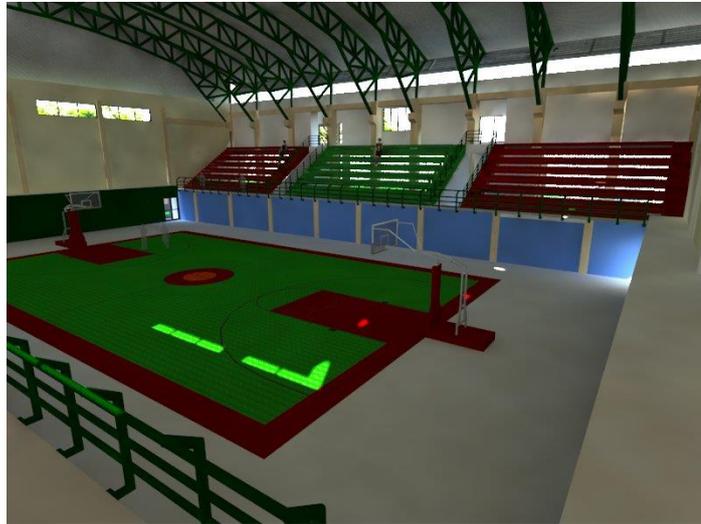
Dengan ukuran tribun tersebut diperoleh sudut pandang  $30^\circ$  dimana sudut pandang tersebut sudah sesuai dengan standar.



Gambar 4.73 Rekomendasi Tribun  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

### 3. Bukaan Pada Area Tribun

Bukaan pada area tribun berada di setiap tempat duduk penonton, dimana bukaan tersebut berada di belakang penonton yang duduk di tribun.



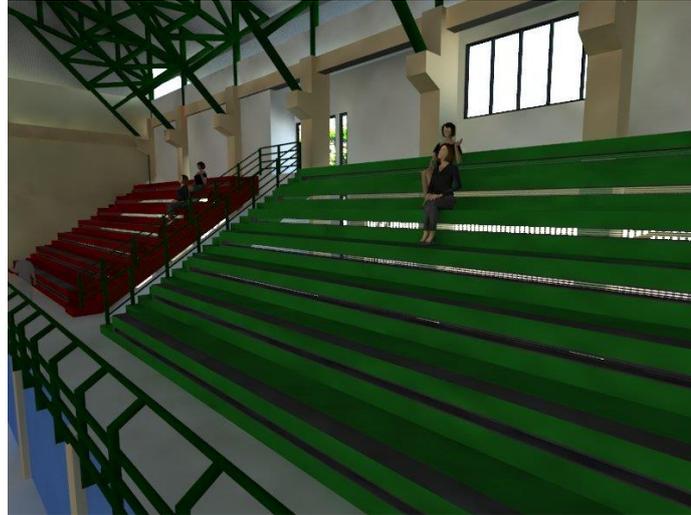
Gambar 4.74 Rekomendasi Bukaun Tribun Pada Sisi Selatan  
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.75 Rekomendasi Bukaun Tribun Pada Sisi Utara  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

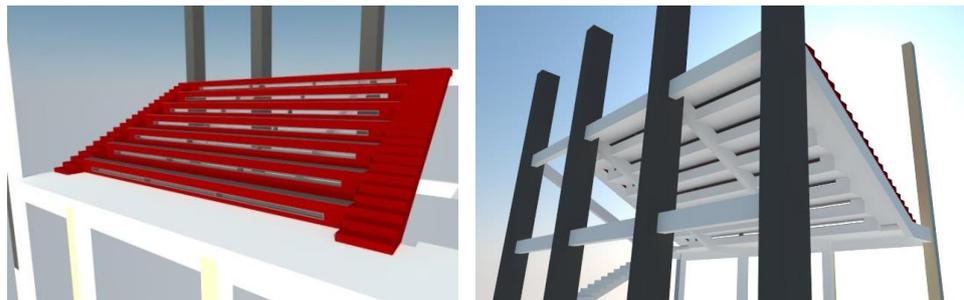
Bukaan pada area tribun bagian utara dan selatan diterapkan pada semua tempat duduk tribun agar semua pengguna/penonton yang duduk di area tribun dapat merasakan aliran udara.

Letak bukaan dibuat sedikit keatas dengan jarak 25 cm dari atas telapak kaki penonton. Ukuran bukaan menyesuaikan dengan bentangan tribun dimana terdapat pada tribun yang membentang sepanjang 12 meter dan 10 meter dengan ketinggian bukaan 0,14 meter. Jenis bukaan merupakan bukaan jalousie.



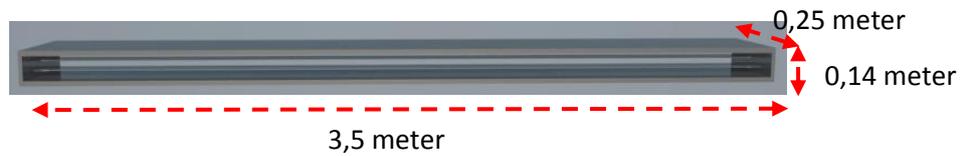
Gambar 4.76 Rekomendasi Letak Bukaan Tribun  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Tribun merupakan tribun dengan struktur kolom dan balok dengan ukuran balok miring 20 x 50 cm.



Gambar 4.77 Struktur pada Tribun  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

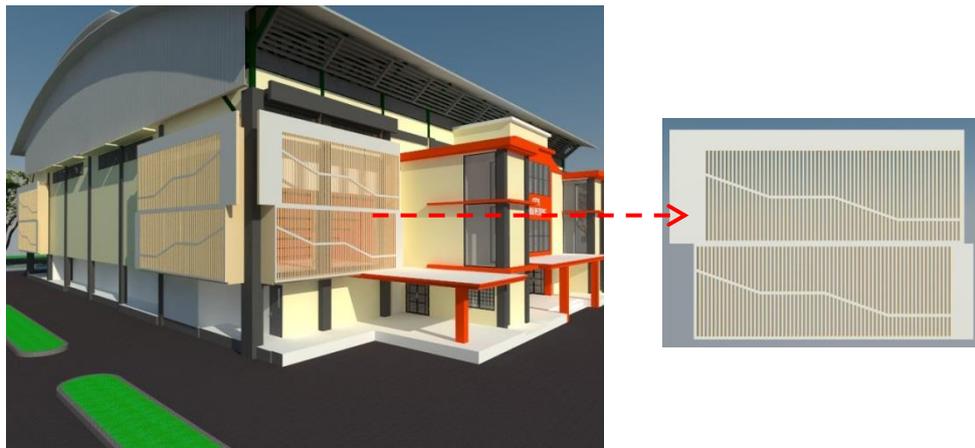
Ukuran bukaan pada tribun memiliki panjang 3,5 meter pada setiap bagian bukaan.



Gambar 4.78 Ukuran Bukaan Tribun  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### 4. Secondary Skin

Terdapat 2 jenis secondary skin yang diterapkan pada GOR Lembu Peteng. Secondary skin yang pertama diletakkan di setiap sudut bangunan dan sisi belakang yang terdapat bukaan di belakang area tribun. Kegunaan secondary skin ini selain sebagai elemen estetis pada sisi luar bangunan GOR juga sebagai penangkal sinar matahari langsung.



Gambar 4.79 Rekomendasi *Secondary Skin* 1  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Secondary skin yang ditambahkan di beberapa area yang terdapat lubang angin pada tribun. Selanjutnya untuk secondary skin yang kedua berada di area muka bangunan.

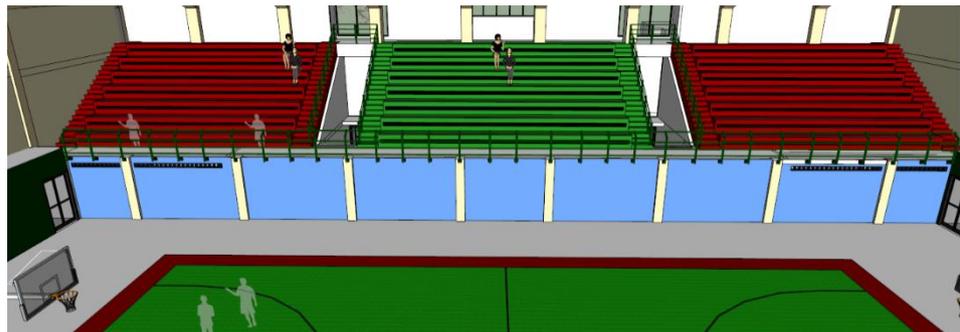


Gambar 4.80 Rekomendasi *Secondary Skin 2*  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

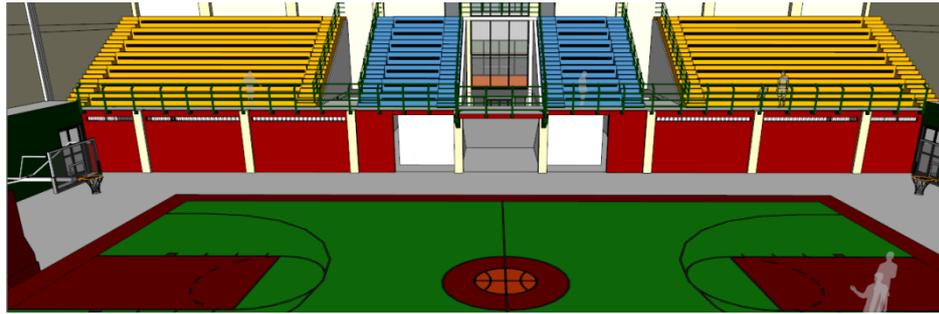
Keberadaan secondary skin tersebut tidak menghalangi angin yang masuk karena secondary skin tersebut berupa kisi-kisi vertical, sehingga angin dapat dengan mudah masuk melewati celah-celah dari secondary skin tersebut.

#### 5. Bukaan Pada Dinding Arena

Bukaan roaster ditambahkan pada dinding arena sisi utara dan selatan. Namun pada sisi selatan, bukaan hanya diletakkan pada area yang berhubungan langsung dengan area luar. Sedangkan pada dinding arena di sisi utara, bukaan diletakkan di sepanjang dinding.

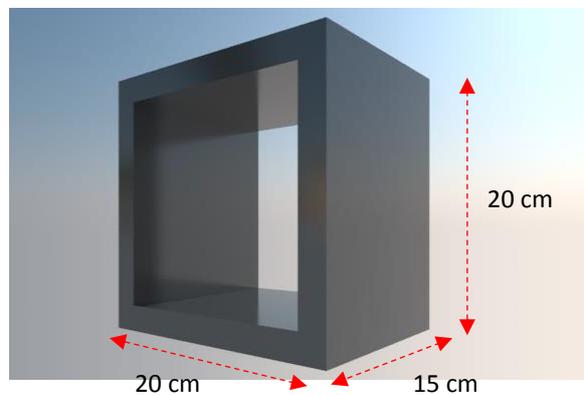


Gambar 4.81 Rekomendasi Bukaan Dinding Arena di Sisi Selatan  
Sumber : Dokumentasi Pribadi



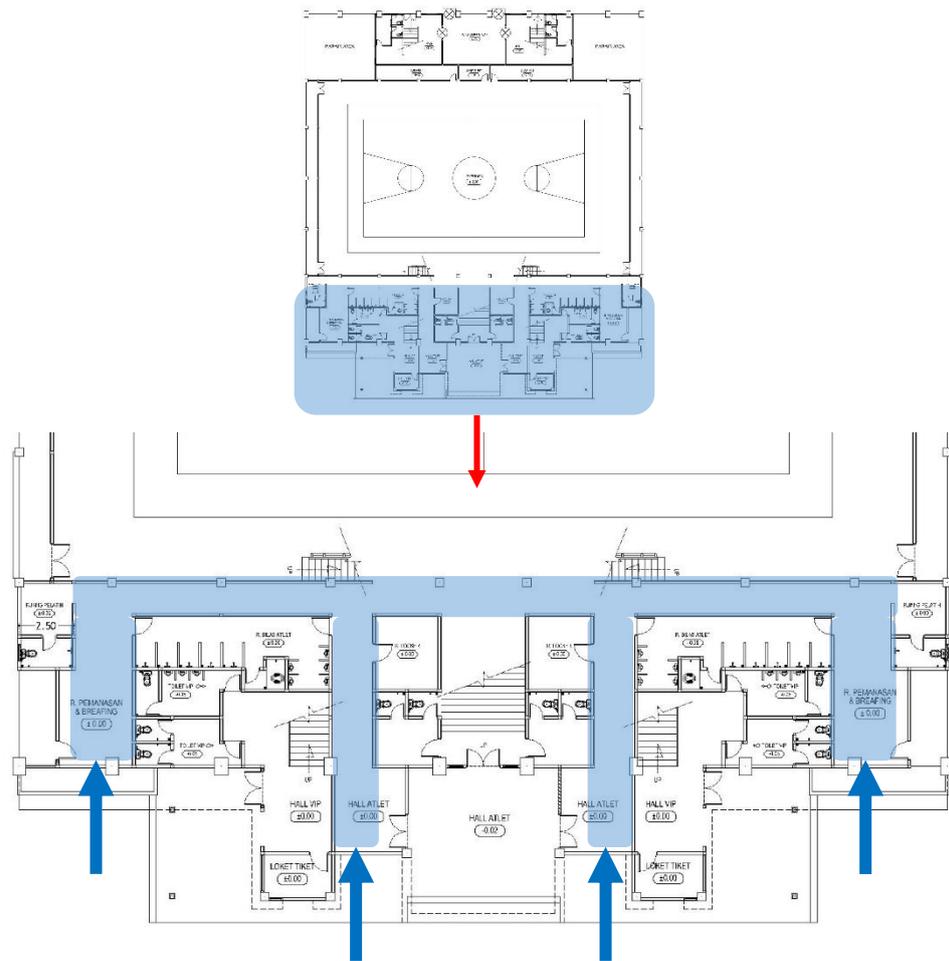
Gambar 4.82 Rekomendasi Bukaan Dinding Arena di Sisi Utara  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Ukuran bukaan *roaster* adalah 20 x 20 cm yang dipasang secara horizontal.



Gambar 4.83 Rekomendasi Ukuran Bukaan *Roaster* pada Dinding Arena  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pada sisi selatan yang bersebelahan dengan koridor tertutup diberikan bukaan pada ruang hall atlet dan ruang pemanasan & briefing yang dapat mengarahkan aliran udara ke area koridor tersebut. Hal ini dikarenakan ruangan tersebut bersebelahan dengan area luar dan ruang tersebut juga memerlukan penghawaan. Namun bukaan yang digunakan adalah bukaan jalousie karena bukaan tersebut dapat memaksimalkan udara yang masuk ke dalam bangunan namun juga memberikan privasi bagi pengguna di dalam ruang tersebut.



Gambar 4.84 Rekomendasi Pengaliran Udara pada Koridor di sisi selatan  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

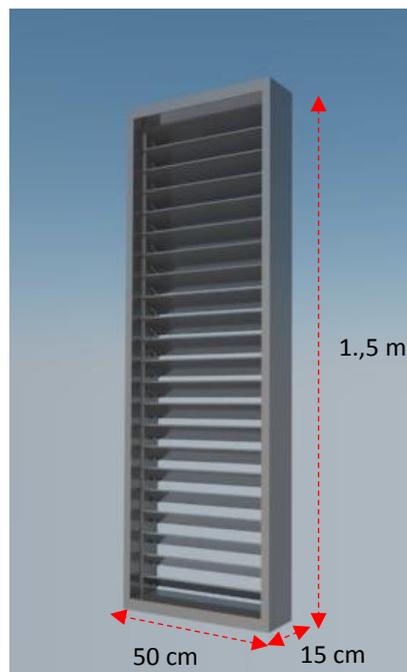


Gambar 4.85 Rekomendasi Buka-an Jalousi pada Ruang Pemanasan dan Briefing  
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.86 Rekomendasi Bukaannya Jalousi pada Ruang Hall Atlet  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Ukuran bukaannya jalousi pada ruang-ruang tersebut adalah sebagai berikut

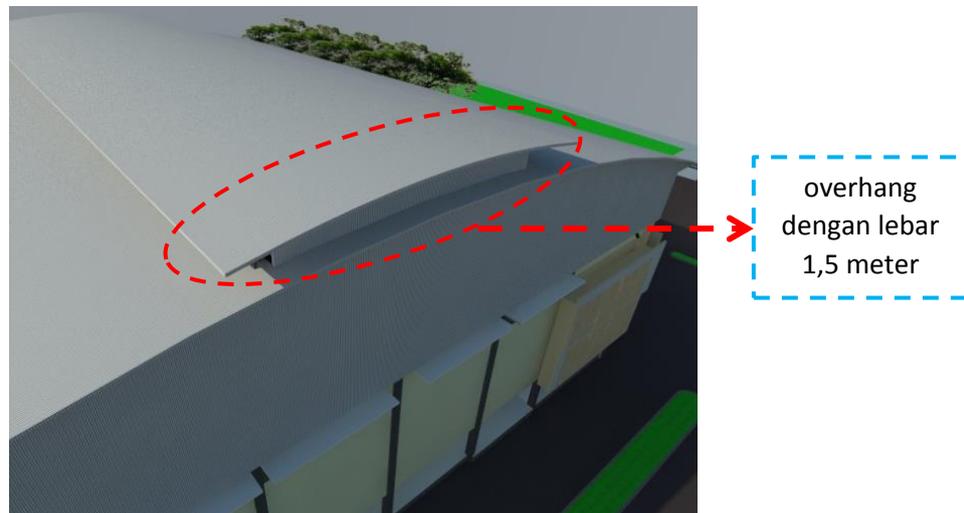


Gambar 4.87 Ukuran Bukaannya Jalousi pada Ruang Hall Atlet dan Ruang Pemanasan & Briefing  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### 6. Overhang Pada Bukaannya

Pada bukaannya atap yang ditambahkan akan berpengaruh terhadap sinar matahari yang masuk, dimana cahaya matahari langsung tersebut akan mengakibatkan ruangan panas dengan adanya efek penyilauan, sehingga memerlukan overhang pada bukaannya atap tersebut. Penambahkan overhang

pada bukaan dapat menghalangi radiasi sinar matahari yang berlebihan tersebut masuk ke dalam bangunan GOR.



Gambar 4.88 Rekomendasi Penambahan Overhang pada Bukaan  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Selain overhang pada bukaan atap, overhang juga ditambahkan pada bagian bukaan kaca yang berada pada sisi timur dan barat, karena bukaan tersebut menghadap ke arah matahari sehingga memerlukan overhang untuk menghalau radiasi sinar matahari langsung.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian terhadap penghawaan alami pada GOR Lembu Peteng di Tulungagung yang terdapat permasalahan dimana belum terjadi sistem penghawaan yang mencukupi karena kurangnya bukaan pada selubung bangunan. Penulis mengambil beberapa kesimpulan sesuai dengan tujuan dari penulisan skripsi ini. Setelah melakukan analisa dan simulasi menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamic* dari software Ansys Workbench dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Peletakkan vegetasi berpengaruh terhadap pergerakan angin, dimana apabila vegetasi merupakan tanaman tinggi dan bermassa daun yang padat, maka jika ditata dengan jarak yang rapat kelompok vegetasi tersebut akan dapat mengarahkan angin.
2. Peletakkan bukaan harus memperhatikan arah datangnya sinar matahari. Karena apabila terdapat peletakkan yang kurang tepat akan menyebabkan sinar matahari masuk ke dalam ruangan secara langsung, sehingga sinar matahari tersebut akan membuat silau para pemain/atlet yang sedang bertanding. Selain itu, sinar radiasi matahari yang masuk secara langsung juga dapat meningkatkan suhu ruangan
3. Penghawaan alami pada GOR dapat dicapai dengan penghawaan melalui sistem ventilasi silang. Dimana pada hasil simulasi dapat terlihat pergerakan angin yang keluar melalui bukaan pada sisi yang berhadapan.
4. Kriteria sistem ventilasi alami dengan sistem ventilasi silang diterapkan melalui desain bukaan yang terdiri dari ukuran, letak dan jenis bukaan. Cara menentukan luas bukaan menggunakan standart SNI 03-6572-2001. Berdasarkan SNI 03-6572-2001 untuk bangunan umum luas ventilasi minimal 10% dari luas lantai dari ruangan yang akan diventilasi.

Rekomendasi dilakukan pada bukaan atap, bukaan pada tribun dan bukaan pada dinding arena, sehingga dapat memenuhi penghawaan alami didalam GOR dengan mengalirkan udara dari lingkungan luar ke dalam bangunan. Hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut

1. Apabila angin berasal dari arah utara menuju ke arah selatan diperoleh kecepatan aliran udara sebesar 0,34 m/s pada area lapangan dengan efek penyegaran berupa penurunan suhu 0,5-0,7 °C, dimana sudah mencapai tingkat kecepatan aliran angin paling nyaman yang dapat dirasakan oleh tubuh pemain/atlet yang berada di area lapangan. Selanjutnya didapatkan kecepatan aliran udara 0,56 m/s hingga 0,90 m/s pada area tribun dengan efek penyegaran berupa penurunan suhu 1-1,2 °C, dimana kecepatan aliran udara tersebut mencapai tingkat kecepatan angin yang masih nyaman dengan gerakan udara yang dapat dirasakan oleh penonton di area tribun
2. Apabila angin berasal dari arah utara menuju ke arah selatan diperoleh kecepatan aliran udara sebesar 0,36 m/s pada area lapangan dengan efek penyegaran berupa penurunan suhu 0,5-0,7 °C, dimana sudah mencapai tingkat kecepatan aliran angin paling nyaman yang dapat dirasakan oleh tubuh pemain/atlet yang berada di area lapangan. Selanjutnya didapatkan kecepatan aliran udara 0,76 m/s hingga 0,89 m/s pada area tribun dengan efek penyegaran berupa penurunan suhu 1-1,2 °C, dimana kecepatan aliran udara tersebut mencapai tingkat kecepatan angin yang masih nyaman dengan gerakan udara yang dapat dirasakan oleh penonton di area tribun

## 5.2 Saran

Penelitian ini dapat digunakan oleh pihak pengelola GOR Lembu Peteng untuk meningkatkan sistem penghawaan alami pada GOR sehingga dapat mengatasi permasalahan penghawaan yang terjadi saat ini. Namun hasil dari penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga bagi peneliti selanjutnya diharapkan dapat lebih maksimal dalam proses pengumpulan dan pengambilan data eksisting terutama kecepatan angin yang terjadi pada tapak agar lebih optimal dalam menganalisa data.

Selain itu peneliti selanjutnya untuk mendapatkan hasil yang lebih Inggap disarankan untuk melakukan penelitian yang mencakup jangka waktu yang lebih lama, karena perbedaan musim yang terjadi

## DAFTAR PUSTAKA

Lechner, Nobert. 2007. *Heating, Cooling, Lighting*. Rajawali Pers: Jakarta

Lippsmeier, Georg. 1997. *Bangunan Tropis*. Erlangga: Jakarta

Frick, Heinz. 2008. *Ilmu Fisika Bangunan*. Kanisius: Jogja

Climate-data.org

<https://id.climate-data.org/location/714785/> diakses pada tanggal 29 Oktober 2017

Data Online Pusat Database – BMKG Propinsi Jawa Timur

[http://dataonline.bmkg.go.id/data\\_iklim](http://dataonline.bmkg.go.id/data_iklim) diakses pada tanggal 30 Oktober 2017

SNI 03-3647-1994 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Bangunan Gedung Olahraga. 1994

SNI 03-6572-2001 Tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi Dan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Gedung. 2001

Bramistra, R.O. 2016. Arena Basket Indonesia di Yogyakarta Sistem pendinginan Pasif Sebagai Penentu Perancang. Universitas Islam Indonesia: Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan

Kusumawardani, N., 2014. Sistem Ventilasi Alami sebagai Dasar Perancangan JFC Center di Kabupaten Jember. Malang: Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Willyanto, E., 2016. Pengaruh Desain Arsitektural Terhadap Kenyamanan Termal Bangunan Iklim Tropis Lembab. Jakarta: Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Tarumanegara

Pertiwi, A.I. 2015. Gedung Pertemuan di Kabupaten Nganjuk (Studi Pendekatan Sistem Penghawaan Alami). Malang: Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jenny. 2014. Pengaruh Orientasi Bangunan Terhadap Kecepatan Angin pada Masa Bangunan Dengan Layout Berbentuk U Studi Kasus: Sekolah Dasar Negeri. Medan: Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara

Laksitoadi, B., 2008, Kenyamanan Termis Gedung Olahraga Ditinjau dari Aliran Udara (Studi Kasus: Gor Bulungan dan Gymnasium UI), FT UI, 2008. *lontar.ui.ac.id*, digital, 125670.

<https://www.scribd.com/doc/305587207/landasan-teori-gelanggang-olahraga> (diakses pada tanggal 25 Maret 2017)

<http://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/iklim/pengertian-ciri-ciri-dan-daerah-sebaran-iklim-tropis> (diakses pada tanggal 25 Maret 2017)

[https://id.wikipedia.org/wiki/Skala\\_Beaufort](https://id.wikipedia.org/wiki/Skala_Beaufort)

MechanicalBrothers. Ansys Workbench

<https://mechanicalbrothers.wordpress.com/2011/02/09/ansys-workbench/> (diakses tanggal 18 September 2017)