

**SISTEM PENGHAWAAN ALAMI PADA GOR PANCASILA
SURABAYA**

SKRIPSI

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

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ZAKIYAH NUR'AINI
NIM. 135060500111008**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2019**

repository.ub.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM PENGHAWAAN ALAMI PADA GOR PANCASILA
SURABAYA**

SKRIPSI

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

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ZAKIYAH NUR'AINI
NIM. 1350600111008

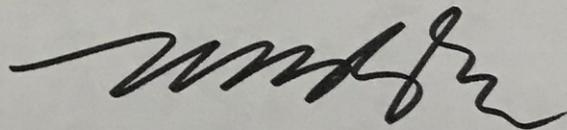
Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 19 Desember 2019



Mengetahui
Ketua Program Studi Sarjana Arsitektur

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

Dosen Pembimbing



Ir. Jusuf Thojib, MSA
NIP. 19551105 198403 1 002

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI, TESIS, ATAU DISERTASI

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/Tesis/Disertasi ini adalah asli dari pemikiran saya. tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu PerguruanTinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

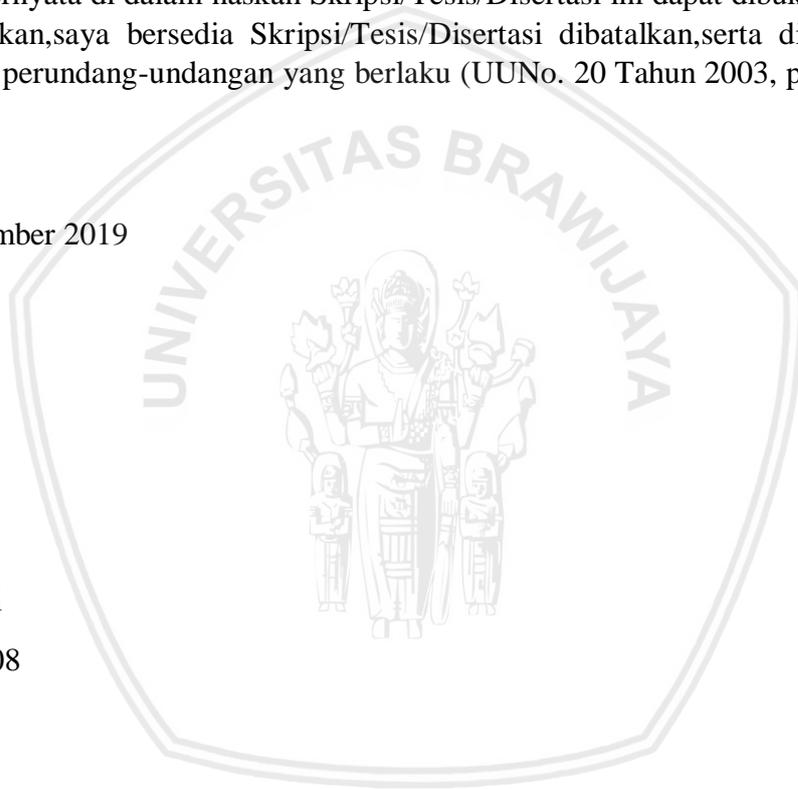
Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi/Tesis/Disertasi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan,saya bersedia Skripsi/Tesis/Disertasi dibatalkan,serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UUNo. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 19 Desember 2019

Mahasiswa,

Zakiyah Nur' Aini

135060500111008





Teriring ucapan terimakasih kepada:

Abi dan Umi tercinta

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Sistem Penghawaan Alami pada Gor Pancasila Surabaya” ini dengan baik. Sholawat serta salam senantiasa tercurah kepada Baginda Nabi Muhammad SAW yang telah mengantarkan manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian syarat-syarat guna mencapai gelar Sarjana Teknik di Universitas Brawijaya Malang.

Penulis menyadari bahwa penulisan ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak baik moril maupun materil. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. Kedua orangtua tercinta, Abi Bambang Purnomo dan Ummi Ani Fatimah yang memberi dukungan moril, materil dan doa yang terus mengalir untuk penulis.
2. Kakak dan adik penulis, Mbak Fitri, Mas Itok, Mas Mujahid, Kak Balqis, Mbak Fauziah, Mas Adit dan Usamah yang telah memberi dukungan juga semangat untuk penulis.
3. Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
4. Ir. Heru Sufianto, M.Arch.St., Ph.D selaku Ketua Program Studi Sarjana Arsitektur
5. Ir. Jusuf Thojib, MSA selaku dosen pembimbing skripsi yang telah berkenan memberikan ilmu dan solusi pada setiap permasalahan dan kesulitan dalam penulisan skripsi ini.
6. Seluruh bapak/ibu dosen fakultas Teknik yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat selama masa perkuliahan.
7. Seluruh teman-teman seangkatan Fakultas Teknik Arsitektur 2013 yang telah berjuang bersama dalam perkuliahan hingga akhir.
8. Seluruh staf dan karyawan Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan bantuan dalam masa perkuliahan hingga proses skripsi.
9. Mayla, Dewi, Aniy, Zahro, Sarah, Poma, Salma, Anis, Ayun, Afa, Fathin, Puji, Uci, Ica, Wulan, Agustin dan seluruh teman-teman yang telah banyak membantu dan memberi semangat dalam proses skripsi ini.

Penulis mohon maaf atas segala kesalahan yang pernah dilakukan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk mendorong penelitian-penelitian selanjutnya.

Malang, 19 Desember 2019

Zakiyah Nur'Aini

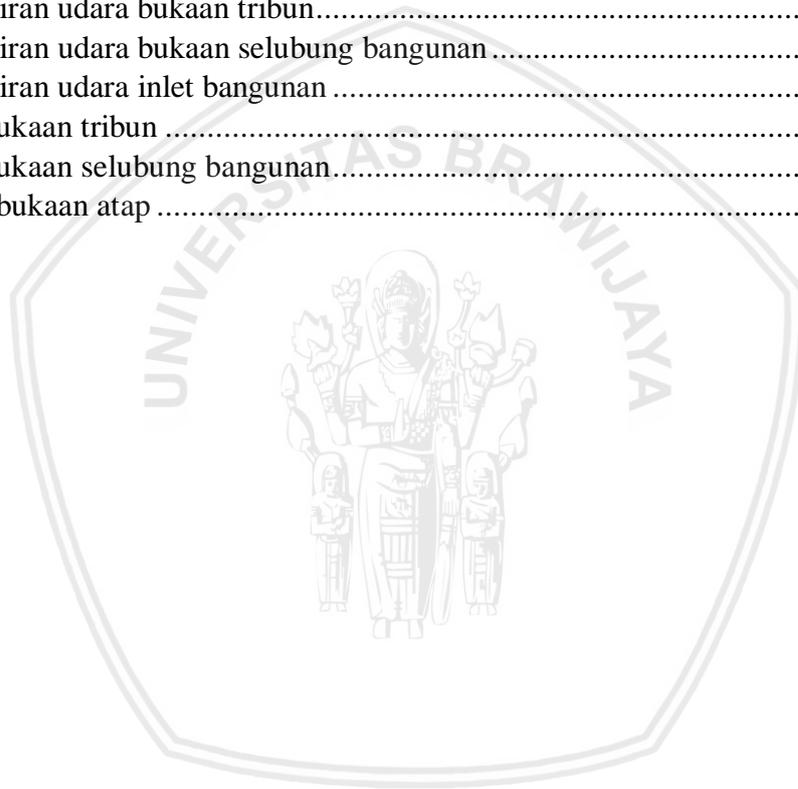
DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
RINGKASAN.....	ix
<i>SUMMARY</i>	x
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengertian GOR.....	4
2.2 Jenis Gelanggang Olahraga	4
2.3 Standar Bangunan Olahraga	4
2.4 Iklim Tropis Lembab	6
2.5 Angin.....	7
2.6 Prinsip-Prinsip Dasar Aliran Udara (Angin)	8
2.7 Pola Aliran Udara dan Kecepatan Angin pada Skala Lingkungan.....	12
2.8 Standard Kecepatan Angin	13
2.9 Faktor-faktor Aliran Udara.....	14
2.10 Kenyamanan Thermal	14
2.11 Faktor-Faktor Kenyamanan Thermal.....	14
2.12 Sistem Ventilasi Alami	17
2.13 Jenis Ventilasi Alami	17
2.14 Standard Ventilasi Alami	19
2.15 Bentuk dan Lokasi Bukaan Udara	20
2.16 Vegetasi.....	23

2.17	Perancangan Sistem Ventilasi	23
2.18	Pergerakan Udara Secara Pasif	26
2.19	Simulasi CFD Ansys Workbench	26
2.20	Studi Objek	27
2.21	Penelitian Terdahulu	28
BAB III.....		32
METODOLOGI PENELITIAN.....		32
3.1	Metode Penelitian	32
3.2	Lokasi Objek dan Waktu Penelitian	32
3.3	Tahapan Penelitian.....	33
3.4	Variabel dan Paradigma Penelitian.....	33
3.4.1	Variabel Penelitian	33
3.4.2	Paradigma Penelitian.....	34
3.5	Data dan Sumber Data	36
3.5.1	Data	36
3.5.2	Sumber Data.....	36
3.6	Teknik Pengumpulan Data.....	37
3.6.1	Studi literatur	37
3.6.2	Observasi	37
3.6.3	Dokumentasi	37
3.6.4	Instrumen Penelitian.....	37
3.7	Simulasi Computational Fluid Dynamic Ansys Workbench	39
3.8	Rekomendasi Desain.....	40
3.9	Kerangka Metode.....	41
BAB V.....		99
KESIMPULAN.....		99
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Refleksi Warna Bangunan Gor	5
Tabel 2. 2 Skala Beauford	13
Tabel 2. 3 Batas Kenyamanan Pada Rentang Suhu dan Kelembaban Yang Berbeda	15
Tabel 2. 4 Pengaruh Kecepatan Angin.....	16
Tabel 2. 5 Rumus Aliran Udara	25
Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu	28
Tabel 4. 1 Iklim Kota Surabaya	43
Tabel 4. 2 Suhu dan kelembaban eksisting	66
Tabel 4. 3 Kecepatan aliran udara di dalam bangunan	69
Tabel 4. 4 Kecepatan aliran udara di luar bangunan.....	70
Tabel 4. 5 Laju aliran udara bukaan tribun.....	77
Tabel 4. 6 Laju aliran udara bukaan selubung bangunan.....	79
Tabel 4. 7 Laju aliran udara inlet bangunan	81
Tabel 4. 8 Luas bukaan tribun	92
Tabel 4. 9 Luas bukaan selubung bangunan.....	95
Tabel 4. 10 Luas bukaan atap	96



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Standar ukuran tempat duduk.....	6
Gambar 2. 2 Gaya Coriolis	8
Gambar 2. 3 Pergerakan udara disebabkan arus konveksi natural	9
Gambar 2. 4 Tipe-tipe pola aliran udara.....	9
Gambar 2. 5 Aliran udara dengan tekanan positif dan negatif	10
Gambar 2. 6 Tekanan pada atap sesuai kelandaian atap	10
Gambar 2. 7 Pola aliran udara bergolak dan berputar pada area bertekanan.....	10
Gambar 2. 8 Efek Bernoulli pada tabung "vrnturi"	11
Gambar 2. 9 Pembuangan udara lewat lubang di atap, dan atau dekat bubungan karena efek ventury.....	11
Gambar 2. 10 udara memiliki tekanan statik yang kurang di bagian atap dibanding di bagian dasarnya karena kecepatan angin meningkat di atas grade,	11
Gambar 2. 11 Efek cerobong asap	12
Gambar 2. 12 Prinsip aliran udara pada bangunan	12
Gambar 2. 13 Aliran udara pada konfigurasi dan orientasi bangunan yang berbeda	13
Gambar 2. 14 Prinsip ventilasi horizontal	18
Gambar 2. 15 Ventilasi silang hasil penelitian Texas Engineering Experiment Station	18
Gambar 2. 16 Prinsip ventilasi vertikal.....	19
Gambar 2. 17 Jenis-jenis jendela	21
Gambar 2. 18 Saran zona bukaan pada bangunan	21
Gambar 2. 19 Muka angin dan bayangan angin sebagai lokasi bukaan udara.....	22
Gambar 2. 20 Peletakkan inlet dan outlet secara potongan yang menunjang cross ventilation	22
Gambar 2. 21 Jarak pohon terhadap bangunan dan pengaruh terhadap ventilasi.....	23
Gambar 2. 22 Pengaruh konfigurasi dimensi inlet dan outlet pada kecepatan angin	26
Gambar 2. 23 Eksterior Gor Ciracas	27
Gambar 2. 24 Interior Gor Ciracas	27
Gambar 3. 1 Kerangka berpikir penelitian	35
Gambar 3. 2 Thermo hygrometer.....	38
Gambar 3. 3 Anemometer interior	38
Gambar 3. 4 Anemometer eksterior	39
Gambar 3. 5 Kerangka metode	41
Gambar 4. 1 Peta Jawa Timur.....	42
Gambar 4. 2 Lokasi Gor Pancasila	42
Gambar 4. 3 Batas-batas tapak Gor Pancasila	45
Gambar 4. 4 Peta peruntukan Gelora Pancasila.....	46
Gambar 4. 5 Pohon Tanjung	47
Gambar 4. 6 Pohon Angsana	48
Gambar 4. 7 Pohon Mahoni.....	49
Gambar 4. 8 Peletakan vegetasi eksisting	49
Gambar 4. 9 Arah dominan angin pada tapak	50
Gambar 4. 10 Penataan vegetasi pada tapak.....	51
Gambar 4. 11 Pohon Kiara Payung.....	52
Gambar 4. 12 Layout tapak	53

Gambar 4. 13 Bangunan Gor Pancasila	54
Gambar 4. 14 Denah lantai 1 Gor Pancasila.....	55
Gambar 4. 15 Denah lantai 2 Gor Pancasila.....	56
Gambar 4. 16 Area lapangan Gor Pancasila.....	57
Gambar 4. 17 Area tribun.....	58
Gambar 4. 18 Potongan tribun.....	58
Gambar 4. 19 Ruang bawah tribun	59
Gambar 4. 20 Bentuk lengkung plafon atap.....	60
Gambar 4. 21 Potongan utara-selatan	61
Gambar 4. 22 Potongan timur-barat.....	61
Gambar 4. 23 Bukaannya bangunan ketinggian 4,5 meter	62
Gambar 4. 24 Bukaannya bangunan ketinggian 6,5 meter	62
Gambar 4. 25 Bukaannya bangunan ketinggian 7,1 meter	63
Gambar 4. 26 Arah angin eksisting.....	64
Gambar 4. 27 Analisa pergerakan udara	64
Gambar 4. 28 Titik pengukuran interior.....	65
Gambar 4. 29 Titik pengukuran eksterior	66
Gambar 4. 30 Grafik suhu	67
Gambar 4. 31 Grafik kelembaban udara	68
Gambar 4. 32 Simulasi aliran udara inlet barat	71
Gambar 4. 33 Simulasi aliran udara inlet timur.....	72
Gambar 4. 34 Area penerapan sistem penghawaan alami.....	73
Gambar 4. 35 Pergerakan udara.....	74
Gambar 4. 36 Pemindahan fungsi ruang bawah tribun	75
Gambar 4. 37 Rekomendasi zona bukaan area tribun.....	76
Gambar 4. 38 Penerapan bukaan pada area tribun.....	76
Gambar 4. 39 Penerapan bukaan pada selubung barat dan timur	78
Gambar 4. 40 Penerapan bukaan pada atap.....	80
Gambar 4. 41 Simulasi penerapan ventilasi alami dengan inlet berasal dari barat	82
Gambar 4. 42 Contour laju aliran udara dengan inlet berasal dari barat.....	83
Gambar 4. 43 Simulasi penerapan ventilasi alami dengan inlet berasal dari barat	84
Gambar 4. 44 Contour laju aliran udara dengan inlet berasal dari timur	85
Gambar 4. 45 Eksterior rekomendasi desain gor pancasila.....	86
Gambar 4. 46 Penataan vegetasi area timur tampak	86
Gambar 4. 47 Penataan vegetasi area barat laut tampak.....	87
Gambar 4. 48 Denah sebelum dan sesudah pemindahan ruang.....	88
Gambar 4. 49 Tampak depan sebelum dan sesudah rekomendasi desain	88
Gambar 4. 50 Bukaannya roaster tampak depan.....	89
Gambar 4. 51 Bukaannya awning tampak depan.....	89
Gambar 4. 52 Potongan rekomendasi tribun	90
Gambar 4. 53 Sudut pandang penonton tribun	90
Gambar 4. 54 Area tribun timur dan barat	91
Gambar 4. 55 Area tribun selatan	92
Gambar 4. 56 Tampak samping sebelum dan sesudah rekomendasi desain	93
Gambar 4. 57 Kenaikan atap pada selasar samping bangunan.....	93
Gambar 4. 58 Bukaannya pada selubung barat dan timur	94

Gambar 4. 59 Bukaan pada area atap..... 96
Gambar 4. 60 Denah tribun penyangang cacat..... 97
Gambar 4. 61 Vertical platform lift.....98



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Layoutpan eksisting Gor Pancasila	102
Lampiran 2. Denah lantai 1 eksisting Gor Pancasila	103
Lampiran 3. Denah lantai 2 eksisting Gor Pancasila	104
Lampiran 4. Potongan eksisting Gor Pancasila	105
Lampiran 5. Tampak eksisting Gor Pancasila	106
Lampiran 6. Layoutplan rekomendasi desain Gor Pancasila	107
Lampiran 7. Denah rekomendasi desain Gor Pancasila	108
Lampiran 8. Denah lantai 2 rekomendasi desain Gor Pancasila	109
Lampiran 9. Potongan rekomendasi desain Gor Pancasila	110
Lampiran 10. Tampak rekomendasi desain Gor Pancasila	111



RINGKASAN

Zakiyah Nur'Aini, Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2019, Sistem Penghawaan Alami Pada Gor Pancasila Surabaya, Dosen Pembimbing : Ir. Jusuf Thojib, MSA.

sistem penghawaan alami bermanfaat besar bagi bangunan dimana aliran udara dari luar dapat diarahkan ke dalam bangunan sehingga mampu mengatasi kondisi thermal bangunan sekaligus menghemat energi. Objek yang diambil yaitu GOR Pancasila Surabaya yang memiliki permasalahan pada luas, letak dan jenis bukaan sehingga terjadi peningkatan suhu ruang yang mengganggu kenyamanan thermal jika tidak diseimbangkan dengan sistem penghawaan pada bangunan. Dengan melihat permasalahan yang ada, Gor Pancasila membutuhkan penataan ulang pada bangunan dengan menerapkan sistem ventilasi silang dan stack effect sehingga aliran udara segar yang telah diarahkan ke bangunan dapat masuk secara merata menggantikan udara panas dan mencapai kenyamanan termal.

Metode yang digunakan pada penelitian yaitu metode deskriptif kuantitatif. Metode ini menjelaskan suatu situasi yang menjadi obyek penelitian dengan studi observasi lapangan dan studi simulasi dengan software Ansys Workbench untuk mendapatkan data berupa angka. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi persebaran dan kecepatan angin dalam bangunan sehingga dapat ditemukan solusi desain untuk memaksimalkan sistem penghawaan alami bangunan. Penelitian ini dilakukan pada aula Gor Pancasila Surabaya dengan mengambil 5 titik pengukuran di dalam bangunan dan 4 titik pengukuran di luar bangunan. Di dalam bangunan titik pengukuran diambil di tribun timur, barat, selatan, balkon lantai 2 utara dan di tengah lapangan. Di luar bangunan titik pengukuran yaitu pada ketinggian 3,95 meter sejajar dengan bukaan eksisting di sebelah utara, timur, barat dan selatan. Macam-macam variabel yang digunakan pada tahap penelitian hingga ke tahap rekomendasi adalah Variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas meliputi suhu ruang, kelembaban ruang, arah dan kecepatan angin. Sedangkan untuk variabel terikat yaitu kualitas penghawaan alami pada Gor Pancasila Surabaya.

Hasil yang didapatkan dari observasi dan simulasi pada bangunan eksisting yaitu kondisi bukaan yang belum memenuhi standar minimal 6% dari luas ruangan dan kecepatan angin yang belum mencapai kenyamanan menurut Lipsmeier dimana kecepatan angin yang dianggap nyaman yaitu 0.25 – 0.5 m/s. Dengan ditemukannya permasalahan maka peneliti memberikan solusi desain dengan menyesuaikan standar bukaan sesuai SNI juga menerapkan sistem penghawaan alami *cross ventilation* dan *stack effect*. Hasil simulasi rekomendasi desain sudah memenuhi kebutuhan dan kenyamanan Gor Pancasila Surabaya.

Kata kunci: Sistem penghawaan alami, *cross ventilation*, *stack effect*, Gor Pancasila Surabaya

SUMMARY

Zakiyah Nur'Aini, Architectural Engineering Department, Faculty of Engineering of University of Brawijaya, 2019 December, *Natural Ventilation System in GOR Pancasila Surabaya*, Supervisor: Ir. Jusuf Thojib, MSA.

Natural ventilation systems are of great benefit to buildings because air flow from the outside can be directed into the building so as to overcome the thermal conditions of the building while saving energy. The object taken was GOR (sport center) Pancasila Surabaya which has problems in the width, location and type of openings so that an increase in room temperature disrupts thermal comfort if it is not balanced with the air conditioning system in the building. By looking at the existing problems, GOR Pancasila requires rearrangement in the building by applying a cross ventilation system and stack effect so that fresh air flow that has been directed to the building can enter evenly replacing hot air and thermal comfort can be achieved.

The method used in this research was quantitative descriptive study. This method explained the situation of the research object by field observation studies and simulation studies with Ansys Workbench software to get data in the form of numbers. It aimed to evaluate the distribution and wind velocity in the building so that solutions could be found to maximize the natural ventilation system of the building. This research was conducted at the GOR Pancasila Hall in Surabaya by taking 5 measurement points inside the building and 4 measurement points outside the building. Inside the building, the measurement points were taken in the east, west, and south stands, north balconies on the 2nd floor and in the middle of the field. Measurement points outside the building were at an altitude of 3.95 meters parallel to the north, east, west and south existing openings. The variables used in this research up to the recommendation stage are the independent variables and the dependent variables. The independent variables included room temperature, room humidity, direction and the speed of the wind while the dependent variable was the quality of natural ventilation on the GOR Pancasila Surabaya.

The results obtained from the observations and simulations on the existing building were the openings condition did not meet the minimum standard of 6% of the area of the room and wind speed had not reached comfort according to Lipssmeir where the wind speed that is considered comfortable is 0.25 - 0.5 m / s. With the discovery of the problem, the researcher provided a design solution by adjusting the opening standards according to SNI and also applied a natural ventilation system such as cross ventilation and stack effect. The simulation results of the design recommendations had met the needs and comfort of GOR Pancasila Surabaya.

Key words: Natural ventilation system, cross ventilation, stack effect, GOR Pancasila Surabaya

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan letak geografisnya, Indonesia merupakan negara beriklim tropis lembab, dengan karakter intensitas radiasi matahari cukup tinggi, temperatur udara relatif tinggi, kelembaban udara dan curah hujan juga tinggi, serta keadaan langit senantiasa berawan (Lippsmeier, 1994). Karakteristik iklim tropis lembab memiliki kelembaban cukup tinggi yaitu 80%-95% pada musim hujan dan 70% - 80% pada musim kemarau. Kelembaban yang cukup tinggi ini disebabkan adanya pengaruh dari evaporasi air laut. Temperatur udara mencapai 24°C pada malam hari dan 34°C pada siang hari. Keadaan tersebut terjadi hampir sepanjang tahun dan berpengaruh pada lingkungan mikro. Kenyamanan termal dibutuhkan tubuh agar dapat beraktifitas dengan nyaman sehingga mempengaruhi bangunan di Indonesia untuk melakukan berbagai cara agar penghawaan khususnya di dalam ruangan dapat mencapai tingkat kenyamanan.

Menurut Silaban (2004), kawasan tropis memiliki presentase lebih rendah dalam menggunakan listrik dan energi bahan bakar minyak (BBM) dibanding pada kawasan sub-tropis yang dapat mencapai 60% dari total konsumsi energi. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya kebutuhan pemanas ruang saat musim dingin. Sementara di kawasan tropis, penggunaan pendingin ruang (AC) hanya ditemukan pada sejumlah kecil bangunan. Namun, penghematan energi pada bangunan wilayah tropis seperti di Indonesia, tetap akan memberikan kontribusi besar terhadap penurunan konsumsi energi secara nasional.

Indonesia sebagai negara dengan iklim tropis dimana dengan posisinya mempunyai keuntungan dengan melimpahnya sinar matahari dan angin yang jika dikelola dengan baik dapat menghasilkan manfaat yang besar. Namun keuntungan tersebut masih belum banyak dioptimalkan pada bangunan-bangunan di Indonesia. Banyak yang lebih memilih menyelesaikan permasalahan thermal dengan penghawaan buatan karena pada proses desain tidak memperhatikan sistem penghawaan alami dimana aliran udara dari luar dapat diarahkan ke dalam bangunan sehingga mampu mengatasi kondisi thermal bangunan sekaligus menghemat energi.

Objek yang diambil yaitu GOR Pancasila yang berada Jl. Patmosusastro No. 12 ,Darmo, Wonokromo, Surabaya. Dengan iklim tropis dan suhu rata-rata sepanjang tahun 25-32° celcius. Objek tersebut berupa bangunan yang berfungsi untuk kegiatan olahraga khususnya cabang tenis, voli dan basket. Dengan aktifitas tinggi dan kapasitas gedung sebanyak 2000 penonton sehingga dapat terjadi peningkatan suhu ruang yang mengganggu kenyamanan thermal jika tidak diseimbangkan dengan sistem penghawaan pada bangunan.

GOR Pancasila Surabaya berada di antara kawasan perumahan dan perdagangan dimana bangunan ini sedang menjadi sengketa antara pihak swasta dan pemerintah yang rencananya akan menjadi milik pemerintah dan akan direnovasi di tahun 2019. Di bagian utara timur dan selatan dikelilingi pemukiman yang cukup padat. Di sebelah barat berbatasan dengan Lapangan Thor Surabaya. Kondisi tapak GOR Pancasila dengan luasan 6.751 m² tidak terlalu besar dan minim vegetasi. Sementara kondisi bangunan berupa bangunan tua yang sudah dibangun sejak tahun 1965 dimana terdapat permasalahan pada bukaan yang belum memenuhi standar sehingga belum dapat mencapai penghawaan alami yang maksimal. Pada bagian timur dan barat terdapat jendela awning pada ketinggian 4,5 m , 6,5 m dan 7,1 m namun masih sangat minim sehingga tidak terasa aliran udara masuk ke dalam bangunan. Dengan melihat kondisi yang ada GOR Pancasila membutuhkan penataan ulang pada bangunan dengan menerapkan sistem ventilasi silang dan stack effect sehingga aliran udara segar yang telah diarahkan ke bangunan dapat masuk secara merata menggantikan udara panas. Dan pada akhirnya bangunan dapat mencapai kenyamanan termal.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Terdapat permasalahan bukaan pada selubung bangunan dari segi bentuk dan luas bukaan sehingga kenyamanan thermal pada GOR Pancasila belum tercapai.
2. Pada bangunan, ventilasi silang belum maksimal sehingga sistem penghawaan alami perlu diperbaiki dengan menerapkan ventilasi silang dan stack effect sesuai kebutuhan bangunan.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana evaluasi bentuk dan luas bukaan angin pada selubung GOR Pancasila?
2. Bagaimana mekanisme cross ventilation dan stack effect pada objek studi GOR Pancasila?

1.4 Batasan Masalah

1. Objek penelitian adalah aula olahraga GOR Pancasila Surabaya.
2. Penelitian dibatasi pada penangkap angin (aspek penghawaan alami).

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui bukaan yang sesuai bagi kebutuhan penghawaan alami bangunan
2. Mengetahui bagaimana seharusnya ventilasi alami pada bangunan
3. Adanya rekomendasi desain sistem penghawaan alami pada bangunan

1.6 Manfaat Penelitian

1. Bagi Mahasiswa: Sebagai kajian terkait penghawaan alami yang dapat dikembangkan.
2. Bagi GOR Pancasila: Sebagai evaluasi dan rekomendasi redesain gedung sehingga dapat mengoptimalkan penghawaan alami dalam gedung.
3. Bagi Masyarakat pada umumnya : Rekomendasi desain dapat dijadikan pertimbangan dalam mendesain khususnya bangunan tebal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian GOR

Pada kamus umum Bahasa Indonesia (Balai Pustaka, 1995) menyebutkan, Gelanggang merupakan ruang/lapangan yang biasanya digunakan untuk menyabung ayam, bertinju, berpacu kuda, olahraga dan sebagainya. Sementara Olahraga diartikan secara umum, Olah berarti laku, ulah, cara, perbuatan; Raga berarti badan, tubuh. Pada Kamus Umum Bahasa Indonesia (1985), Olahraga memiliki pengertian sebagai 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).

2.2 Jenis Gelanggang Olahraga

Dalam SNI 03-3647-1994 (Tata Cara Perencanaan Teknik Bangunan Gedung Olahraga) oleh Departemen Pekerjaan Umum, Gelanggang Olahraga diklasifikasikan:

1. Gelanggang Olahraga Tipe A yaitu Gelanggang Olahraga untuk wilayah Propinsi / Daerah Tingkat I dalam penggunaan wilayahnya.
2. Gelanggang Olahraga Tipe B yaitu Gelanggang Olahraga untuk wilayah Kabupaten / Kotamadya dalam penggunaan wilayahnya.

2.3 Standar Bangunan Olahraga

Dalam SNI 03-3647-1994 (Tata Cara Perencanaan Teknik Bangunan Gedung Olahraga) oleh Departemen Pekerjaan Umum yang berpengaruh terhadap penghawaan alami yaitu:

1. Tata Udara

Tata udara dalam bangunan olahraga dapat memakai ventilasi alami atau mekanis.

Dalam penggunaan ventilasi alami, harus memenuhi:

- a. Luas bukaan minimum sebesar 6 % dari luas lantai efektif;
- b. Ventilasi alami diletakkan sesuai pergerakan udara silang.

2. Tingkat refleksi dan warna bangunan Gor

Tabel 2. 1. *Refleksi Warna Bangunan Gor*

KOMPONEN	KOEFESIEN REFLEKSI	TINGKAT WARNA
Langit-langit	0.5-0.75	Cerah
Dinding dalam arena	0.4-0.6	Sedang
Lantai arena	0.1-0.4	Agak gelap

Sumber: SNI 03-3647-1994

3. Dinding Arena

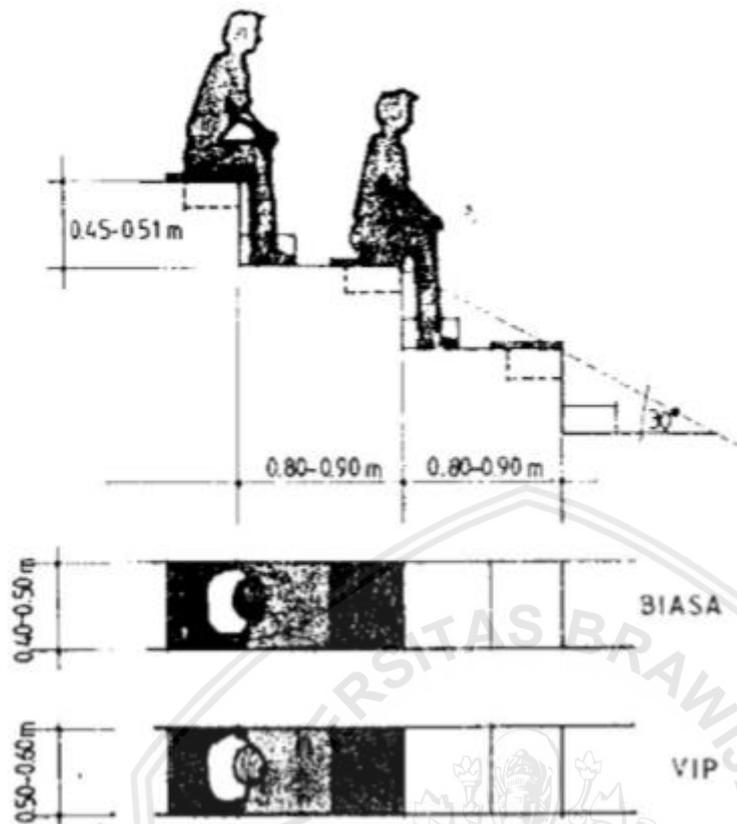
Dinding pemukul dan atau dinding pengisi dapat dijadikan dinding arena olahraga dengan syarat:

- a. Kekuatan konstruksi dinding mampu menahan benturan pemain atau bola;
- b. Tidak boleh ada tonjolan-tonjolan atau permukaan yang kasar pada dinding arena.
- c. Tidak boleh ada bukaan pada dinding arena kecuali pintu, setinggi 2 meter di atas lantai.
- d. Tidak boleh ada tonjolan, bukaan tetap atau perubahan bidang sampai ketinggian 2 meter pada dinding arena.

4. Tempat duduk

Ukuran tempat duduk Gelanggang Olahraga memiliki persyaratan sebagai berikut:

- 1) Tempat duduk area VIP, dibutuhkan lebar minimal 0,50 m dan maksimal 0,60 m, dengan ukuran panjang minimal 0,80 m, dan maksimal 0,90 m
- 2) Tempat duduk biasa, dibutuhkan lebar minimal 0,40 m, maksimal 0,50 m, dengan panjang minimal 0,80 m, maksimal 0,90 m;



Gambar 2. 1 Standar ukuran tempat duduk

Sumber: SNI 03-3647-1994

5. Fasilitas penyandang cacat

Tribun yang diperuntukkan bagi penyandang cacat, harus memenuhi:

- (1) Diletakan pada bagian paling depan atau paling belakang tribun penonton;
- (2) Ukuran tribun untuk penyandang cacat dengan syarat lebar tribun minimal 1,40 meter (untuk kursi roda), ditambah lebar selasar dengan ukuran minimal 0,90 m.

2.4 Iklim Tropis Lembab

Iklim ialah kondisi hawa (suhu, kelembaban, hujan, sinar matahari dan awan) rata-rata secara tahunan yang meliputi wilayah yang luas. Iklim tropis hangat-basah (lembap) memiliki ciri-ciri kelembapan relatif yang tinggi umumnya sekitar 90 %, hujan yang deras, untuk suhu sepanjang tahun rata-rata $> 17,77$ derajat celcius – $37,78$ derajat celcius (di musim panas) dan perbedaan antar musim tidak terlalu mencolok, kecuali pada saat periode sedikit hujan dan banyak hujan yang disertai angin kencang.

Vegetasi pada iklim tropis lembab umumnya hijau sepanjang tahun (*evergreen*), dengan dua musim basah dan hujan terkonsentrasi di wilayah pesisir. Kecepatan angin karena

dihambat oleh daun-daun yang tebal, umumnya rendah. Namun pada daerah terbuka disertai badai tropis kencang, kecepatan angin dapat mencapai 80 mph. Langit terasa lebih silau dibanding zona panas terik, namun nampak lebih kusam ketika mendung. Jamur dan rayap banyak ditemukan. Tanggapan desain yang tepat pada perlindungan dari hujan dan terik matahari dan juga harus memungkinkan udara untuk bergerak di sekitar manusia dan bangunan. Udara yang bergerak membantu untuk mengeringkan kulit berkeringat dan dengan demikian mengurangi ketidaknyamanan (Salmon, 1999, p.98).

2.5 Angin

Angin ialah hawa udara yang bergerak. Gerak angin disebabkan oleh bagian-bagian udara yang didorong dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Arus angin akan mengalir mengikuti dorongan dari daerah bertekanan tinggi yang relatif dingin ke arah daerah bertekanan rendah yang relatif lebih panas. Berikut beberapa hal mengenai angin:

1. Kecepatan Angin

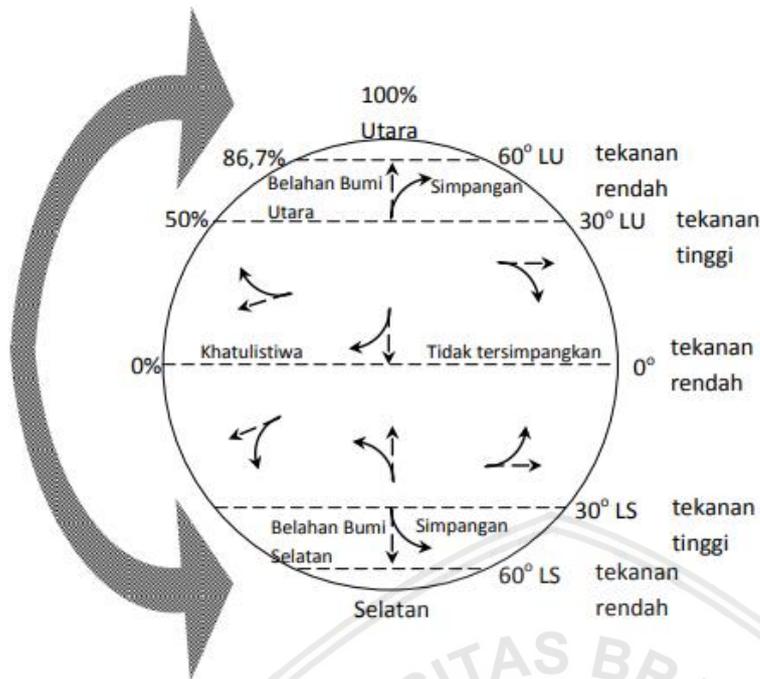
Kecepatan gerak udara, dapat diukur dengan anemometer.

2. Kekuatan Angin

Tergantung kecepatan angin, makin cepat angin bergerak maka makin besar kekuatan angin.

3. Arah Angin

Terdapat Gaya Coriolis yaitu gaya semu yang timbul akibat efek gerakan rotasi Bumi dan gerakan benda relatif terhadap permukaan Bumi. Adanya Gaya Coriolis menyebabkan pembelokan arah angin yang tidak persis searah dengan arah gradien tekanan, yaitu dari daerah isobar tekanan tinggi ke isobar tekanan rendah (perhatikan garis patah-patah pada gambar di bawah).



Gambar 2. 2 Gaya Coriolis
Sumber: Fisika Bangunan (Satwiko, 2008:15)

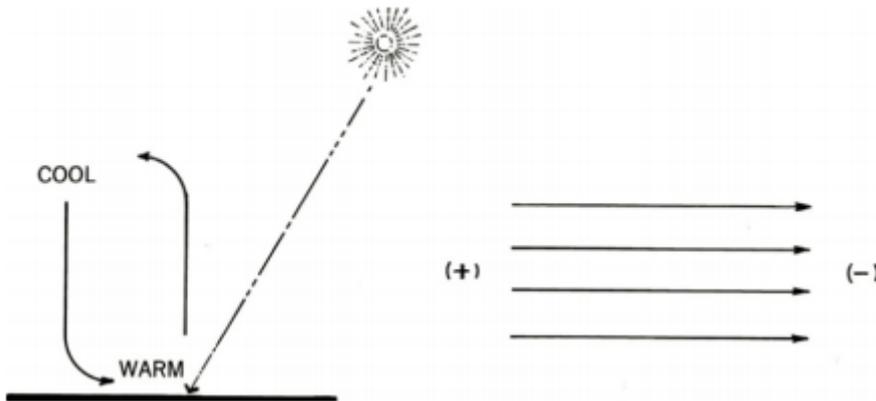
Gaya Coriolis terlihat makin besar dengan bertambahnya lintang tempat, dan di ekuator (lintang 0°), gaya Coriolis tidak ada (menuju nol). Karena itu angin yang bergerak sepanjang ekuator (garis khatulistiwa) tidak dibelokkan. Perubahan lintasan angin disimpulkan oleh Buys Ballot, disebut hukum Buys Ballot yang berbunyi sebagai berikut:

- Udara (angin) bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah.
- Di belahan Bumi utara, angin berbelok ke kanan dan di belahan Bumi selatan angin berbelok ke kiri.

2.6 Prinsip-Prinsip Dasar Aliran Udara (Angin)

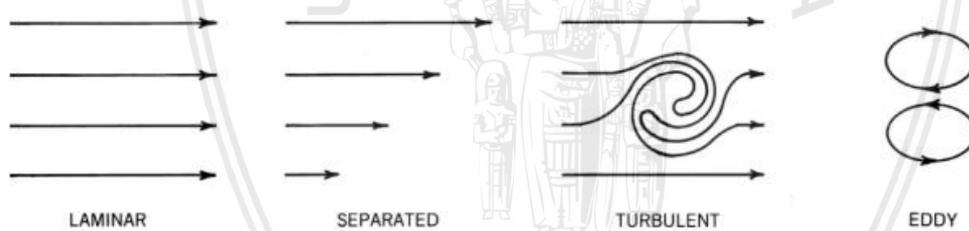
Udara bergerak mengikuti hukum-hukum alam tertentu, sehingga pergerakan udara ini relatif teratur dan dapat diprediksi (Boutet, 1987). Prinsip-prinsip dasar aliran udara menurut Lechner, 2007, sebagai berikut:

- Pergerakan udara . Karena arus konveksi natural, terjadi pergerakan udara oleh sebab perbedaan suhu/tekanan.



Gambar 2. 3 Pergerakan udara disebabkan arus konveksi natural
Sumber: Lechner, 2007:293

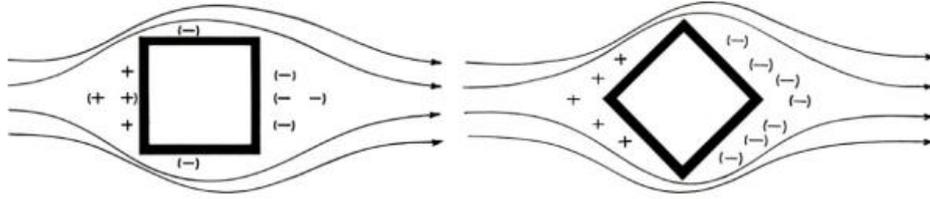
- b. Tipe-tipe pola aliran udara Boutet (1987) terbagi atas 3 jenis; pola aliran udara laminar (berlapis) yang cenderung sejajar dan mudah diprediksi, pola aliran udara turbulen (bergolak) yang acak dan susah diprediksi, dan pola aliran udara separated (terpisah) yang kecepatan anginnya berkurang walaupun tetap bergerak sejajar. Selain ketiga pola aliran udara ini, Lechner (2007) menambah pola aliran udara eddy (berpusar),



Gambar 2. 4 Tipe-tipe pola aliran udara
Sumber: Lechner, 2007:294

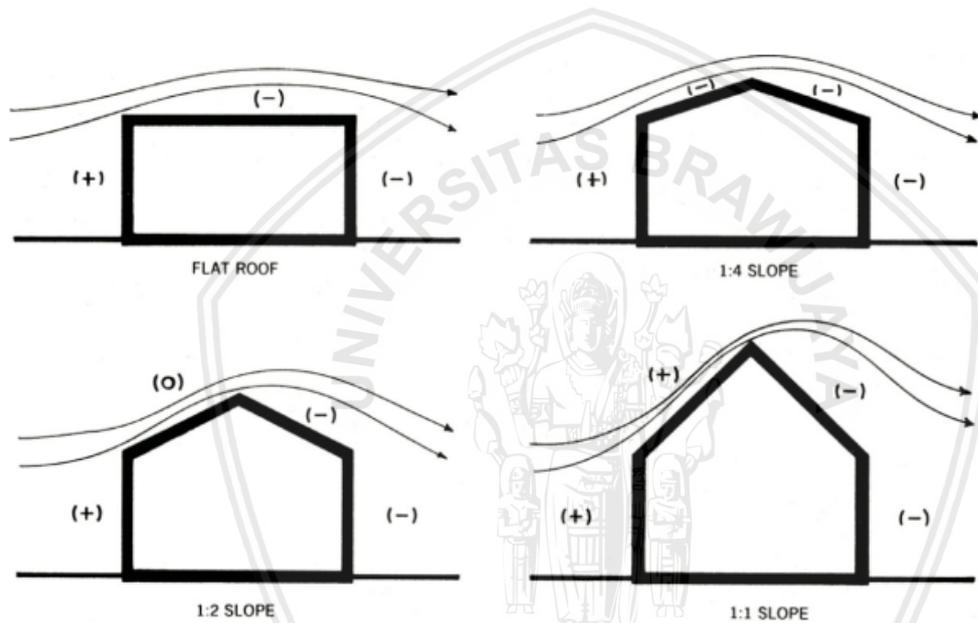
- c. Kelambanan (inertia) Udara memiliki massa, sehingga pergerakannya cenderung di jalur yang lurus. Sehingga, bila arah alirannya dipaksa berubah, aliran udara akan mengikuti bentuk kurva dan tidak pernah membentuk sudut yang benar.
- d. Konservasi udara garis-garis yang menggambarkan aliran udara harus digambar secara terus menerus karena udara yang mendekati suatu bangunan harus setara dengan udara yang keluar dari bangunan tersebut.

- e. Area dengan tekanan udara yang tinggi dan rendah saat angin mencapai permukaan bangunan, akan memadatkan dan menciptakan tekanan positif (+). Kemudian udara tekanan negatif (-) tercipta apabila udara dibelokkan ke sisi bangunan tersebut.



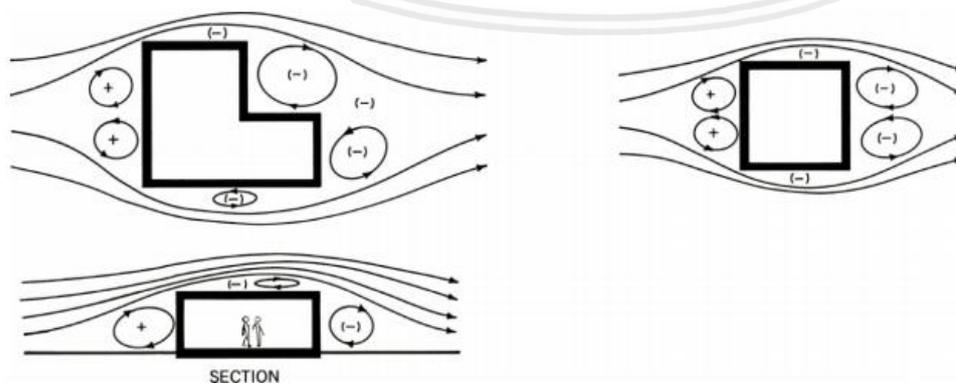
Gambar 2. 5 Aliran udara dengan tekanan positif dan negatif

Sumber: Lechner,2007:294



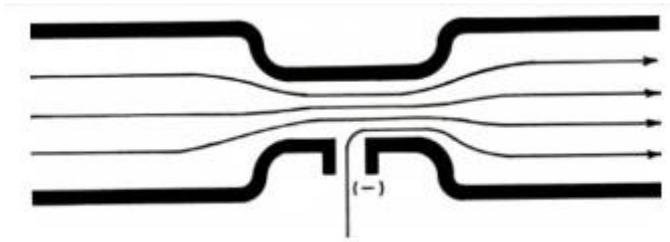
Gambar 2. 6 Tekanan pada atap sesuai kelandaian atap

Sumber: Lechner 2007:295



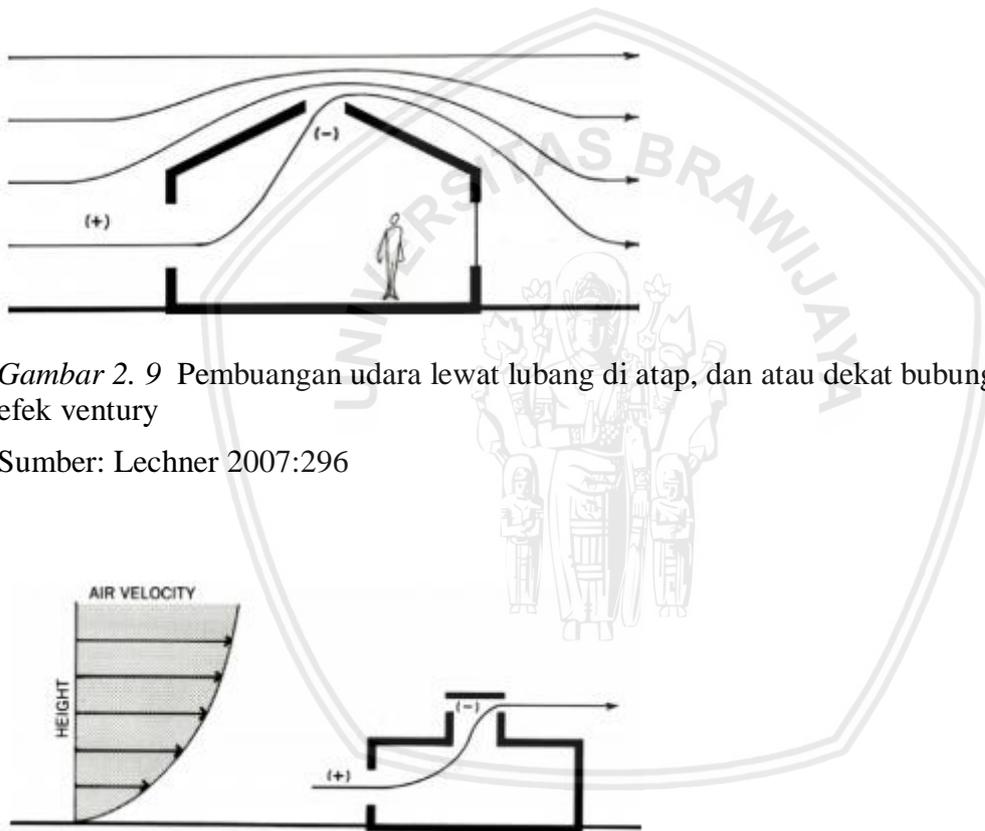
Gambar 2. 7 Pola aliran udara bergolak dan berpusar pada area bertekanan

- f. Efek Bernoulli peningkatan kecepatan cairan akan menurunkan tekanannya, sehingga menyebabkan tekanan negatif pada pembatasan tabung venturi



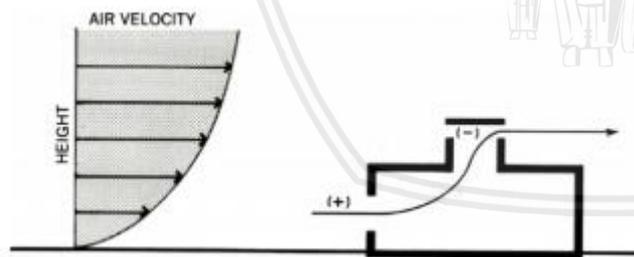
Gambar 2. 8 Efek Bernoulli pada tabung "vrnturi"

Sumber: Lechner, 2007:295



Gambar 2. 9 Pembuangan udara lewat lubang di atap, dan atau dekat bubungan karena efek ventury

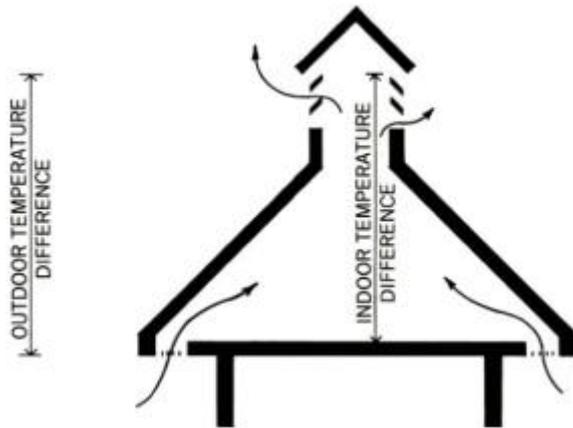
Sumber: Lechner 2007:296



Gambar 2. 10 udara memiliki tekanan statik yang kurang di bagian atap dibanding di bagian dasarnya karena kecepatan angin meningkat di atas grade,

Sumber: Lechner, 2007:296

- g. Efek cerobong asap Efek cerobong asap merupakan gabungan dari efek Bernoulli dan efek venturi, pembuangan udara dari bangunan dilakukan lewat aksi konveksi alami (Gambar 2.11).

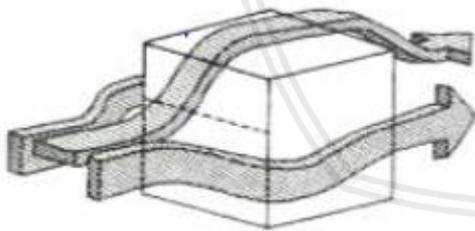


Gambar 2. 11 Efek cerobong asap

Sumber: Lechner, 2007:296

2.7 Pola Aliran Udara dan Kecepatan Angin pada Skala Lingkungan

Menurut Boutet (1987), terdapat 3 hal yang mempengaruhi pola aliran udara dan kecepatan angin pada skala lingkungan, yakni bangunan, vegetasi dan bentuk lahan. Struktur bangunan dapat menghalangi, membelokkan, mengurangi atau menambah kecepatan aliran udaranya dan mengarahkan aliran udara di sekitarnya. Ketika aliran udara menuju permukaan bangunan, $\frac{1}{3}$ (sepertiga) aliran udara naik ke atas bangunan dan $\frac{2}{3}$ (dua per tiga) aliran udara membelok ke sisi bangunan

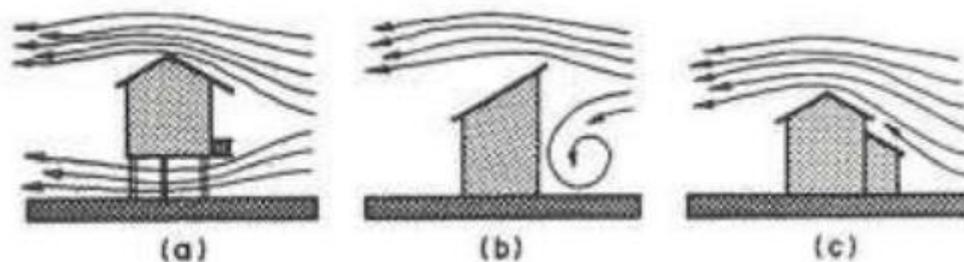


Gambar 2. 12 Prinsip aliran udara pada bangunan

Sumber : Boutet, 1987:50

Sementara aliran udara pada skala bangunan menurut Boutet (1987), dipengaruhi oleh bangunan tersebut, pagar di sekitar bangunan, vegetasi di sekitar bangunan, dan juga bangunan-bangunan sekitarnya. Pada bangunan itu sendiri, terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi pola aliran udara dan kecepatan angin, seperti tinggi, konfigurasi, orientasi, bentuk atap, teritis, dan bentuk arsitektural lainnya. Pola pergerakan aliran udara dan kecepatan angin juga dipengaruhi oleh konfigurasi dan orientasi bangunan terhadap arah datang angin. Seperti terlihat pada Gambar 2.13 berikut, pada bangunan berbentuk

panggung, aliran udara menyebar ke bagian atap dan bawah panggung; pada bangunan beratap jengki, sebagian besar aliran udara terhalang oleh dinding bangunan; dan pada bangunan beratap planar, aliran udara mengikuti bentuk atap (Boutet, 1987).



Gambar 2. 13 Aliran udara pada konfigurasi dan orientasi bangunan yang berbeda
Sumber: Boutet, 1987:56

2.8 Standard Kecepatan Angin

Lippsmeir (1997:38) menyatakan, patokan dalam kecepatan angin yaitu:

1. 0.25 m/s : nyaman, tanpa dirasakan adanya gerakan udara
2. 0.25 – 0.5 m/s : nyaman, gerakan udara terasa
3. 1.0 – 1.5 m/s : aliran udara ringan sampai tidak menyenangkan
4. Diatas 1.5 m/s : tidak menyenangkan.

Sementara berdasarkan skala beauford, kecepatan angin dibagi menjadi 12 bagian.

Tabel 2. 2. Skala Beauford

Nomor Beaufort	Kekuatan Angin	Kecepatan Rata-Rata (km/jam)
0	Tenang	<1
1	Sedikit tenang	1-5
2	Sedikit hembusan angin	6-11
3	Hembusan angin pelan	12-19
4	Hembusan angin sedang	20-29
5	Hembusan angin sejuk	30-39
6	Hembusan angin kuat	40-50
7	Mendekati kencang	51-61
8	Kencang	62-74
9	Kencang sekali	75-87
10	Badai	88-101
11	Badai dahsyat	102-117
12	Badai topan	>118

Sumber: Fisika Bangunan (Satwiko, 2008:19)

2.9 Faktor-faktor Aliran Udara

Faktor-faktor penyebab terjadinya aliran udara atau angin (Prasetya, 2008 dalam Resmi, 2010) yaitu:

- a. Gradien barometris ialah bilangan yang menunjukkan perbedaan tekanan udara dari dua isobar yang jaraknya 111 km. Besar kecilnya Gradien barometris berbanding lurus dengan kecepatan angin.
- b. Kecepatan angin lebih cepat di dekat garis khatulistiwa dibanding daerah yang jauh.
- c. Topografi yang tidak rata, ketinggian dan tonjolan permukaan bumi (gunung, pohon dan lain-lain) menghambat laju udara dengan menciptakan gaya gesek yang besar. Namun pada lokasi yang tinggi, gaya gesek semakin kecil sehingga kecepatan angin semakin cepat.
- d. Waktu mempengaruhi pergerakan angin, pada siang hari angin lebih cepat bergerak dibanding malam hari.

2.10 Kenyamanan Thermal

Kenyamanan thermal yaitu kondisi pikiran yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan thermal (British standard BS EN ISO 7730/ISO 7730 1994; ASHRAE, 1989; Fanger 1970). Definisi “kondisi pikiran” berarti bahwa kenyamanan merupakan fenomena psikologis, didasarkan pada kondisi fisik (lingkungan). Untuk mendapatkan kenyamanan, perlu mempertimbangkan berbagai faktor lingkungan dan individu yang membentuk “lingkungan thermal manusia” tersebut.

2.11 Faktor-Faktor Kenyamanan Thermal

Faktor-faktor yang berpengaruh pada kenyamanan thermal:

- a. Suhu udara

Suhu merupakan variabel dasar yang mempengaruhi kenyamanan thermal. Panas dialirkan baik keluar ataupun masuk melalui selubung bangunan ditambah aspek-aspek dalam bangunan, akan menentukan suhu dalam ruang. Jika kita mengetahui suhu udara luar dan zona nyaman, kita dapat menentukan strategi untuk mengontrol aliran panas dalam bangunan dan mendapatkan kenyamanan dalam ruangan.

b. Kelembaban udara

Kelembaban udara adalah kandungan uap air dalam udara. Kelembaban relatif (relative Humidity, RH) adalah rasio dari jumlah maksimum uap air yang ditahan di udara pada suhu tertentu dengan jumlah air sebenarnya dari uap air di udara. Szokolay (1980:272) menjelaskan, kelembapan atmosfer berpengaruh kecil terhadap kenyamanan sensasi panas pada atau sekitar suhu yang nyaman, kecuali jika kelembapan sangat rendah atau sangat tinggi.

Pada zona tropis tingkat kelembapan yang tinggi dapat menjadikan udara sangat tidak nyaman, meskipun suhu udara tidak tinggi karena uap air sudah jenuh. Batasan kenyamanan seperti yang diuraikan dalam tabel. Batasan Kenyamanan pada Rentang Suhu dan Kelembaban yang Berbeda (Szokolay, 1980).

Tabel 2. 3 *Batas Kenyamanan Pada Rentang Suhu dan Kelembaban Yang Berbeda*

Rentang suhu nyaman (oC DBT)			
Rerata RH tahunan	Suhu rerata tahunan		
	>20 C	15-20 C	<15 C
<30%	26	23	21
30-50%	25	22	20
50-70%	23	21	19
>70%	22	20	18

Sumber: Szokolay, 1980

c. Kecepatan aliran angin

Angin ialah udara yang bergerak. Angin dapat membantu mempercepat pelepasan kalor dengan mengangkat uap-uap air pada permukaan kulit manusia. Namun jika angin terlalu kencang, akan terjadi pelepasan kalor secara berlebih dan kondisi tubuh menjadi kedinginan sehingga mengganggu kenyamanan thermal.

d. Radiant Temperature

Radiant Temperature adalah suhu ruang yang dipengaruhi berbagai sumber panas dalam suatu lingkungan. Panas radian memiliki pengaruh yang lebih besar pada suhu udara karena berkaitan dengan kehilangan atau mendapatkan panas dari atau ke lingkungan. Radian heat meliputi: matahari, api, kompor listrik, tungku; rol uap; oven; kompor, pengering, permukaan dan mesin panas, logam carir dan lain-lain. Pancaran radian heat tersebut akan meningkatkan suhu dalam bangunan. Untuk mencegahnya, material harus digunakan dengan tepat atau menggunakan bahan isolasi yang menghambat perambatan panas.

e. Pergerakan Udara

Kecepatan Bergeraknya aliran udara merupakan faktor yang penting dalam mempengaruhi kenyamanan thermal karena biasanya orang sensitif pada hal tersebut. Udara yang berhenti di dalam ruangan yang secara artifisial dipanaskan dapat menyebabkan orang merasakan pengap. Hal ini juga dapat menyebabkan bau yang tidak diharapkan. Udara yang bergerak meskipun dalam kondisi hangat atau lembap dapat menyebabkan kehilangan panas melalui konveksi tanpa disertai ada perubahan suhu ruangan. Peningkatan gerakan udara juga dapat dicapai dengan aktifitas fisik.

Pergerakan udara dapat berpengaruh terhadap tingkat kenyamanan yang dipengaruhi oleh baik kecepatan ataupun arahnya yang biasanya disajikan dalam set data berupa wind roses. Reaksi subjektif rata-rata untuk berbagai kecepatan sebagai berikut.

Tabel 2. 4. *Pengaruh Kecepatan Angin*

Kecepatan Angin Bergerak	Pengaruh Atas Kenyamanan	Efek Penyegaran (Pada Suhu 30 derajat celcius)
<0.25 m/s	Tidak dapat dirasakan	0 derajat celcius
0.25-0.5 m/s	Paling nyaman	0.5-0.7
0.5-1 m/s	Masih nyaman	1.0-1.2
1-1.5 m/s	Kecepatan maksimal	1.7-2.2
1.5-2 m/s	Kurang nyaman, berangin	2.0-3.3
>2 m/s	Kesehatan penghuni terpengaruh oleh kecepatan angin yang tinggi	2.3-4.2

Sumber: *Arsitektur dan Kenyamanan Thermal* (Idham, 2016:37)

f. Pakaian

Pakaian mempengaruhi pelepasan kalor seseorang ke dalam lingkungan. Pelepasan kalor banyak terjadi jika pakaian yang dipakai pendek dan berbahan tipis (biasa terjadi di daerah bersuhu tinggi). Begitu pula pelepasan kalor akan minim terjadi, jika pakaian yang dipakai panjang dan berbahan tebal (biasa terjadi di daerah bersuhu rendah).

g. Aktivitas manusia

Kalor dapat dihasilkan lewat aktifitas manusia dengan jumlah yang berbeda-beda sesuai jenis kegiatannya. Aktivitas yang berat akan memerlukan energi dan menghasilkan kalor yang besar, seperti mengangkat beban, berolahraga dan lain-lain. Sementara aktivitas yang ringan pun akan menghasilkan kalor yang minim juga.

2.12 Sistem Ventilasi Alami

Menurut Allard (1998) Sistem ventilasi ialah strategi mencapai kualitas udara dalam ruang yang merupakan dasar untuk mensuplai udara segar dalam ruang, jumlah bukaan ventilasi diperlukan untuk menjaga kualitas udara tergantung dari kondisi alam dan didominasi sumber polusi pada ruang tersebut. 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)

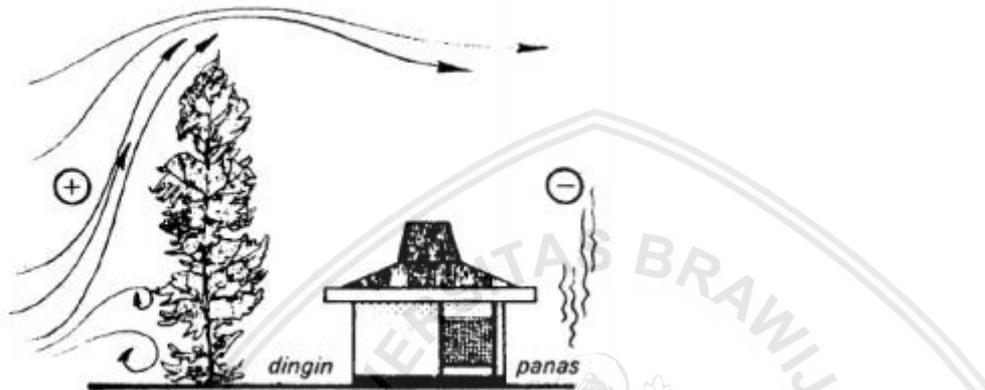
Sementara ventilasi alami ialah petukaran udara yang terjadi secara alami (tidak menggunakan alat-alat mekanis seperti air conditioner dan lain-lain)). Ventilasi alami menghasilkan aliran udara yang nyaman,sehat dan tanpa energi tambahan sehingga mampu menghemat energi bangunan.

2.13 Jenis Ventilasi Alami

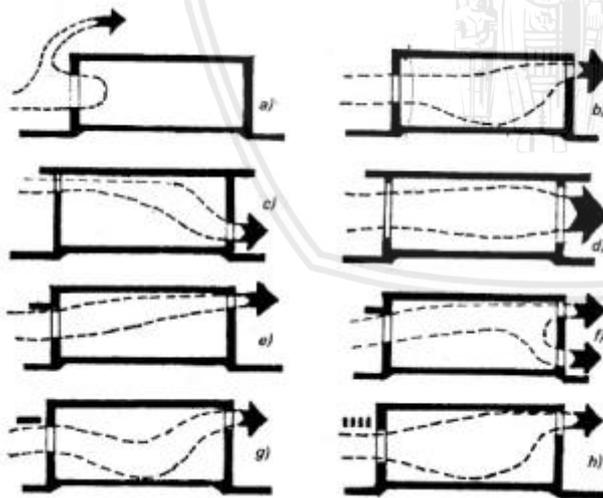
Sistem ventilasi alami secara umum dibagi menjadi 2 jenis, yaitu ventilasi horizontal (cross ventilation dan single-sided ventilation) dan ventilasi vertikal yang disebut stack-effect ventilation. *Cross ventilation* (ventilasi silang) memiliki bukaan pada dua atau lebih dari sisi ruangan, single-sided ventilation memiliki bukaan hanya berada pada satu sisi ruangan. Sementara, Stack effect memiliki bukaan dengan ketinggian yang berbeda. Untuk memaksimalkan penghawaan alami pada bangunan Gor akan diterapkan sistem *cross ventilation* dan *stack effect*.

a. Cross Ventilation

Cross ventilation merupakan Ventilasi horisontal yang muncul karena sumber udara dari arah horisontal. Kondisi ini dapat terjadi bila suhu sisi rumah yang berlawanan berbeda, satu sisi panas sementara sisi yang berlawanan lebih sejuk. Kondisi sejuk didapatkan, jika salah satu bagian tersebut diberikan penataan vegetasi yang teduh dan bagian tersebut sering mendapat bayangan (Udara mengalir dari dari tekanan tinggi ke rendah).



Gambar 2. 14 Prinsip ventilasi horisontal
Sumber: Mangunwijaya, 1988



Gambar 2. 15 Ventilasi silang hasil penelitian Texas
Sumber: Mangunwijaya, 1988

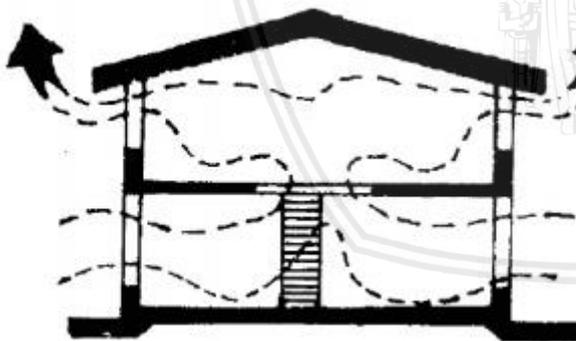
Keterangan gambar:

- (a) Tak ada arus, karena tak ada jalan keluar
- (b) Lubang keluar sama luas dengan lubang masuk. Arus ventilasi baik untuk daerah kedudukan tubuh manusia. Lebih baik lubang keluar diperluas.

- (c) Lubang masuk tinggi, lubang keluar rendah. Menimbulkan kantong udara mogok di bawah lubang masuk, justru pada tempat yang dibutuhkan oleh tubuh.
- (d) Lubang luas ventilasi baik sekali.
- (e) Penambahan lubang luas ventilasi baik sekali.
- (f) Penambahan lubang keluar tambahan pada situasi e memperbaiki pada daerah tubuh.
- (f),(g),(h) Dengan kasa-kasa ventilasi lebih dapat diperbaiki lagi.

b. Stack Effect

Stack Effect ialah ventilasi alami yang terjadi karena perbedaan jenis lapisan udara eksterior (luar) dan interior(dalam) bangunan. Udara dengan berat jenis rendah akan mengalir ke atas ruangan, dan sebaliknya udara yang lebih dingin (berat jenis tinggi), akan mengalir ke bawah ruangan.



Gambar 2. 16 Prinsip ventilasi vertikal

Sumber: Mangunwijaya, 1988

2.14 Standard Ventilasi Alami

Pergantian udara dalam ruangan sering dinyatakan dalam satuan ACH (Air Change per Hour). ACH merupakan jumlah pergantian seluruh udara dalam ruangan dengan udara segar dari luar setiap jam-nya (Satwiko, 2009). M.Evans (1980) menyarankan besar bukaan outlet disamakan dengan bukaan inlet sehingga sirkulasi udara dalam ruangan akan mencapai titik

optimum. Jika bukaan inlet lebih kecil dari bukaan outlet, terjadi peningkatan kecepatan angin dalam ruangan, namun pertukaran udara tidak optimum.

Pada suatu bangunan atau ruangan, umumnya terdapat 2 fungsi ventilasi, yaitu inlet dan outlet. Ventilasi yang berfungsi sebagai inlet, disarankan diletakkan pada ketinggian manusia (60–150 cm) agar udara dapat mengalir di sekitar manusia. Sedangkan untuk ventilasi yang berfungsi sebagai outlet harus diletakkan lebih tinggi dari inlet, agar udara panas dalam ruangan dapat mengalir keluar (Mediastika, 2002).

Menurut SNI 03-3647-1994 (Tata cara perencanaan teknik bangunan gedung olahraga) tata udara dalam bangunan dapat menggunakan ventilasi alami atau ventilasi mekanis (buatan). Ventilasi alami memiliki persyaratan sebagai berikut:

1. Luas bukaan minimum ialah 6 % dari luas lantai efektif;
2. Dalam perletakkannya, ventilasi alami diatur mengikuti pergerakan udara silang;

Berdasarkan SNI 03-6572-2001, besar pengaruh kriteria kenyamanan temperatur udara kering terhadap jumlah kalor yang dilepas lewat konveksi dan penguapan (evaporasi). Kenyamanan termal untuk daerah tropis diklasifikasikan:

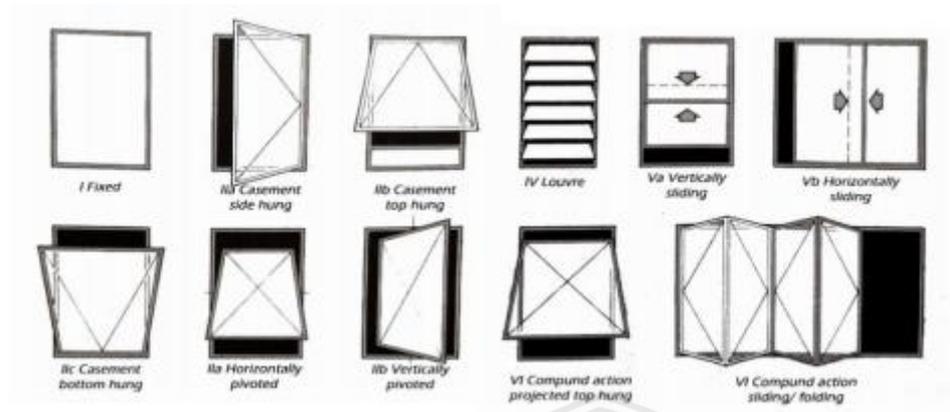
- a. sejuk nyaman, antara temperatur efektif $20,5^{\circ}\text{C} \sim 22,8^{\circ}\text{C}$.
- b. nyaman optimal, antara temperatur efektif $22,8^{\circ}\text{C} \sim 25,8^{\circ}\text{C}$.
- c. hangat nyaman, antara temperatur efektif $25,8^{\circ}\text{C} \sim 27,1^{\circ}\text{C}$.

2.15 Bentuk dan Lokasi Bukaan Udara

Berdasarkan Satwiko (2009) syarat penilaian bentuk ventilasi udara pada fasad yang dapat berpengaruh memaksimalkan kenyamanan thermal sebagai berikut:

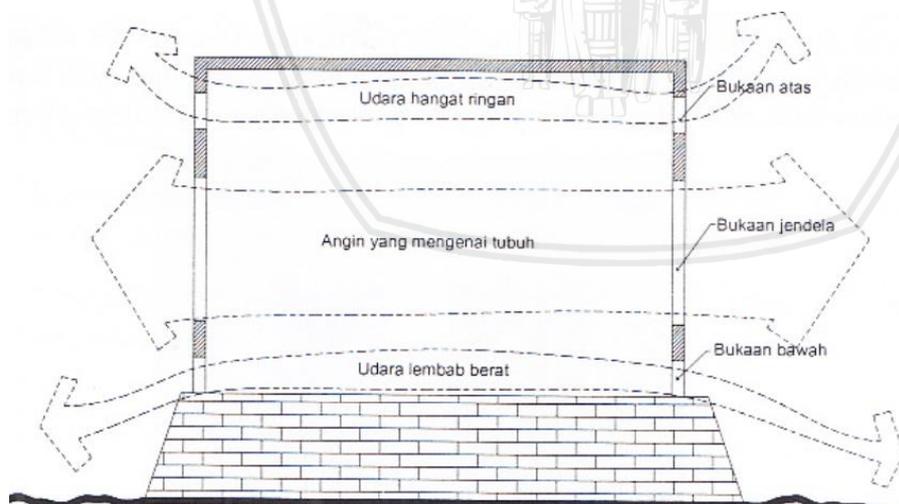
1. Desain bukaan yang fleksibel
Fleksibilitas dalam buka-tutup bukaan, sehingga dapat mudah mengatur arah, kecepatan dan volume udara yang bersirkulasi dalam ruangan.
2. Luas bukaan memaksimalkan kelancaran sirkulasi udara

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



Gambar 2. 17 Jenis-jenis jendela
Sumber: Beckett et al., 1974

Terdapat zona bukaan berupa 3 lubang pada dinding eksterior yang dapat memaksimalkan sirkulasi udara dalam ruangan. Zona bukaan tersebut yaitu lubang atas (ventilasi atas), lubang tengah (jendela) dan lubang bawah (ventilasi bawah). Lubang atas berfungsi melepaskan udara panas yang biasa terjebak di area atas ruangan, terutama dalam kondisi jendela tertutup. Lubang bawah berfungsi melepas udara lembab yang biasa terjebak di bagian bawah ruang.



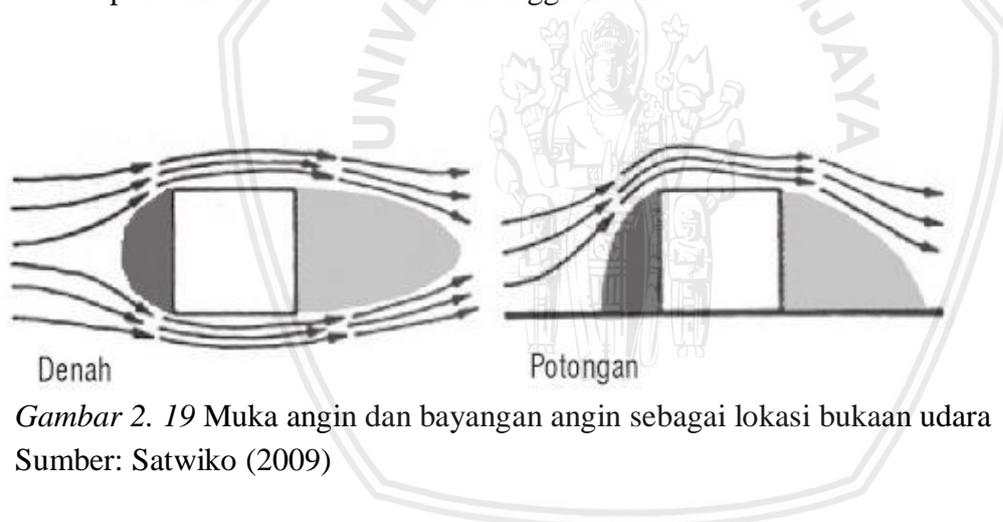
Gambar 2. 18 Saran zona bukaan pada bangunan
Sumber: Fisika Bangunan, Satwiko

Bukaan untuk masuknya udara ke dalam bangunan disebut *inlet* sedangkan bukaan untuk keluarnya udara disebut *outlet*. Pemberian bukaan inlet dan outlet tersebut digunakan untuk

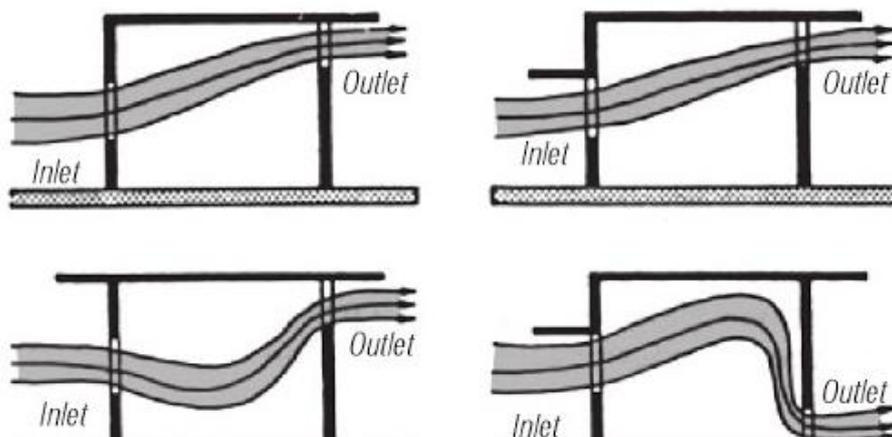
melancarkan sirkulasi udara di dalam bangunan, dimana udara yang panas dan lembab segera digantikan dengan udara yang lebih sejuk.

Syarat penentuan lokasi bukaan udara pada fasad yang dapat menunjang kenyamanan thermal menuntut Satwiko (2009) adalah:

1. Peletakan bukaan udara harus tepat dan sesuai dengan potensi dan kendala angin. Secara denah, inlet diletakkan pada fasad searah angin datang, jika kecepatan angin cenderung lemah. Begitu pula sebaliknya, secara denah, inlet diletakkan pada fasad di balik bangunan jika kecepatan angin cenderung kuat.
2. Peletakkan bukaan udara harus menunjang terjadinya cross ventilation. Pergerakan udara dalam bangunan dapat mengalir secara merata dengan adanya cross ventilation. Pada potongan bangunan, posisi inlet dan outlet dibedakan ketinggiannya atau tidak frontal berhadapan pada denah bangunan. Hal tersebut dikarenakan udara panas bergerak ke atas dan udara dingin bergerak ke bawah ruang, sehingga peletakkan outlet diatur lebih tinggi dari inlet.



Gambar 2. 19 Muka angin dan bayangan angin sebagai lokasi bukaan udara
Sumber: Satwiko (2009)



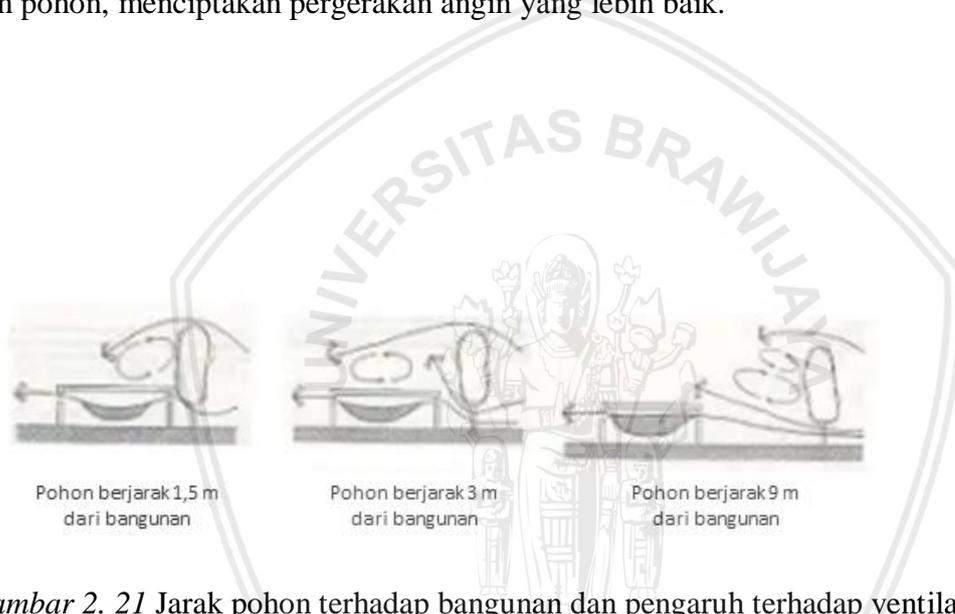
Gambar 2. 20 Peletakkan inlet dan outlet secara potongan yang menunjang cross ventilation

Sumber: Satwiko (2009)

2.16 Vegetasi

Vegetasi bermanfaat untuk melindungi tapak dan bangunan dari Radiasi matahari. Dengan adanya proses fotosintesis dan penguapan, daun akan menyerap radiasi matahari sehingga dapat menurunkan suhu udara di sekitarnya.

Vegetasi berupa pohon dan tanaman mampu membantu mengalirkan udara menuju bangunan. Dalam penempatannya, vegetasi harus diperhatikan karena berpengaruh dalam kesejukan bangunan dan tapak. Menurut White R.F (dalam Concept in Thermal Comfort, Egan, 1975 dalam Wilyanto, 2016) kedekatan pohon terhadap bangunan berpengaruh terhadap ventilasi alami dalam bangunan. Gambar di bawah ini menampilkan bagaimana pengaruh jarak pohon terhadap ventilasi dan bangunan. Semakin luas jarak antar bangunan dan pohon, menciptakan pergerakan angin yang lebih baik.



Gambar 2. 21 Jarak pohon terhadap bangunan dan pengaruh terhadap ventilasi

Sumber: Wilyanto (2016)

Pada Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 7 Tahun 2002 mengenai Pengelolaan Ruang Terbuka Hijau, bangunan Kantor, Industri/Pabrik, Hotel Bangunan Perdagangan dan Bangunan Umum lainnya harus memenuhi persyaratan:

1. Bangunan dengan luas 120 m²- 240 m² wajib ditanami minimal 1 (satu) pohon pelindung, perdu dan semak hias serta penutup tanah/rumput dengan jumlah yang cukup ;
2. Kaveling dengan luas tanah lebih dari 240 m² wajib ditanami minimal 3 (tiga) pohon pelindung, perdu dan semak hias serta penutup tanah/rumput dengan jumlah yang cukup.

2.17 Perancangan Sistem Ventilasi

Perancangan Sistem Ventilasi alami dilakukan dengan menentukan 2 ketentuan terlebih dahulu, yaitu:

1. Menentukan kebutuhan ventilasi udara sesuai dengan fungsi ruangan yang diperlukan.
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 pada lingkungan misalnya, pohon dll.
 - d. Kekuatan aliran angin

Berikut ini ialah persamaan kuantitas gaya angin lewat ventilasi bukaan inlet oleh angin untuk menghasilkan laju aliran udara:

$$Q = CV \cdot A \cdot V$$

Q = laju aliran udara, m³/detik

A = luas bebas dari bukaan inlet, m²

V = kecepatan angin, m/detik

CV = effectiveness dari bukaann

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

Untuk hasil maksimal, inlet diletakkan menghadap ke arah angin yang kuat dan bertekanan tinggi secara langsung. Sedangkan penempatan *outlet* terdapat beberapa penempatan yang diinginkan, antara lain:

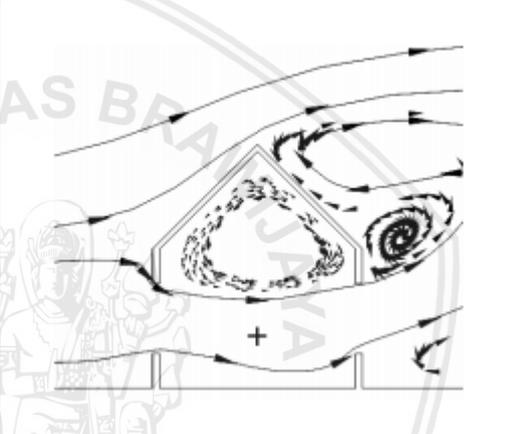
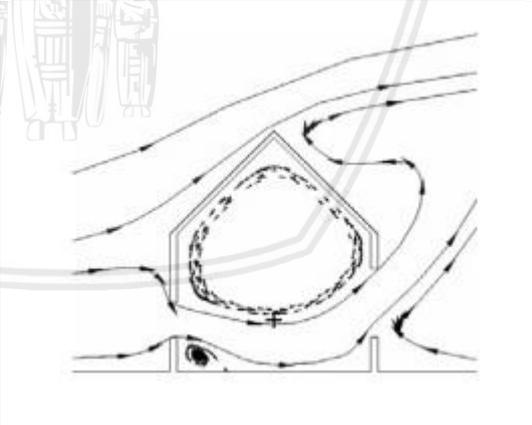
- a. Pada sisi arah tempat teduh dari bangunan yang berlawanan langsung dengan inlet
- b. Bagian atap pada area bertekanan rendah oleh sebab oleh aliran angin yang tidak terus menerus.
- c. Sisi yang dekat dengan muka arah angin (area bertekanan rendah).
- d. Dalam pantauan pada sisi arah tempat teduh.
- e. Ventilator atap
- f. Cerobong

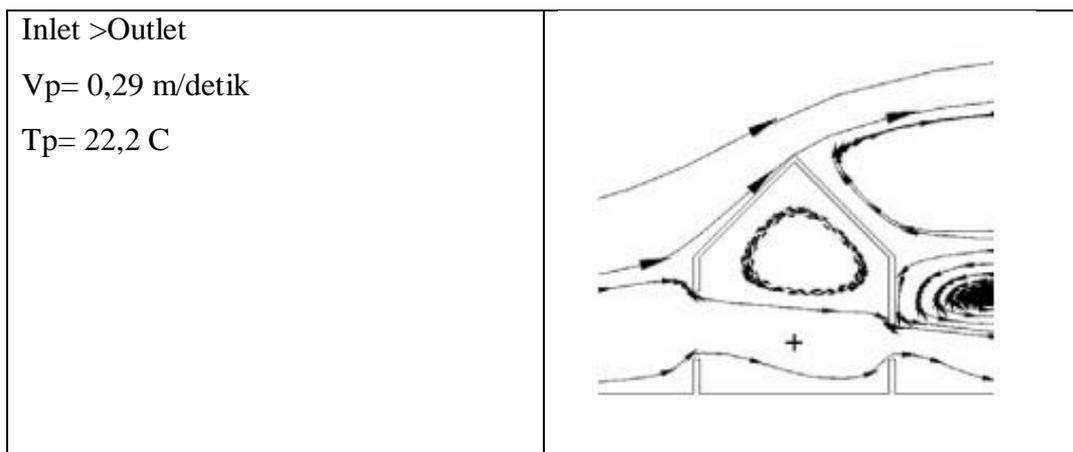
Rumus aliran udara karena perbedaan tekanan air digunakan untuk kondisi lubang masuk (*inlet*) dan lubang keluar (*outlet*) sama luasnya. Bila lubang masuk dan keluar tidak sama, maka CV perlu dikalikan dengan konstanta proporsional seperti table berikut.

Tabel 2. 5 Rumus Aliran Udara

Perbandingan luas Inlet dan Outlet	Pengali Cv	Perbandingan luas Inlet dan Outlet	Pengali Cv
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: SNI 03-6572-2001

<p>Inlet = Outlet $V_p = 0,48$ m/detik $T_p = 21,7$ C Angin berputar di bawah atap yang dapat membawa panas dari sisi bawah atap, berada di atas zona hunian</p>	
<p>Inlet < Outlet $V_p = 0,36$ m/detik $T_p = 22,3$ C Angin berputar di bawah atap mencapai ketinggian kepala penghuni yang dapat menyebabkan penghuni merasa hangat di kepala.</p>	



Gambar 2. 22 Pengaruh konfigurasi dimensi inlet dan outlet pada kecepatan angin
Sumber: Satwiko (2008:44)

2.18 Pergerakan Udara Secara Pasif

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

- a. Pencegahan peningkatan panas udara dalam ruang
- b. Tersedianya lubang ventilasi untuk mengatasi pergerakan udara di dalam bangunan maupun luar bangunan

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

- a. Rancangan tapak dan pengaruh iklim mikro, misalnya orientasi lubang ventilasi pada dinding terhadap lintasan matahari dan arah angin
- b. Udara segar sebaiknya masuk melewati lubang ventilasi di bagian bawah ruang kemudian keluar melalui lubang ventilasi di bagian atas ruang
- c. Lubang ventilasi sebaiknya terlindung dari radiasi matahari maupun tampias air hujan dan diatur besar atau kecilnya lubang ventilasi.

2.19 Simulasi CFD Ansys Workbench

Simulasi CFD (Computational Fluid Dynamics) yaitu cabang dinamika fluida yang memakai metode algoritma dan numerik untuk menganalisa dan menyelesaikan permasalahan yang melibatkan aliran fluida. Simulasi CFD ini menggunakan perangkat lunak Ansys Workbench yang berbasis metode elemen untuk menganalisa masalah rekayasa (*engineering*). ANSYS Workbench juga dapat berintegrasi dengan software CAD sehingga mempermudah proses awal simulasi dalam membangun model geometri

dengan berbagai software *CAD*. Dengan simulasi *CFD*, hasilnya akan diketahui arah dan kecepatan angin pada bangunan eksisting maupun rekomendasi sehingga sistem ventilasi bangunan dapat dievaluasi dan ditemukan solusi untuk permasalahan yang ada pada bangunan.

2.20 Studi Objek

Studi objek yang akan digunakan yaitu Gor Ciracas yang berada di Jl. Raya Bogor km 25-26 Kecamatan Ciracas Jakarta Timur. Gor ini merupakan gor terbesar di timur Jakarta dan sudah bertaraf Internasional.



Gambar 2. 23 Eksterior Gor Ciracas
Sumber: Google.com

Dibangun sejak tahun 2007-2009. Luas tanah 6,6 hektar, luas bangunan. Terdiri dari 2 lantai, lantai 1 sebagai kantor sekretariat dan foodcourt dan lantai 2 sebagai sarana olahraga berupa lapangan serbaguna yang dapat digunakan untuk berbagai macam jenis olahraga. Kapasitas tribun 1700 penonton.



Gambar 2. 24 Interior Gor Ciracas
Sumber: Google.com

Sistem penghawaan alami yang digunakan yaitu cross ventilation dengan ventilasi owning yang ada pada ketinggian kurang lebih 1,5 meter di atas tribun dan terdapat di seluruh sisi gedung. Ventilasi tersebut dapat menjadi inlet sekaligus outlet pada bangunan. Selain itu terdapat bukaan antara bawah atap dengan dinding yang difungsikan sebagai outlet sehingga hawa panas dalam gor dapat maksimal keluar bangunan dan dapat digantikan dengan angin segar yang masuk lewat ventilasi di atas tribun.

2.21 Penelitian Terdahulu

Penelitian skripsi ini tidak terlepas dari penelitian yang sudah ada sebelumnya sebagai bahan perbandingan maupun referensi dari penelitian ini. Penelitian terdahulu yang diambil sesuai dengan tema penelitian ini yaitu sistem penghawaan alami.

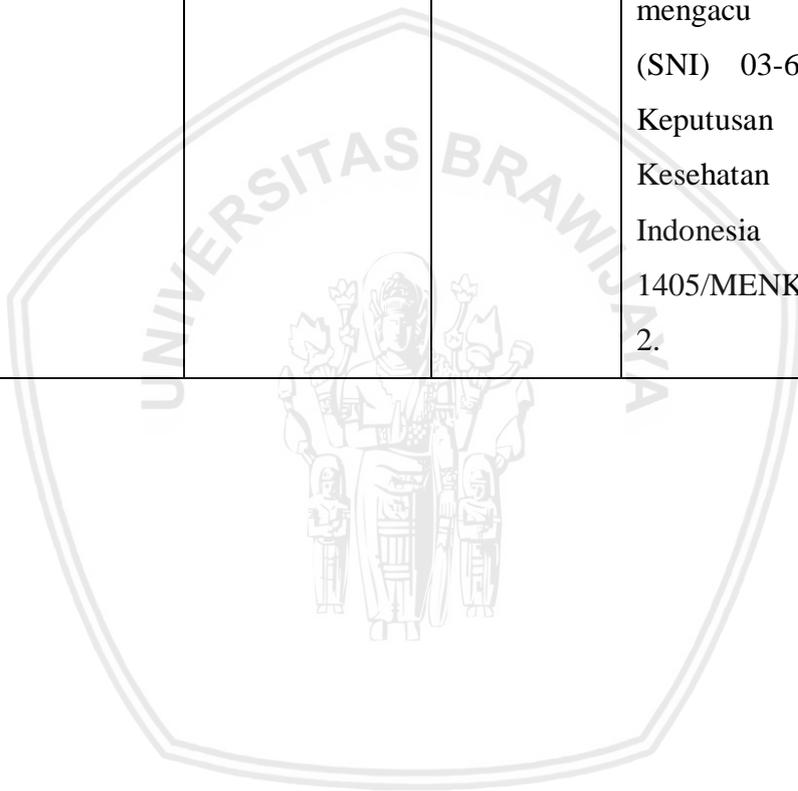
Tabel 2. 6 *Penelitian Terdahulu*

No	Judul Penelitian	Metode	Variabel	Hasil
1	Sistem Ventilasi Alami sebagai Dasar Perancangan JFC Center di Kabupaten Jember (Kusumawardani,2014)	Metode Programatik (Penelitian berupa evaluasi dan identifikasi terhadap permasalahan yang ada) dan Metode Diagramatik (Perancangan)	Letak, luas dan desain bukaan	-Evaluasi permasalahan berupa aliran udara pada bangunan yang tidak merata -Peneliti menggunakan standar SNI 03-6572-2001 sebagai acuan perancangan desain bangunan yang baru. -Perancangan bangunan di tapak baru dengan memperhatikan letak,luas,desain bukaan,vegetasi untuk mencapai pemerataan aliran udara dalam bangunan. - Peneliti menggunakan software Ansys untuk menunjukkan pemerataan aliran udara dan turbulensi yang sudah sesuai.

No	Judul Penelitian	Metode	Variabel	Hasil
2	Pengaruh Bukaannya Terhadap Kenyamanan Suhu Pada Masjid Jakarta Islamic Center (Melita)	deskriptif analisis kuantitatif dengan pengukuran lapangan yang divalidasi lewat simulasi software ANSYS 14.5 serta kuesioner	Desain bukaan	-Kondisi bukaan masjid minim dalam mengalirkan udara sehingga suhu ruang di bawah suhu normal. -Rekomendasi desain bukaan baru dengan simulasi Ansys untuk membuktikan desain baru efektif mengalirkan udara ke dalam ruang sesuai standar SNI DPU No 1728-1989
3	Analisis Desain Ventilasi Alami dengan Metode Computational Fluid Dynamic Software Ansys Workbench pada Gedung Olahraga (Rakhmawati,2015)	metode simulasi pergerakan dan kecepatan angin dengan software Ansys Workbench	Orientasi bukaan terhadap arah angin, bentuk massa, Rasio jendela, Jenis jendela, Overhang horizontal, Perbedaan jarak tinggi bukaan dan Perletakan dan penataan vegetasi.	- Simulasi CFD Ansys Workbench untuk menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi penghawaan alami. - Menggunakan SNI 03-6572-2001 dalam perancangan sistem ventilasi. - Hasil akhir, aliran angin merata di setiap sudut ruang dan laju udara yaitu 1.1 m/s (sesuai batas minimal).

No	Judul Penelitian	Metode	Variabel	Hasil
4	Perancangan Wisma Atlet di Kota Malang dengan Penerapan Sistem Ventilasi Alami	Metode deskriptif analisis	Ventilasi alami, Rancangan tata ruang bangunan, bentuk bangunan, tata vegetasi	<p>- 4 pendekatan desain dalam perancangan yaitu bentuk bangunan, lansekap, tata interior dan ventilasi bangunan.</p> <p>- Simulasi dengan software ANSYS untuk mengevaluasi kecepatan dan persebaran aliran angin dalam ruang.</p> <p>-Hasil penelitian, persebaran angin merata pada setiap ruang, kecepatan dan kebutuhan aliran udara sudah memenuhi standar yang digubakan yaitu SNI 03-6572-2001.</p>
5	Sistem Penghawaan Alami Ruang Produksi Batik Barong Gung di Tulungagung	Metode Kuantitatif dengan pendataan dan pengukuran sistem penghawaan alami dan, analisis permasalahan yang menghasilkan rekomendasi.	Suhu, kecepatan angin dan presentase luas bukaan terhadap luas keseluruhan lantai	<p>- Adanya perpindahan panas dalam ruangan saat aktifitas nglorod dan atau mengeringkan pola batik printing yang ditunjukkan dengan suhu dan kecepatan angin pada bangunan eksisting. Dengan kondisi tersebut, menyebabkan ketidaknyamanan thermal.</p> <p>- Rekomendasi desain memberikan solusi dengan redesain layout area aktifitas produksi batik yang</p>

No	Judul Penelitian	Metode	Variabel	Hasil
				<p>menyesuaikan posisi kerja dan alur proses produksi dari sumber panas sehingga perpindahan panas dapat diminimalisir.</p> <p>- Simulasi CFD untuk memvalidasi hasil rekomendasi desain mengacu pada standar (SNI) 03-6572-2001 dan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002.</p>



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metoda penelitian merupakan cara kerja untuk mengumpulkan dan mengolah data sehingga menghasilkan data yang dapat memecahkan permasalahan penelitian. Menurut Winarno Surakhmad (1985:131) yaitu “Metode penelitian merupakan cara utama yang digunakan untuk mencapai suatu tujuan, misalnya untuk menguji serangkaian hipotesa, dengan mempergunakan teknik serta alat-alat tertentu. Cara utama ini dipergunakan setelah penyelidik memperhitungkan kewajarannya ditinjau dari tujuan penyelidikan dan situasi penyelidikan”.

Dalam penelitian ini, berdasarkan permasalahannya, akan menggunakan metode berupa metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Seperti yang telah dikemukakan Nana Sudjana dan Ibrahim (1989:64) bahwa :

Penelitian deskriptif merupakan penelitian yang berusaha mendeskripsikan suatu gejala, peristiwa dan kejadian yang terjadi pada saat sekarang dimana peneliti berusaha memotret peristiwa dan kejadian yang menjadi pusat perhatian untuk kemudian digambarkan sebagaimana adanya.

Sementara penelitian kuantitatif menurut Robert Donmoyer (dalam Given, 2008: 713), ialah pendekatan-pendekatan terhadap kajian empiris untuk mengumpulkan, menganalisa, dan menampilkan data dalam bentuk numerik daripada naratif.

Sehingga penelitian ini akan menampilkan peristiwa yang terjadi di masa sekarang dengan mengukur variabel-variabel yang ada dalam penelitian (Variabel X dan Y) sebagai objek penelitian.

3.2 Lokasi Objek dan Waktu Penelitian

Gor Pancasila Surabaya sebagai objek yang diteliti terletak di Jl. Patmususastro Wonokromo Surabaya Jawa Timur, Indonesia. Pemilihan objek dikarenakan Gor Pancasila Surabaya sebagai salah satu gor besar di Surabaya belum memaksimalkan sistem penghawaan alami pada bangunan sehingga suhu di dalam bangunan terasa panas dan tidak terasa aliran udara di dalam bangunan. Kondisi Gor Pancasila terkini sedang

vakum/ tidak dipergunakan karena adanya sengketa antara pihak swasta dan pemerintah namun direncanakan untuk direnovasi oleh pemerintah setempat sebagai gor berstandar internasional.

Waktu penelitian dilakukan selama Bulan September 2018 berupa pengambilan data di lapangan dan juga melakukan wawancara dengan pengelola Gor Pancasila Surabaya.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahap penelitian yang dilakukan:

1. Menentukan issue dan permasalahan yang ada pada tapak dan bangunan Gor Pancasila.
2. Observasi atau pengamatan pada studi objek dengan pengukuran suhu, kelembaban dan kecepatan angin. Pengukuran dilakukan di 5 titik interior dan 4 titik eksterior.
3. Mengumpulkan literatur dan pustaka mengenai Gor dan sistem penghawaan alami terutama ventilasi silang.
4. Menganalisa kondisi eksisting tapak dan bangunan dan merumuskan solusi untuk dapat mengalirkan udara ke dalam bangunan secara maksimal.
5. Menganalisa bukaan bangunan, bagaimana pengaruhnya terhadap arah dan kecepatan angin dan menerapkan sistem ventilasi silang pada Gor.
6. Memberikan rekomendasi desain sesuai dengan analisa permasalahan yang ada pada tapak dan bangunan.
7. Mengevaluasi rekomendasi desain dengan simulasi aliran udara menggunakan Simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) pada *software Ansys Workbench*.

3.4 Variabel dan Paradigma Penelitian

3.4.1 Variabel Penelitian

Menurut Sugiyono (2011:61) menjelaskan bahwa variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya.

Dalam penelitian ini terdapat variabel bebas yaitu:

1. Suhu ruang
2. Kelembaban ruang
3. Arah dan kecepatan angin

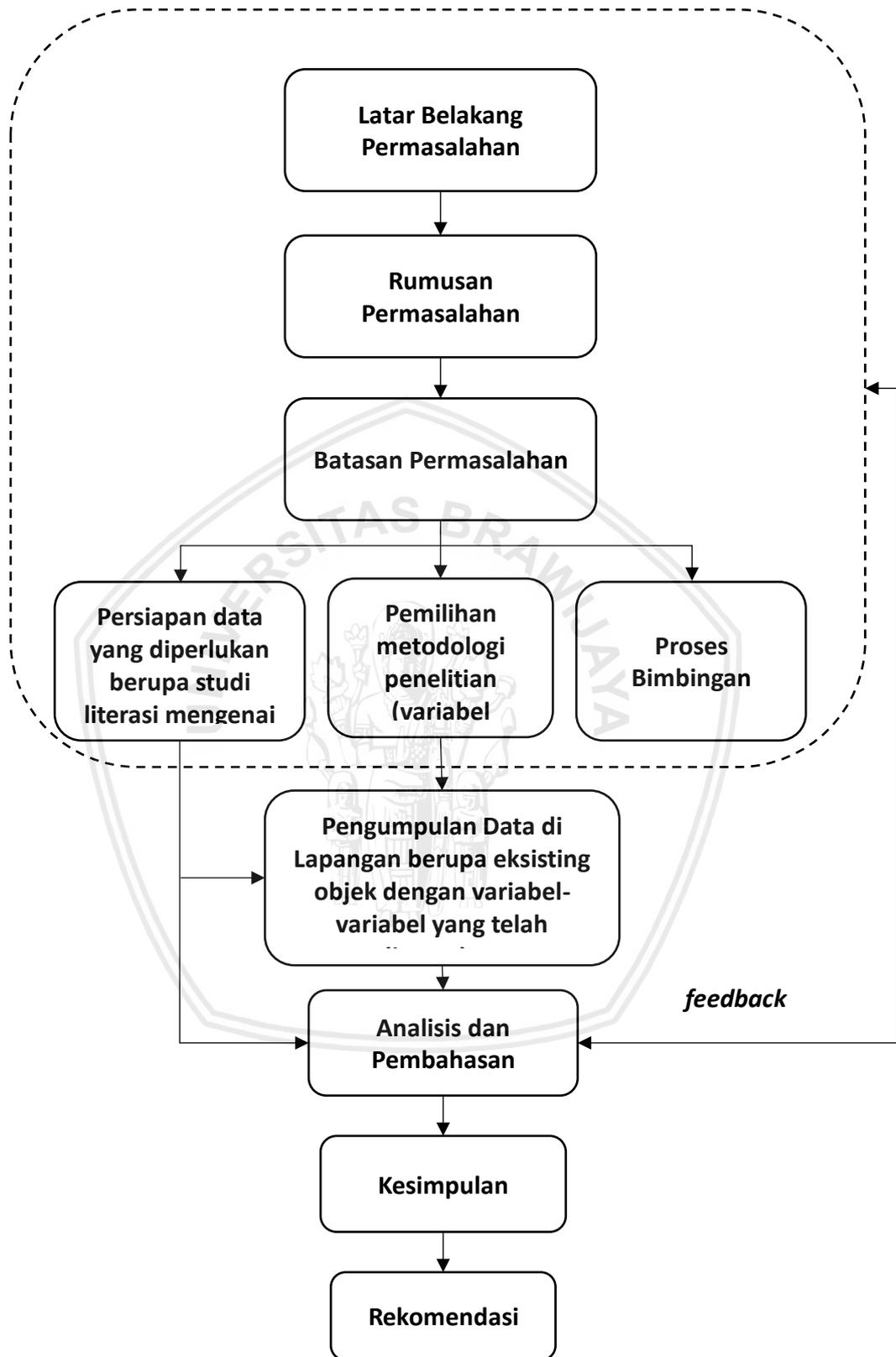
yang kemudian akan menghasilkan variabel output/ variabel terikat berupa kualitas penghawaan alami pada gedung Gor Pancasila Surabaya.

3.4.2 Paradigma Penelitian

Sugiyono (2011) menjelaskan bahwa “Paradigma penelitian merupakan pola pikir yang menunjukkan hubungan antara variabel yang akan diteliti yang sekaligus mencerminkan jenis dan jumlah rumusan masalah yang perlu dijawab melalui penelitian, teori yang digunakan untuk merumuskan hipotesis dan teknik analisis statistik yang akan digunakan” (p.66).

Paradigma merupakan konsep dasar dan alur berpikir peneliti dalam merumuskan permasalahan penelitian dan mendapatkan hasil penelitian. Alur berpikir yang dirancang penulis adalah sebagai berikut:





Gambar 3. 1 Kerangka berpikir penelitian
 Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.5 Data dan Sumber Data

3.5.1 Data

Data adalah segala fakta dan angka yang dapat dijadikan bahan untuk menyusun suatu informasi (Suharsimi Arikunto, 1998).

Data berupa fakta maupun angka dari hasil catatan peneliti. Data berguna sebagai bahan untuk diolah dan dianalisa sebagai bagian dari analisis penelitian.

Data-data penelitian meliputi:

1. Data Primer

Data primer dihasilkan dari observasi langsung ke lokasi penelitian di Gor Pancasila Surabaya. Data yang dihasilkan yaitu:

- a. Kondisi eksisting Gor Pancasila Surabaya berupa denah dan kondisi lingkungan sekitar tapak
- b. Suhu, kecepatan dan kelembaban angin eksisting Gor Pancasila Surabaya.

2. Data Sekunder

Data sekunder berupa data-data yang akan menunjang data primer. Pada penelitian ini data sekunder berasal dari kajian literatur berupa standard dan kriteria kenyamanan thermal dari SNI 03-3647-1994 dan SNI 03-6572-2001.

3.5.2 Sumber Data

Menurut Suharsimi Arikunto (1997, p. 114) “yang dimaksud dengan sumber data dalam penelitian yaitu subjek dari mana dapat diperoleh baik secara langsung maupun tidak langsung”.

Data-data yang menjadi sumber data dalam penelitian ini yaitu:

1. Buku-buku dan jurnal penelitian yang relevan dengan permasalahan penelitian.
2. Gor Pancasila Surabaya.
3. Dokumentasi, pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Dalam proses mendapatkan data dan penelitian, diperlukan teknik dalam mengumpulkan data. Studi literatur dan observasi/pengamatan langsung ke objek penelitian digunakan sebagai teknik dalam mengumpulkan data pada penelitian ini.

3.6.1 Studi literatur

Studi literatur yaitu mengumpulkan data dengan mendapatkan informasi mengenai teori dan konsep yang berkaitan erat terhadap permasalahan penelitian. Dalam penelitian ini teori dan konsep yang dibutuhkan yaitu mengenai studi penghawaan alami dan fokus pada penangkap angin sebagai permasalahan utama penelitian.

3.6.2 Observasi

Observasi merupakan teknik mengumpulkan data dengan pengamatan langsung di lapangan. Proses pengamatan ini berupa menghitung, mengukur, melihat, merekam, dan mencatat kejadian di lapangan. Observasi juga didefinisikan aktifitas yang mencakup pencatatan secara sistematis kejadian-kejadian, obyek, perilaku yang dilihat dan hal-hal lain yang diperlukan dalam mendukung penelitian yang sedang dilakukan.

Menurut Margono (1997:158) observasi diartikan sebagai pengamatan dan pencatatan secara sistematis terhadap gejala yang tampak pada objek penelitian. Observasi pada penelitian ini merupakan observasi langsung dimana observer berada bersama objek yang diselidiki.

3.6.3 Dokumentasi

Dokumentasi merupakan metode mengumpulkan data kualitatif dengan melihat atau menganalisis dokumen-dokumen yang dibuat oleh peneliti atau orang lain tentang subjek. Dokumentasi pada penelitian ini berupa foto dan video yang diperlukan.

3.6.4 Instrumen Penelitian

Menurut Suharsimi Arikunto (2000 : 134) instrumen pengumpulan data ialah alat bantu yang dipergunakan oleh peneliti dalam kegiatannya mengumpulkan agar kegiatan tersebut menjadi sistematis dan dipermudah olehnya.

Sementara menurut Ibnu hadjar (1996, p.160) berpendapat bahwa “instrumen merupakan alat ukur yang digunakan untuk mendapatkan informasi kuantitatif tentang variasi karakteristik variabel secara objektif.”

Instrumen penelitian pada penelitian ini berupa alat tulis dan kamera untuk merekam data secara tulisan maupun dokumentasi, alat ukur suhu dan kelembaban (*Thermo Hygrometer*) dan alat pengukur kecepatan angin (*Anemometer*).



Gambar 3. 2 Thermo hygrometer
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 3. 3 Anemometer interior
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 3. 4 Anemometer eksterior

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.7 Simulasi Computational Fluid Dynamic Ansys Workbench

Metode simulasi yang digunakan yaitu eksperimental menggunakan Computational Fluid Dynamic (CFD) dengan software Ansys Workbench 14.5. Metode eksperimental digunakan dengan melihat pola aliran angin dalam bangunan untuk mengevaluasi persebaran angin dalam bangunan eksisting dan membuktikan tingkat keberhasilan desain dalam memberikan penghawaan alami pada bangunan.

Tahap simulasi dan input data pada program CFD Ansys adalah sebagai berikut:

1. Membuat Geometri
Proses pembuatan geometri sesuai bentuk eksisting dan rekomendasi desain dilakukan pada software Solidwork.
2. Meshing
Meshing yaitu proses pemilihan grid yang digunakan untuk membantu pembentukan kontur aliran udara.
3. Setup Model
Proses penetapan parameter perhitungan. Perhitungan yang digunakan yaitu perhitungan viscosity dengan menggunakan rumus energi dan k-epsilon model RNG, rumus ini untuk menghitung turbulensi yang dihasilkan (Sarkar, dkk. 2008), near wall treated menggunakan enhanced wall treated (Gharbi dkk. 2009).
4. Setting Boundary Condition
Setting boundary condition untuk menentukan kecepatan angin pada bidang inlet. Kecepatan angin yang ditetapkan pada inlet merupakan hasil analisa data BMKG dan data pengukuran lapangan. Setting outlet dipilih model yaitu outflow.

5. Solution Intialization

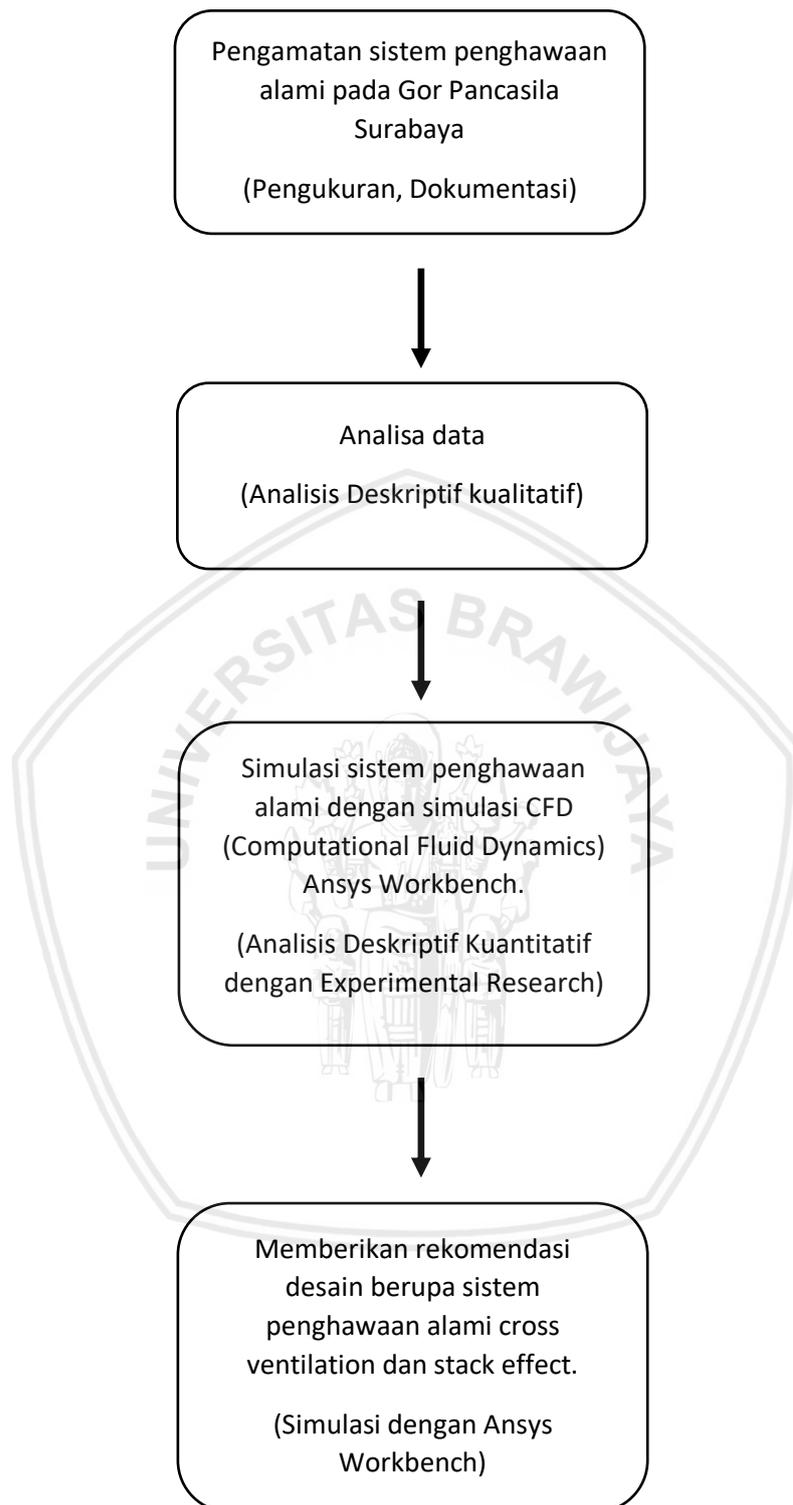
Solution intialization yang digunakan yaitu standar intialization, kemudian ditetapkan perhitungan pada semua area (all zone) yang akan dilihat hasilnya. Kemudian ditetapkan iterasi yang diperlukan. Selanjutnya dilakukan proses running sampai didapatkan hasil convergen.

3.8 Rekomendasi Desain

Proses terakhir yang dilakukan yaitu memberikan rekomendasi desain untuk Gor Pancasila Surabaya berupa sistem penghawaan alami *cross ventilation* dan *stack effect* untuk memaksimalkan aliran udara dalam gedung.



3.9 Kerangka Metode



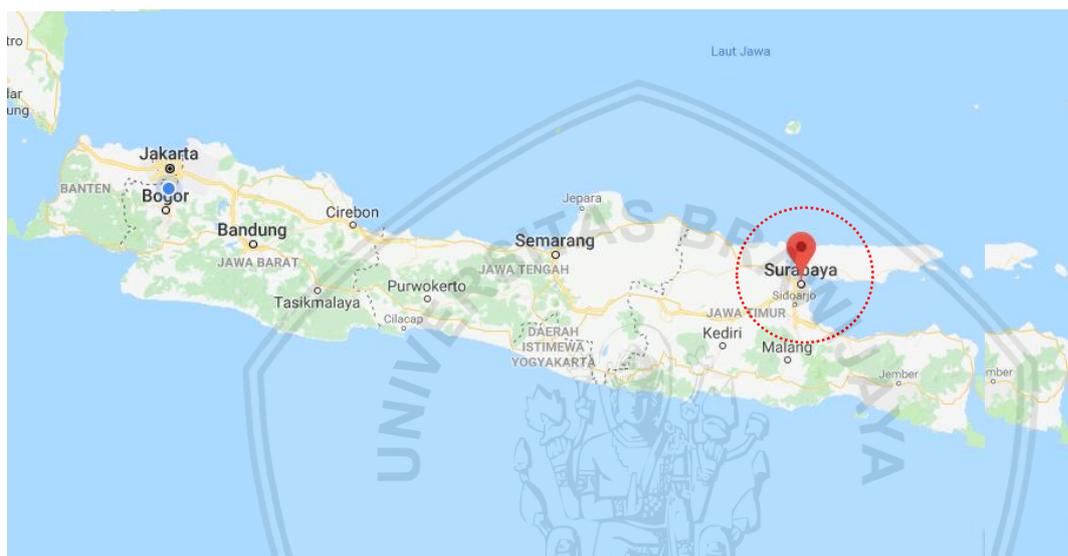
Gambar 3. 5 Kerangka metode
Sumber: Dokumentasi Pribadi

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

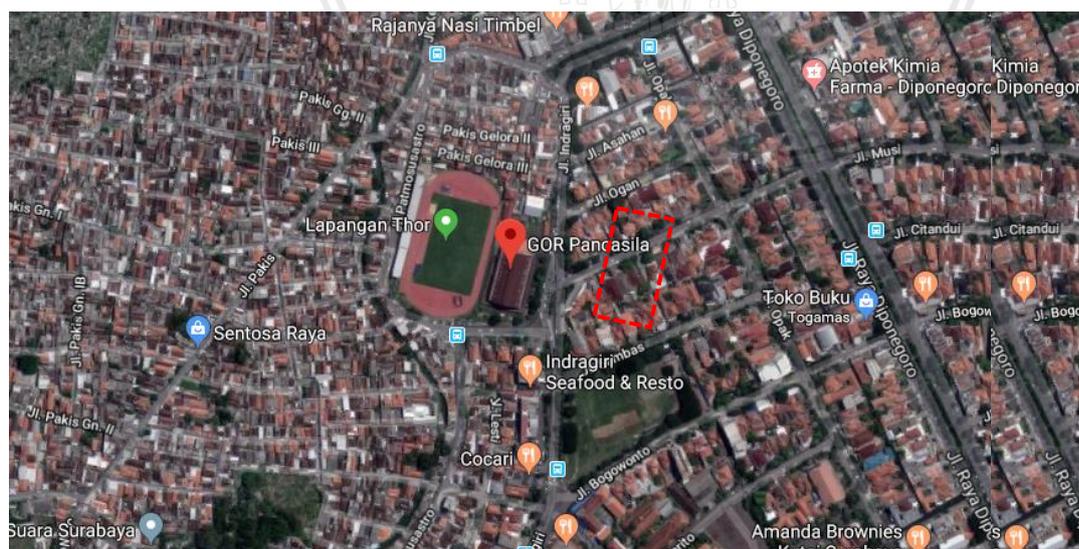
4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian mengenai sistem penghawaan alami ini dilakukan di Gor Pancasila yang beralamat di Jl. Patmosusastro no 12 Darmo Wonokromo Surabaya. Bangunan ini berfungsi untuk mewadahi aktifitas olahraga berupa tenis, voli dan basket.



Gambar 4. 1 Peta Jawa Timur

Sumber: Google maps



Gambar 4. 2 Lokasi Gor Pancasila

Sumber: Google maps

Gor Pancasila merupakan bangunan tua yang dibangun sejak tahun 1965. Gor Pancasila dapat menampung penonton hingga 2000 penonton, sehingga Gor ini merupakan Gor yang besar dan direncanakan menjadi Gor berstandar internasional.

Kota Surabaya beriklim iklim tropis dengan suhu rata-rata 23,6 °C - 33,8 °C. Kelembaban udara pada Kota Surabaya rata-rata 50% - 92%. Suhu dan kelembaban tersebut dapat mempengaruhi kualitas penghawaan alami pada bangunan Gor. Berikut adalah tabel iklim Kota Surabaya .

Tabel 4. 1 *Iklim Kota Surabaya*

Bulan/Month	Kelembaban/ Relative Humidity (%)	Tekan Udara/ Atmospher Pressure	Temperatur/ Temperature	Matahari/ Sunshine Duration (%)	Hujan (MM)	
					HH	JCH
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Januari/January	79	1,011.6	29.0	69.0	22	167
Pebruari/February	84	1,010.9	27.8	52.0	28	590
Maret/March	82	1,011.3	28.8	67.0	26	252
April/April	80	1,010.9	29.1	68.0	21	235
Mei/May	79	1,010.4	29.3	76.0	21	393
Juni/June	80	1,011.4	28.4	60.0	18	174
Juli/July	80	1,011.1	28.1	84.0	19	258
Agustus/August	75	1,011.0	28.2	87.0	10	101
September/September	74	1,011.1	29.0	80.0	14	121
Oktober/October	79	1,010.4	28.5	36.0	21	502
Nopember/Nopember	68	1,010.8	30.5	89.0	5	53
Desember/December	77	1,010.8	28.9	62.0	18	132
Rata-rata/ Average	78	1,011	29	69	19	248
2015	75.2	1,011.8	27.9	80.1	-	-
2014	75.7	1,011.2	28.0	71.0	-	-
2013	79.1	1,010.2	27.7	61.8	-	-
2012	77.2	1,010.5	27.5	72.9	-	-

Sumber: Stasiun Meteorologi Juanda Surabaya

4.2 Analisa Eksisting Tapak

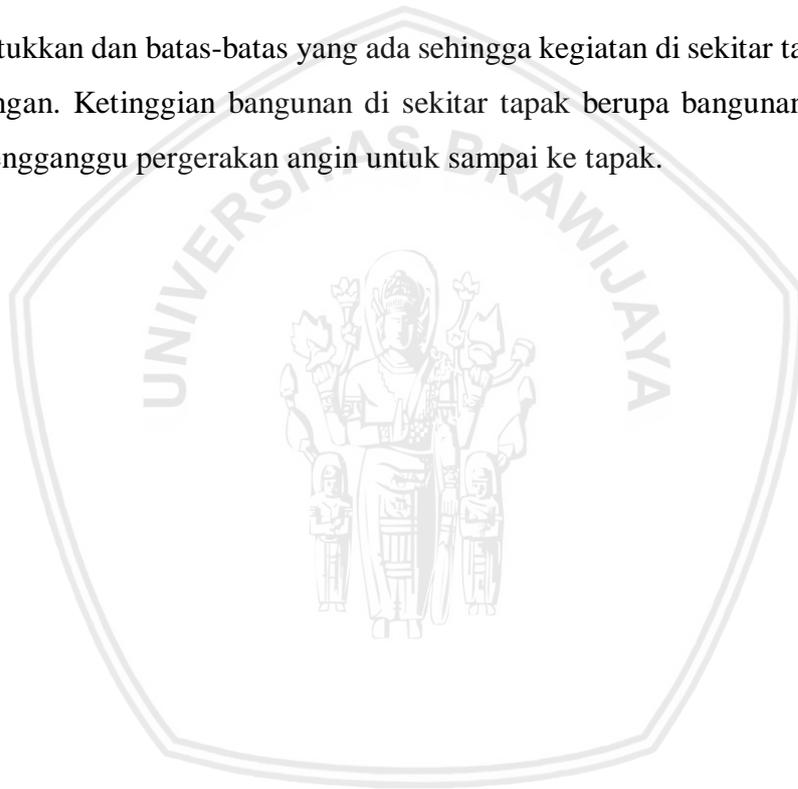
Analisa eksisting tapak bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor dari lingkungan sekitar tapak maupun dari dalam tapak yang berdampak positif maupun negatif bagi kualitas tapak. Sehingga dari evaluasi tersebut dapat menghasilkan solusi untuk tercapainya sistem penghawaan alami yang baik.

4.2.1 Bentuk dan Kondisi Eksisting Tapak

Tapak Gor Pancasila memiliki luas 6.751 meter² dengan bentuk persegi empat yang berorientasi ke arah Timur Laut. Lokasi Gor Pancasila Surabaya berada di area pemukiman penduduk dan perdagangan sesuai dengan peruntukkan tapak. Tapak memiliki batas-batas yaitu:

- a. Utara: Perumahan dan pertokoan 1-2 lantai
- b. Timur: Jl. Indragiri
- c. Selatan: Jl. Patmosusastro
- d. Barat: Lapangan Thor Surabaya

Dengan peruntukkan dan batas-batas yang ada sehingga kegiatan di sekitar tapak berupa kegiatan perdagangan. Ketinggian bangunan di sekitar tapak berupa bangunan 1-2 lantai sehingga tidak mengganggu pergerakan angin untuk sampai ke tapak.





Gambar 4. 3 Batas-batas tapak Gor Pancasila

Sumber: Dokumentasi pribadi

4.2.2 Kondisi Sekitar Tapak

Berdasarkan peta peruntukkan Kota Surabaya, tapak Gor Pancasila merupakan area peruntukkan fasilitas umum dan dikelilingi oleh area peruntukkan Ruang terbuka hijau, perumahan, perdagangan dan area cagar budaya.



Gambar 4. 4 Peta peruntukan Gelora Pancasila

Sumber: petaperuntukan.surabaya.go.id

Keterangan:

- Fasilitas Umum
- Perdagangan dan Jasa Komersil
- Ruang Terbuka Hijau
- Perumahan
- Cagar Budaya

Dengan peruntukkan yang ada, kegiatan di sekitar tapak pun didominasi dengan kegiatan olahraga yang didukung adanya Lapangan Thor di sebelah tapak dan aktifitas perdagangan dan jasa. Dari tapak juga terlihat lingkungan sekitar tapak padat oleh pemukiman kecuali di sebelah barat tapak yaitu Lapangan Thor yang merupakan area Ruang Terbuka Hijau.

4.2.3 Peletakkan Vegetasi

Vegetasi yang ada di sekitar bangunan GOR Pancasila hanya terdapat di sebelah timur dan selatan tapak. Terdapat 5 buah pohon di sebelah timur dan 2 buah pohon di sebelah selatan dengan jarak antar pohon 10-15 meter. Vegetasi pada tapak terdapat beberapa jenis yaitu:

a. Tanjung

Terdapat 3 buah Pohon Tanjung di sebelah timur tapak dimana pohon tersebut bermanfaat menyaring angin yang masuk ke dalam tapak.



Gambar 4. 5 Pohon Tanjung
Sumber: Dokumentasi pribadi

b. Angsana

Pohon Angsana terdapat 2 buah pada sisi timur tapak. Pohon tersebut berupa pohon yang masih muda dengan ketinggian 8 meter. Pohon Angsana dimanfaatkan sebagai vegetasi peneduh dan dapat menahan dan menyaring partikel padat dari udara.



Gambar 4. 6 Pohon Angsana
Sumber: Dokumentasi pribadi

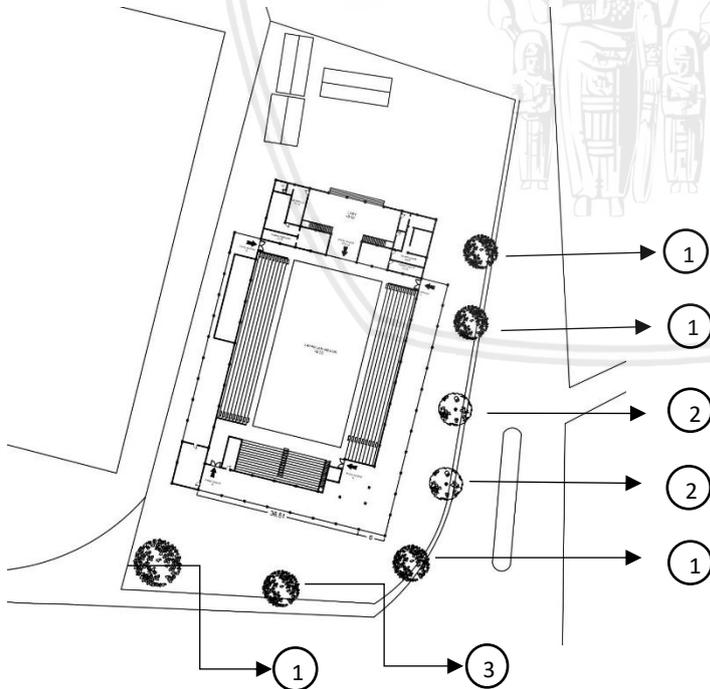
c. Mahoni

Terdapat 1 pohon mahoni di sebelah selatan tapak. Manfaat Pohon Mahoni yang disebut juga sebagai pohon pelindung yaitu dapat mengurangi polusi udara sekitar 47% - 69% . Pohon mahoni juga dapat menyaring udara dan daerah tangkapan air. Daun Pohon Mahoni bertugas menyerap polutan dan melepaskannya sebagai oksigen (O₂) sehingga membuat segar udara di sekitarnya.



Gambar 4. 7 Pohon Mahoni
Sumber: Dokumentasi pribadi

Peletakan vegetasi pada tapak adalah sebagai berikut



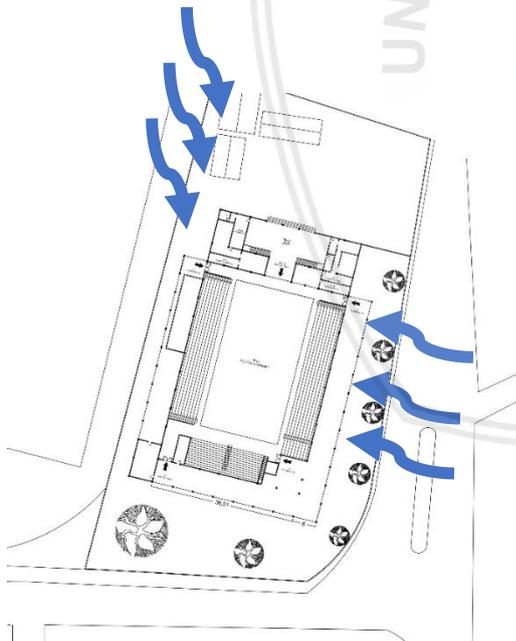
Gambar 4. 8 Peletakan vegetasi eksisting
Sumber: Dokumentasi pribadi

Keterangan:

1. Pohon Tanjung
2. Pohon Angsana
3. Pohon Mahoni

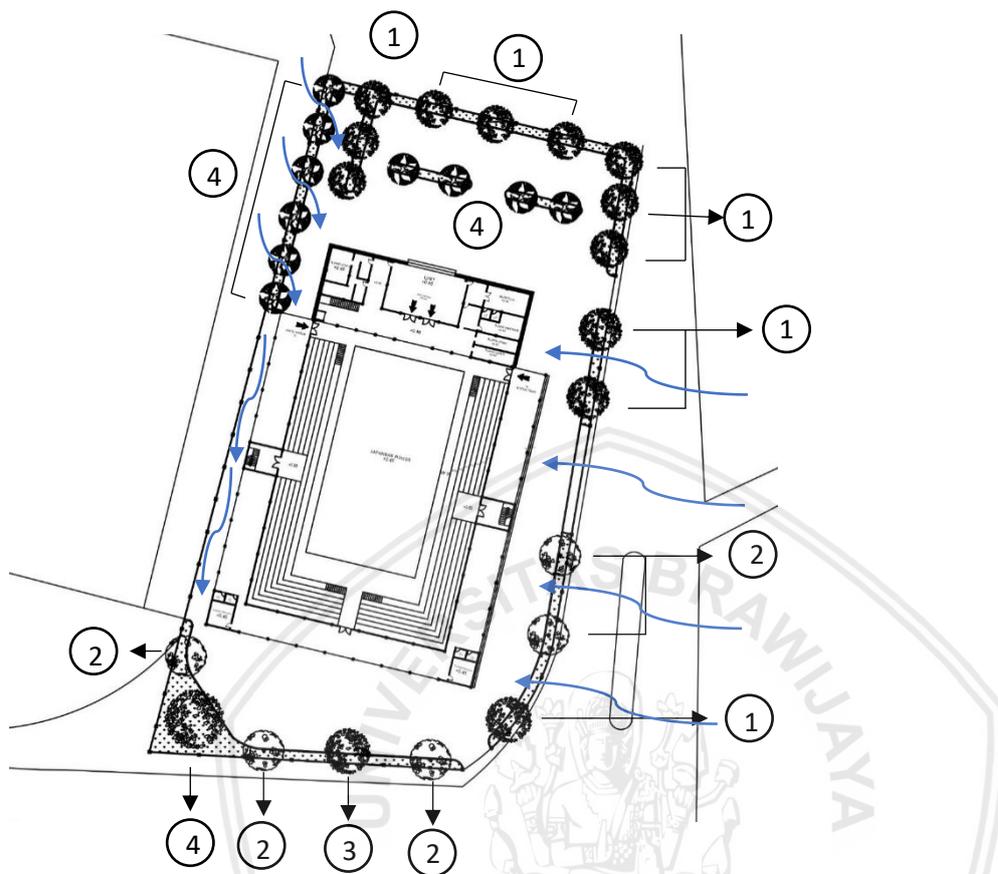
4.2.4 Penataan Vegetasi Tapak

Peletakkan serta kuantitas vegetasi pada tapak dapat mempengaruhi pengarahannya angin ke dalam bangunan serta kualitas angin yang dialirkan ke dalam bangunan. Pada Gor Pancasila Surabaya keberadaan vegetasi masih minim dan belum berfungsi maksimal sebagai peneduh tapak. Vegetasi juga belum ditata sehingga dapat mengarahkan angin menuju permukaan bangunan. Vegetasi dapat mengarahkan angin jika ditata sejajar sesuai arah datangnya angin dan diarahkan ke bangunan.



Gambar 4. 9 Arah dominan angin pada tapak
Sumber: Dokumentasi pribadi

Menurut BMKG Kota Surabaya dimana arah dominan angin berasal dari Pelabuhan Tanjung Perak dari arah timur dan barat laut.



Gambar 4. 10 Penataan vegetasi pada tapak

Sumber: Dokumentasi pribadi

Keterangan:

1. Pohon Tanjung
2. Pohon Angsana
3. Pohon Mahoni
4. Pohon Kiara Payung

Penataan vegetasi pada rekomendasi desain akan mempertahankan deretan pohon angsana dan tanjung yang sudah ada eksisting tapak dengan jumlah 5 pohon setiap kurang lebih 11 meter. Jarak antar pohon yang cukup jauh juga untuk memberikan jarak sehingga angin dari arah timur dapat leluasa masuk ke tapak, tidak terhalang oleh pohon. Namun tajuk pohon dihitung lebar sehingga pohon tetap berfungsi sebagai peneduh. Pada penataan area barat laut terdapat 2 deret pohon dari utara ke selatan sebagai pengarah angin yang datang dari barat laut dan diarahkan ke selatan dimana terletak bukaan bangunan. Selain itu ditata

pula deretan pohon sepanjang area utara dan selatan sebagai peneduh tapak dan deretan pohon untuk area parkir dengan pohon kiara payung.

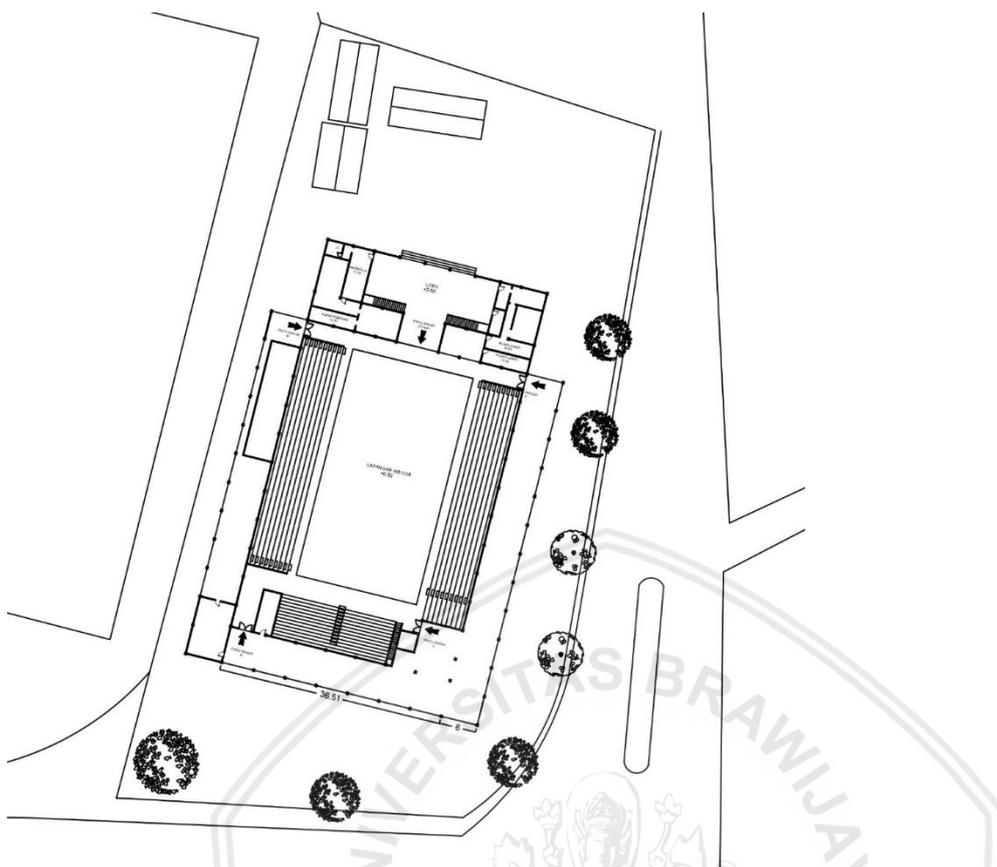


Gambar 4. 11 Pohon Kiara Payung
Sumber: Google.com

Pemilihan pohon kiara payung di area parkir karena tingginya sekitar 4-8 meter dan tajuknya yang cukup lebar sehingga sesuai sebagai penanda sekaligus peneduh bagi area parkir.

4.3 Analisa Eksisting Bangunan

Analisa eksisting bangunan bertujuan untuk mengidentifikasi sistem penghawaan alami pada bangunan mencakup faktor-faktor yang mempengaruhinya terutama bukaan yang ada dalam bangunan. Proses selanjutnya yaitu mengevaluasi permasalahan pada sistem penghawaan alami bangunan dan menemukan solusi untuk memenuhi kebutuhan penghawaan alami pada GOR Pancasila Surabaya. Berikut adalah layout plan yang menunjukkan posisi bangunan dalam tapak.



Gambar 4. 12 Layout tapak
Sumber: Dokumentasi pribadi

Posisi bangunan terlihat mendominasi tapak yang relatif sempit dengan jarak bangunan hanya 5-15 meter saja dari pagar bangunan. Sehingga dalam penelitian ini akan difokuskan untuk mengevaluasi eksisting bangunan Gor Pancasila Surabaya.

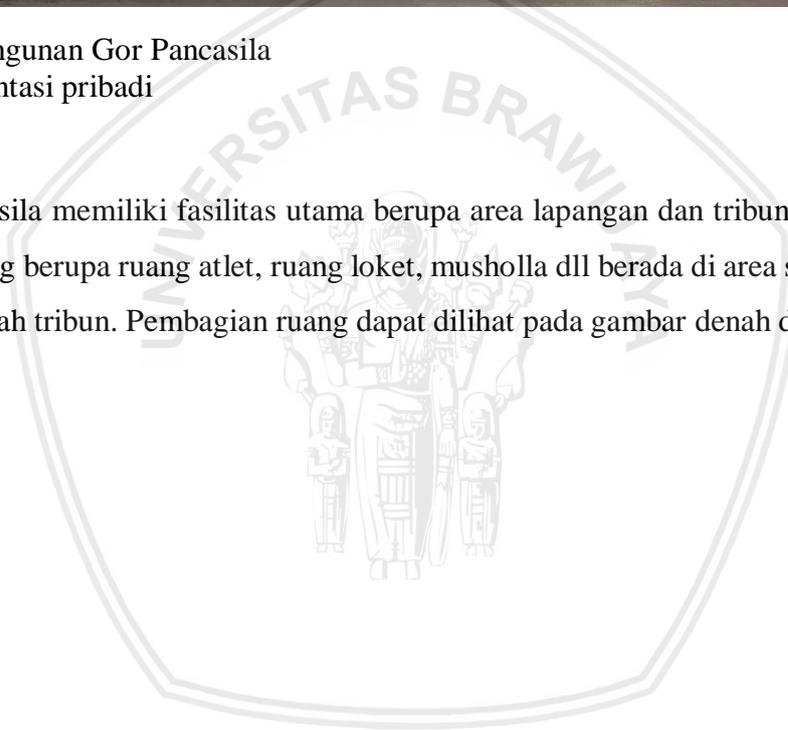
4.3.1 Kondisi Eksisting Bangunan

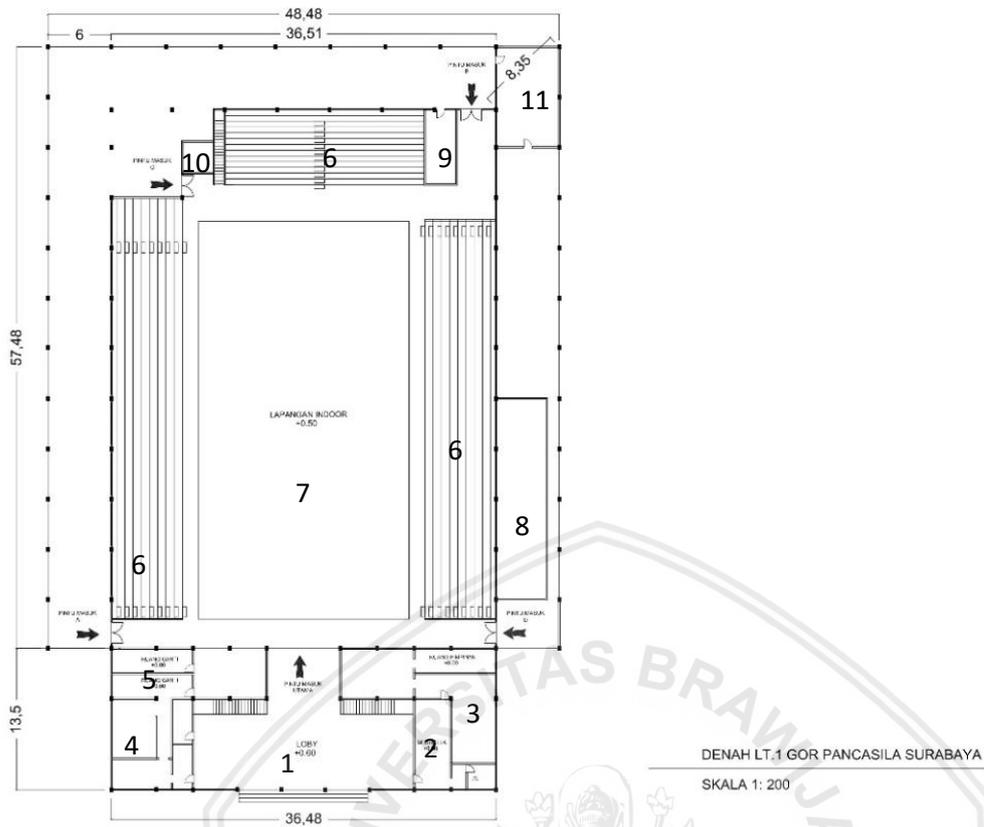
Gor Pancasila Surabaya tergolong bangunan tua yang sudah berdiri sejak tahun 1965. Bangunan ini memiliki luas kurang lebih 3.418 meter² dengan bentuk persegi panjang dan luas aula olahraga yaitu 2.115 meter². Fungsi utama bangunan Gor ini untuk pertandingan olah raga maupun latihan olahraga cabang tenis, voli dan basket. Fungsi sekundernya juga biasa digunakan untuk cabang olahraga lain yang memungkinkan dan sebagai aula untuk event. Gor Pancasila Surabaya dapat menampung hingga 2000 penonton.



Gambar 4. 13 Bangunan Gor Pancasila
Sumber: Dokumentasi pribadi

Gor Pancasila memiliki fasilitas utama berupa area lapangan dan tribun. Sementara Fasilitas Penunjang berupa ruang atlet, ruang loket, musholla dll berada di area sekitar pintu masuk dan di bawah tribun. Pembagian ruang dapat dilihat pada gambar denah di bawah ini.



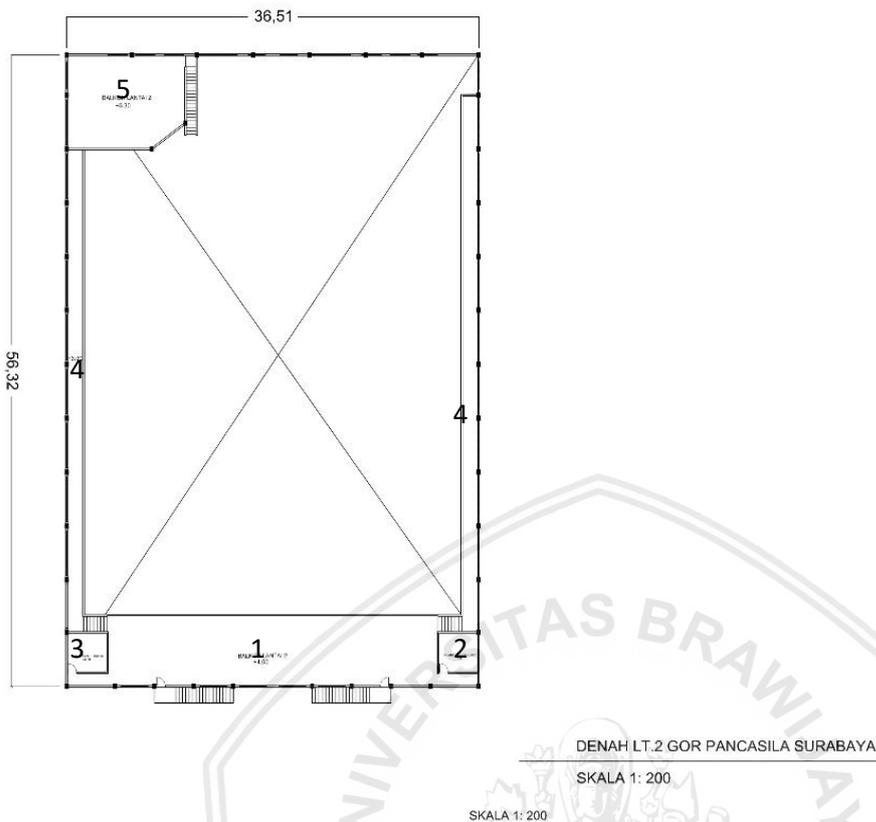


Gambar 4. 14 Denah lantai 1 Gor Pancasila

Sumber: Dokumentasi pribadi

Keterangan:

1. Lobi
2. Musholla
3. Ruang Pimpinan
4. Ruang Staff
5. Ruang Ganti Atlet
6. Tribun
7. Area Lapangan
8. Toilet
9. Ruang Pengawas Permainan
10. Ruang Penjaga
11. Gudang



Gambar 4. 15 Denah lantai 2 Gor Pancasila

Sumber: Dokumentasi pribadi

Keterangan:

1. Balkon Lantai 2
2. Ruang Panel Listrik
3. Ruang Generator
4. Serambi Balkon Lantai 2
5. Balkon Lantai

Dari denah tersebut dapat dilihat area lapangan dan tribun berada di tengah-tengah area penunjang, sementara area penunjang juga pada bagian utara, timur dan barat diletakkan di bawah tribun. Dinding pada area lapangan mencapai ketinggian 15 meter sehingga pada kondisi eksisting cross ventilation diterapkan pada dinding di atas tribun dari ketinggian 3,8 meter .

Berikut penjelasan mengenai bagian-bagian bangunan Gor Pancasila Surabaya:

1. Lapangan

Lapangan dengan luas 760 meter² ini biasa digunakan untuk pertandingan maupun latihan tenis, voli dan basket. Selain itu area lapangan juga biasa difungsikan sebagai aula pertemuan. Material pada lantai lapangan maupun area sekitarnya berupa lantai semen dengan finishing cat.



Gambar 4. 16 Area lapangan Gor Pancasila
Sumber: Dokumentasi pribadi

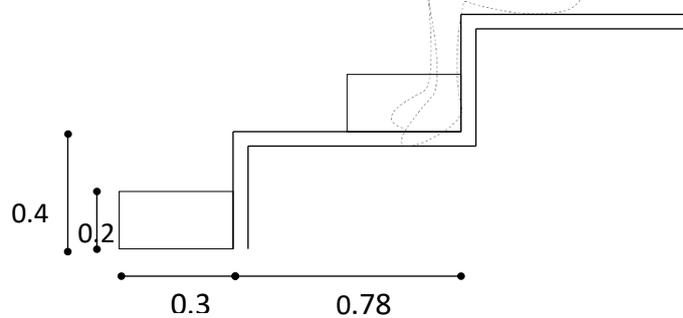
2. Tribun

Pada area lapangan terdapat 3 tribun di bagian barat, timur dan selatan. Di bagian selatan dapat menampung 500 penonton sementara di bagian timur dan barat masing-masing dapat menampung 750 penonton. Tidak terdapat pembatas antara tribun dengan lapangan, sehingga untuk memasuki area tribun penonton dapat langsung menggunakan tangga kecil yang disediakan di bagian tengah dan pinggir tribun.



Gambar 4. 17 Area tribun
 Sumber: Dokumentasi Pribadi

Ukuran tribun pada bangunan memiliki ketinggian 0,42 m dan lebar 0,78 m.



Gambar 4. 18 Potongan tribun
 Sumber: Dokumentasi Pribadi

Di bawah area tribun terdapat ruang-ruang yang dapat diakses lewat bagian samping tribun dan juga lewat pintu di luar bangunan. Ruang-ruang tersebut berfungsi sebagai ruang loket dan gudang. Dengan adanya tribun hingga ketinggian 3,8 meter tanpa ada bukaan untuk mengalirkan udara sehingga pergerakan udara pada ruangan terjadi di atas ketinggian 7 meter (ketinggian tribun).



Gambar 4. 19 Ruang bawah tribun
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. Selubung Bangunan

Selubung bangunan/ dinding bangunan bermaterial batu bata dengan ketebalan 15 cm dan finishing cat. Pada sisi timur dan barat selubung mencapai ketinggian 8,5 meter sebelum plafon dengan bukaan berupa jendela owning pada ketinggian 4,5 meter sebanyak 4 buah/5 meter², ketinggian 6,5 meter sebanyak 2 buah/5 meter² dan ketinggian 7,1 meter dengan bukaan 2 buah/5 meter². Di atas plafon masih terdapat selubung hingga 1 meter dan terdapat bukaan berupa jendela jalousie.

Pada sisi selatan selubung mencapai ketinggian 16 meter dengan bentuk lengkung mengikut bentuk atap. Terdapat jendela mati yang difungsikan sebagai pencahayaan ruangan namun tidak dapat difungsikan sebagai penghawaan alami bagi ruangan.

4. Atap

Atap Gor Pancasila berupa atap lengkung/cladding dengan tambahan atap pelana di atasnya. Struktur atap menggunakan baja konvensional dan material penutup atap menggunakan galvalum zinalum dari bahan aluminium.



Gambar 4. 20 Bentuk lengkung plafon atap
Sumber: Dokumentasi Pribadi

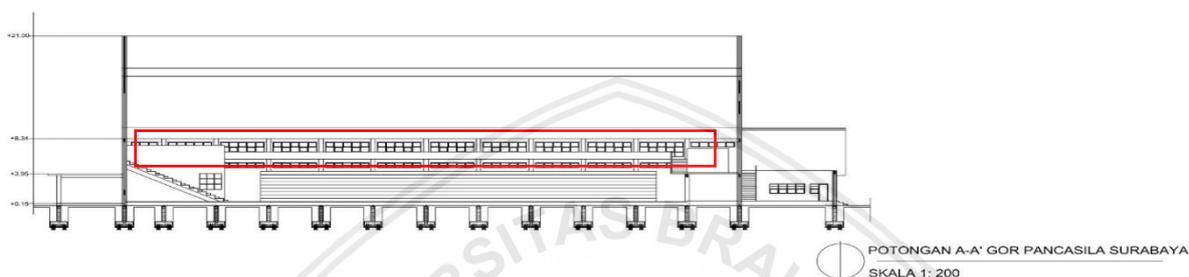
4.4 Analisa Bukaannya Pada Bangunan

Pada Gor Pancasila Surabaya bukaan terdapat di sepanjang sisi timur dan barat. bukaan berupa jendela opening pada ketinggian 4,5 meter sebanyak 4 buah/5 meter², ketinggian 6,5 meter sebanyak 2 buah/5 meter² dan ketinggian 7,1 meter dengan bukaan 2 buah/5 meter². Peletakkan tersebut sudah sesuai dengan arah dominan angin Kota Surabaya menurut BMKG Kota Surabaya dimana arah dominan angin berasal dari Pelabuhan Tanjung Perak dari arah timur dan barat laut.

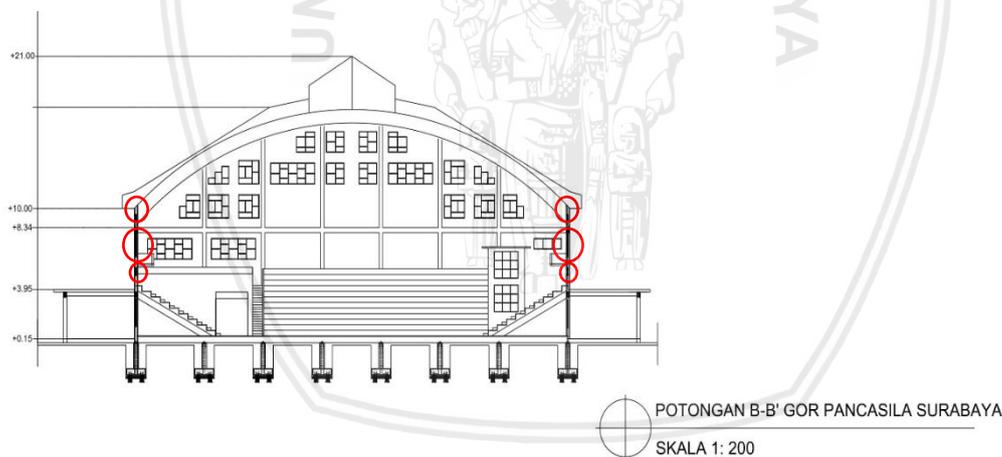
Namun bukaan tersebut masih kurang maksimal dimana kondisi ruangan masih panas dan tidak terasa aliran udara di dalam bangunan. Hal tersebut dikarenakan bukaan yang ada pada bangunan terletak sejajar sehingga penggunaan cross ventilation kurang maksimal dan jumlahnya masih minim.

Berikut gambar peletakkan bukaan yang dapat dilihat dari potongan bangunan.

Analisa Udara Pada Bangunan



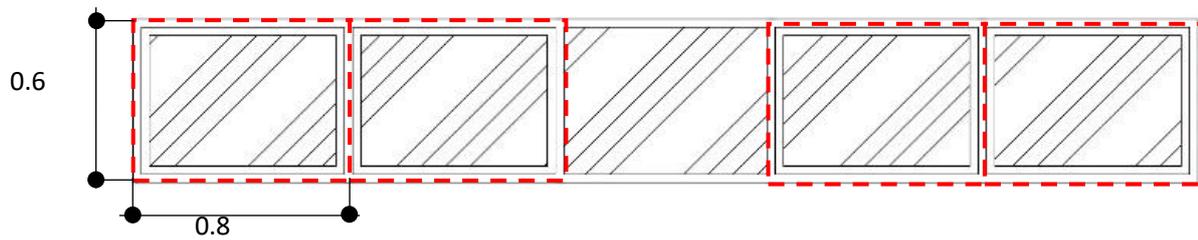
Gambar 4. 21 Potongan utara-selatan
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 22 Potongan timur-barat
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Dapat dilihat dari gambar di atas sisi timur dan barat bangunan. Bukaan bangunan terdapat pada 3 ketinggian yang berbeda. Terdapat banyak jendela-jendela namun kebanyakan berupa jendela mati yang berfungsi untuk pencahayaan alami saja. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar berikut.

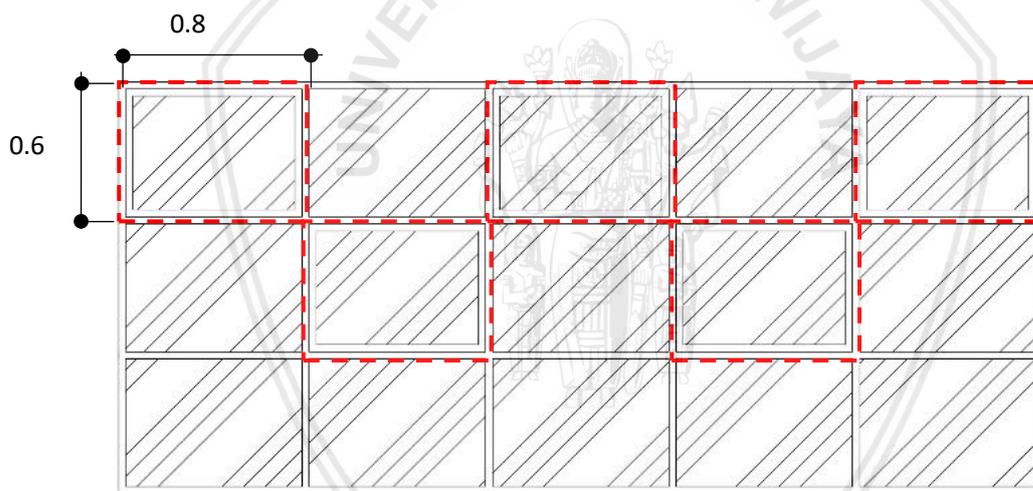
Bukaan pada ketinggian 4,5 meter



Gambar 4. 23 Bukaan bangunan ketinggian 4,5 meter

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Bukaan pada ketinggian 6,5 meter

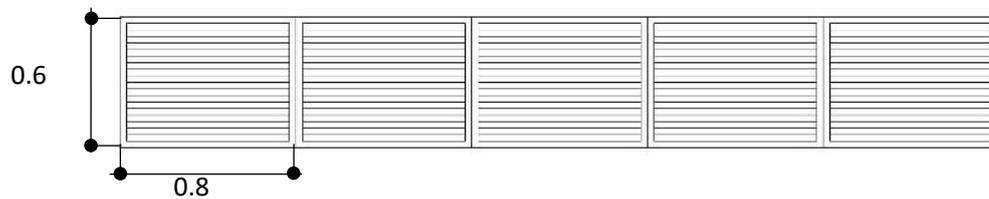


Gambar 4. 24 Bukaan bangunan ketinggian 6,5 meter

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Bukaan pada ketinggian 4,5 m dan 6,5 m terletak pada jendela yang diberi garis merah. Bukaan tersebut berupa jendela awning. Pada ketinggian 4,5 meter terdapat 4 jendela awning di setiap 5 meter dan pada ketinggian 6,5 meter terdapat 2-3 jendela awning di setiap 5 meter.

Bukaan pada ketinggian 7,1 meter

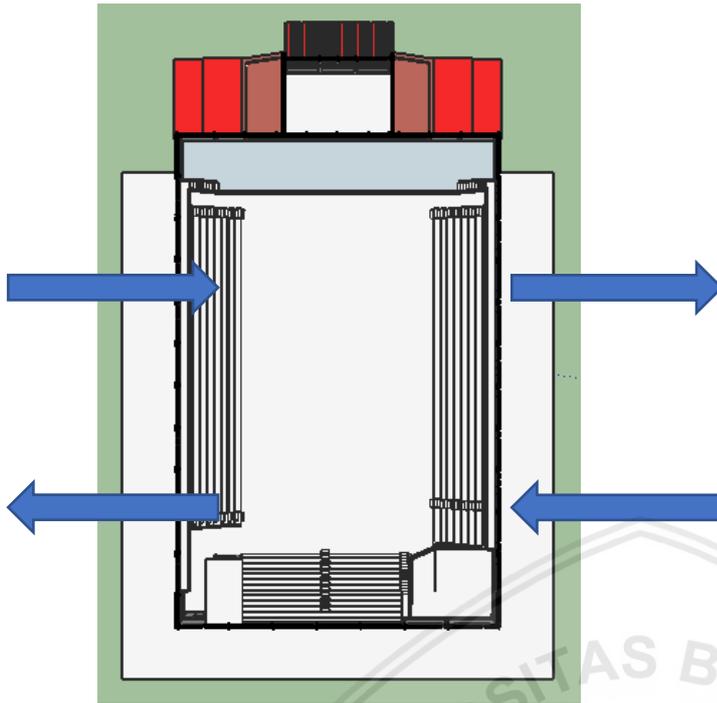


Gambar 4. 25 Bukaan bangunan ketinggian 7,1 meter
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Bukaan pada ketinggian 7,1 meter berupa jendela *jalousie* dengan jumlah 3-5 buah per 10 meter. Bukaan tersebut di atas plafon sehingga aliran udara yang masuk ke dalam bukaan tersebut tidak dapat dirasakan oleh pengguna di dalam ruang.

4.5 Analisa Udara Pada Bangunan

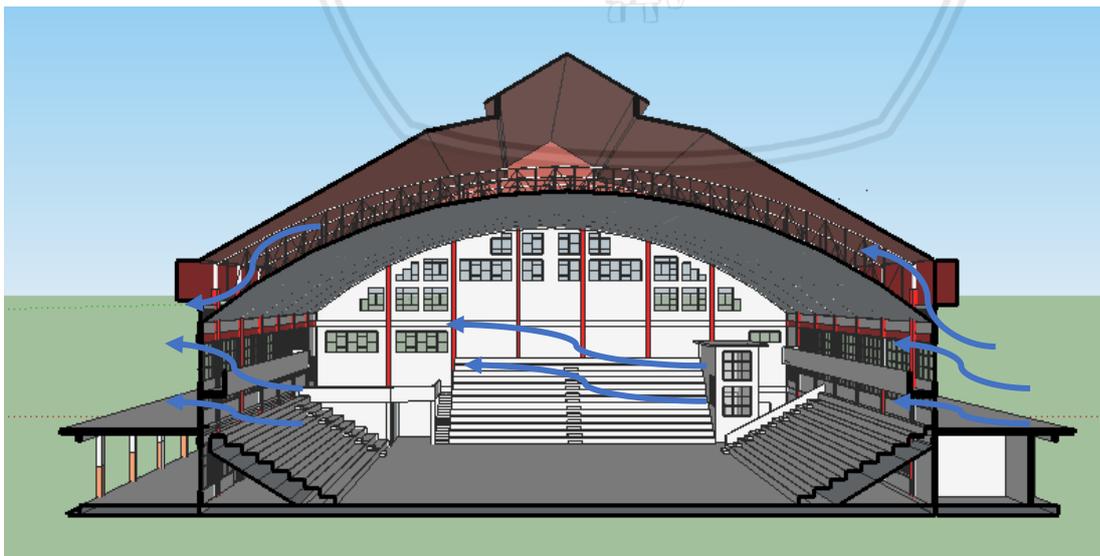
Sesuai pengukuran di lapangan kecepatan angin didominasi dari arah selatan dan barat laut, sementara sesuai data BMKG Kota Surabaya arah angin di Kota Surabaya didominasi dari arah barat laut dan timur. Pada Gor Pancasila Surabaya bukaan hanya terdapat pada sisi timur dan barat. Sehingga angin dapat dialirkan masuk ke dalam bangunan lewat sisi arah dominan angin datang lewat bukaan yang ada pada bangunan eksisting.



Gambar 4. 26 Arah angin eksisting

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Dari gambar di atas dapat terlihat angin yang berasal dari timur dan barat laut dapat dimasukkan lewat bukaan pada sisi timur dan dikeluarkan lewat bukaan pada sisi barat begitupula sebaliknya. Selanjutnya analisis aliran udara apabila dilihat dari potongan bangunan.



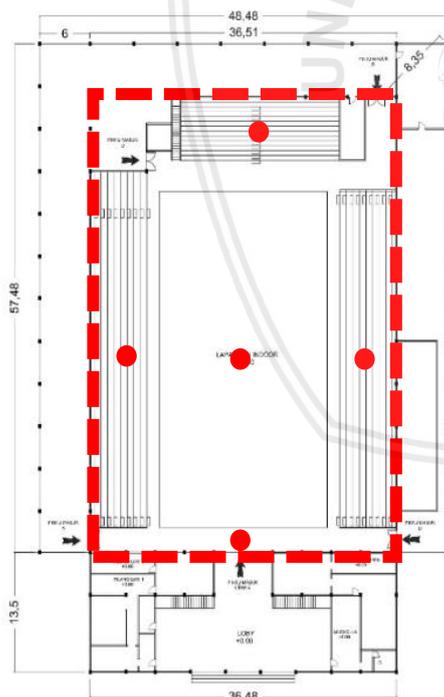
Gambar 4. 27 Analisa pergerakan udara

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada potongan bangunan dapat terlihat aliran udara yang dapat memasuki bangunan terdapat pada 3 area ketinggian. Pada bukaan di bawah plafon aliran udara dapat dimaksimalkan dengan bukaan pada sisi timur (inlet) untuk dimana arah dominan angin berada untuk menangkap angin, dialirkan ke dalam bangunan lalu dikeluarkan lewat sisi barat bangunan (outlet).

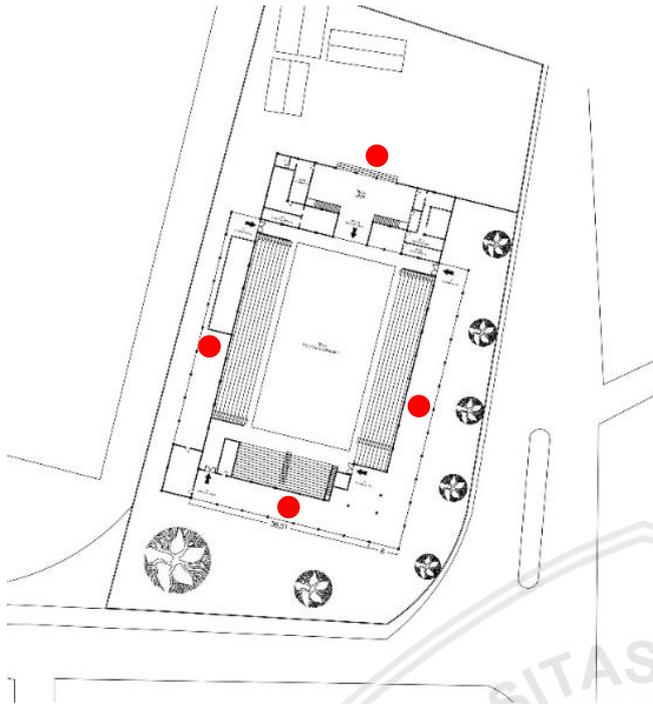
4.6 Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan di Gor Pancasila Surabaya pada Bulan September 2018 dan Bulan Juni 2019 pukul 09.00-17.00 dengan mengukur suhu, kelembaban pada interior ruangan dan kecepatan angin pada eksterior bangunan. Pengukuran menggunakan Thermo Hygrometer dan Anemometer. Pengukuran suhu dan kelembaban ruangan dilakukan pada 4 titik eksterior di sebelah utara, timur, selatan dan barat pada ketinggian 3,95 meter. Pengukuran juga dilakukan di 5 titik interior 1 meter di atas lantai, di area tribun timur, barat, selatan dan area balkon lantai 2 sebelah utara.



Gambar 4. 28 Titik pengukuran interior

Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 29 Titik pengukuran eksterior

Sumber: Dokumentasi Pribadi

observasi lapangan yang telah dikalkulasikan dan diambil nilai rata-rata dari suhu dan kelembaban .

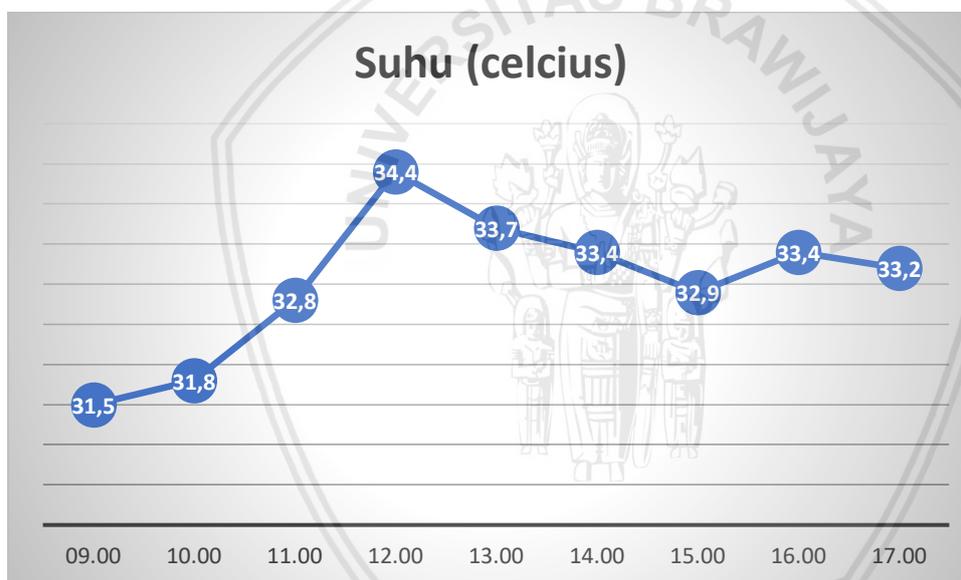
Tabel 4. 2 Suhu dan kelembaban eksisting

No	Pukul	Suhu (celcius)	Kelembaban (%)
1	09.00	31,5	61
2	10.00	31,8	55,6
3	11.00	32,8	54,2
4	12.00	34,4	55
5	13.00	33,7	50,2
6	14.00	33,4	45,8
7	15.00	32,9	44

No	Pukul	Suhu (celcius)	Kelembaban (%)
8	16.00	33,4	54
9	17.00	33,2	53,4

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada tabel di atas dapat dilihat suhu tertinggi ruangan terdapat pada pukul 12.00 WIB dan kelembaban tertinggi pada pagi hari pukul 09.00 WIB. Pada saat proses pengukuran cuaca cerah mulai pagi hingga sore hari. Selanjutnya data suhu dan kelembaban diolah menjadi grafik untuk memperlihatkan peningkatan dan penurunan suhu dan kelembaban di lapangan.



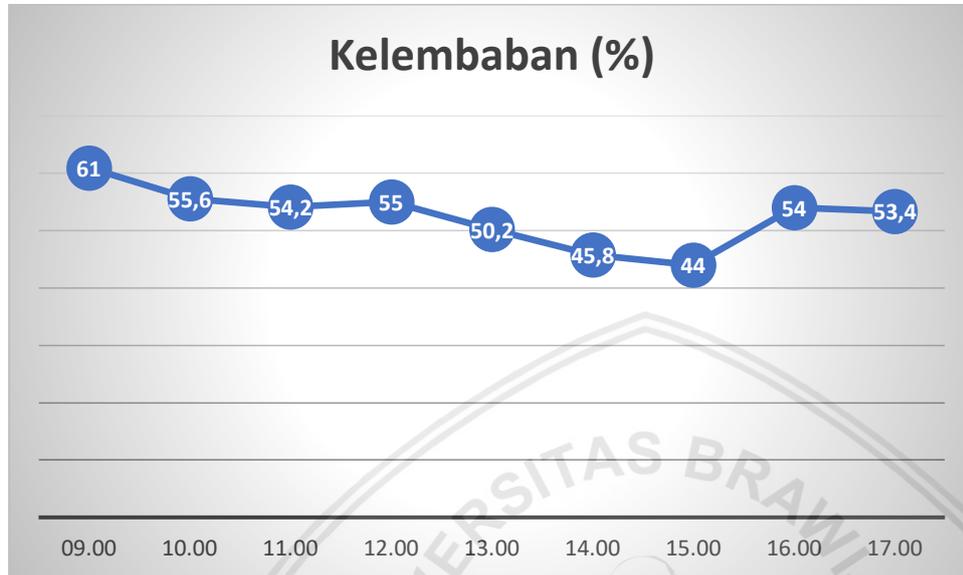
Gambar 4. 30 Grafik suhu

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan grafik suhu di atas suhu mengalami peningkatan dari pagi ke siang dan memuncak pada pukul 12.00 dengan suhu tertinggi 34,4° celcius. Lalu suhu mengalami penurunan dari siang ke sore hari.

Berdasarkan SNI 03-6572-2001, bahwa nyaman optimal dapat dicapai dengan suhu efektif antara 22,80° celcius – 25,80 ° celcius dan hangat nyaman apabila suhu efektif antara 25,80 ° celcius-27,10 ° celcius. Hasil observasi memperlihatkan suhu rata-rata di dalam bangunan mencapai °celcius. Hal tersebut disebabkan panas dari radiasi matahari yang

diteruskan lewat jendela kaca dan bukaan minim yang sejajar sehingga udara panas terjebak di dalam ruangan dan menyebabkan suhu panas dalam ruang.



Gambar 4. 31 Grafik kelembaban udara
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada grafik kelembaban udara, kelembaban tertinggi terjadi pada pagi hari pada pukul 09.00 sebesar 61% lalu mengalami penurunan menuju siang hari. Selanjutnya kelembaban mengalami kenaikan kembali menuju sore hari walaupun tidak setinggi di pagi hari. Berdasarkan SNI 03-6572-2001, kelembaban udara relatif yang masih diperbolehkan antara 55%-60% untuk ruangan dengan padat penghuni. Hasil observasi lapangan memperlihatkan rata-rata kelembaban udara pada Gor Pancasila yaitu 52%. Sehingga ruangan terasa kering.

Kecepatan aliran udara di dalam bangunan dilakukan di 5 titik dalam bangunan. Berikut adalah hasil observasi kecepatan aliran udara dalam bangunan yang telah dikalkulasikan dan diambil nilai rata-rata.

Pada saat observasi lapangan juga melakukan pengukuran pada kecepatan angin di dalam ruang pada 5 titik menggunakan anemometer. Hasil tersebut dikalkulasikan dan diambil jumlah rata-rata dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. 3 *Kecepatan aliran udara di dalam bangunan*

No	Pukul	Kecepatan aliran udara (m/s)
1	09.00	0,0
2	10.00	0,0
3	11.00	0,0
4	12.00	0,0
5	13.00	0,0
6	14.00	0,0
7	15.00	0,0
8	16.00	0,0
9	17.00	0,0

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Di dalam bangunan pengukuran kecepatan angin menunjukkan hasil 0,0 m/s di semua titik sejak pagi hingga sore. Sementara pengukuran juga dilakukan di luar bangunan pada ketinggian 0 meter dan 3 meter dan dilakukan di 8 titik dalam bangunan. Berikut adalah hasil observasi kecepatan aliran udara dalam bangunan yang telah dikalkulasikan dan diambil nilai rata-rata.

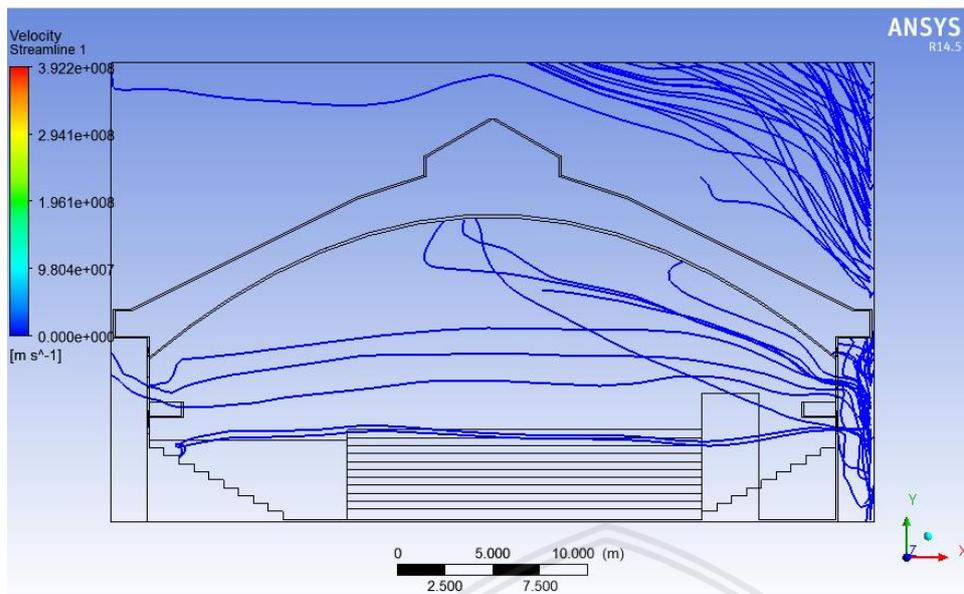
Tabel 4. 4 *Kecepatan aliran udara di luar bangunan*

No	Pukul	Kecepatan aliran udara (m/s)
1	09.00	1,02
2	10.00	0,95
3	11.00	0,85
4	12.00	0,88
5	13.00	0,93
6	14.00	1,2
7	15.00	0,9
8	16.00	0,93
9	17.00	0,96

Sumber: Dokumentasi Pribadi

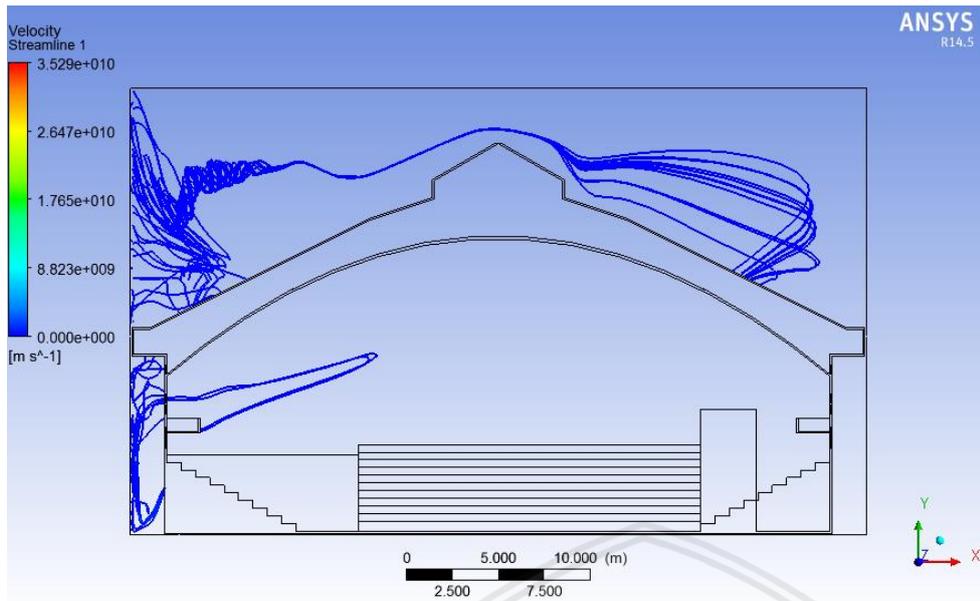
4.7 Analisa Simulasi Aliran Udara Pada Eksisting Bangunan

Pada bangunan eksisting terdapat bukaan pada sisi barat dan timur berupa jendela awning, sehingga peletakkan inlet dan outlet disesuaikan dengan bukaan pada eksisting bangunan. Simulasi yang dilakukan berdasarkan kondisi eksisting bukaan dan arah dominan angin yaitu dari arah timur dan barat (laut). Simulasi pertama dilakukan dengan meletakkan inlet pada bagian barat dan outlet pada sisi timur bangunan. Hasil simulasi aliran udara sebagai berikut.



Gambar 4. 32 Simulasi aliran udara inlet barat
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan hasil simulasi di atas, terlihat aliran angin hanya melewati bagian atas tribun yaitu pada ketinggian 3 meter ke atas hingga mencapai atap pada ketinggian 16 meter. Sementara pada area tribun dan lapangan pada ketinggian 1-3 meter tidak terdapat aliran udara, padahal aktifitas pengguna Gor terjadi pada ketinggian 1-3 meter yaitu di area lapangan dan area tribun. Beberapa aliran udara yang masuk lewat inlet di sisi barat juga terlihat tidak sampai ke outlet di sisi timur namun justru mengarah ke arah atap yang tidak memiliki bukaan dan tertutup plafon sehingga aliran udara yang mengarah ke atas berupa aliran udara panas tidak dapat keluar dan membuat udara di dalam bangunan semakin panas. Perlu diketahui pula bahwa inlet dan outlet pada sisi timur dan barat bangunan berupa jendela awning yang tidak otomatis menjadi inlet dan outlet bagi bangunan.

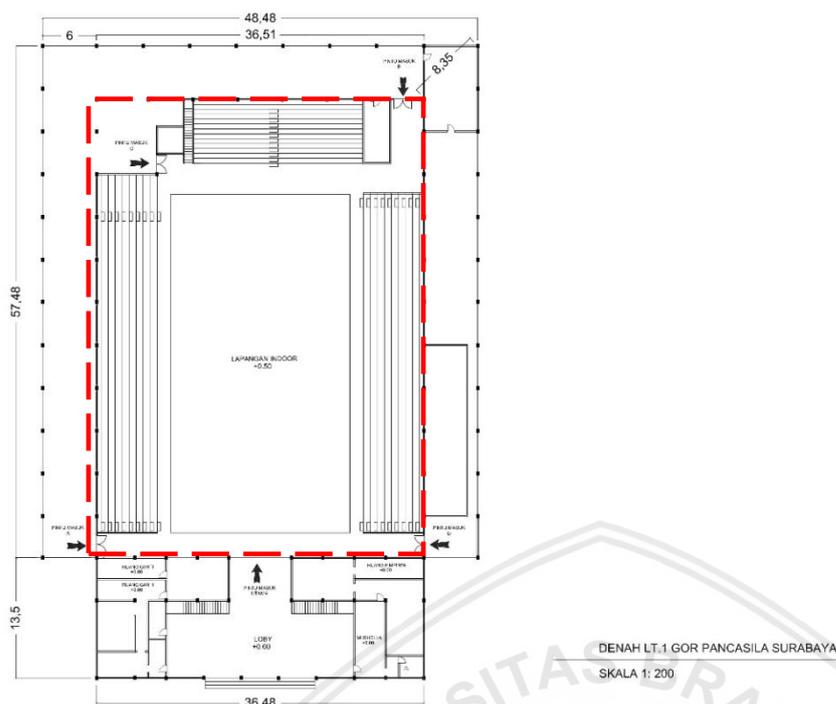


Gambar 4. 33 Simulasi aliran udara inlet timur
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan hasil simulasi di atas, terlihat aliran angin hanya melewati bagian atas tribun yaitu pada ketinggian 3 meter ke atas dan tidak sampai ke outlet sehingga tidak terjadi cross ventilation dalam bangunan. Pada area tribun dan lapangan pada ketinggian 1-3 meter tidak terdapat aliran udara.

4.8 Penerapan Sistem Penghawaan Alami

Sistem penghawaan alami akan diterapkan pada aula olahraga seluas 2.115 m². Sistem dapat diterapkan dengan 2 cara yaitu ventilasi silang (cross ventilation) dan stack effect. Ventilasi silang diterapkan dengan bukaan pada tribun dan selubung bangunan. Stack effect diterapkan dengan menambahkan outlet pada atap.



Gambar 4. 34 Area penerapan sistem penghawaan alami

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Penerapan sistem ventilasi alami disesuaikan dengan SNI 03-3647-1994 yaitu ukuran luas ventilasi silang adalah minimal 6% dari keseluruhan luas ruangan yang dialiri udara. Sehingga perhitungan sebagai berikut:

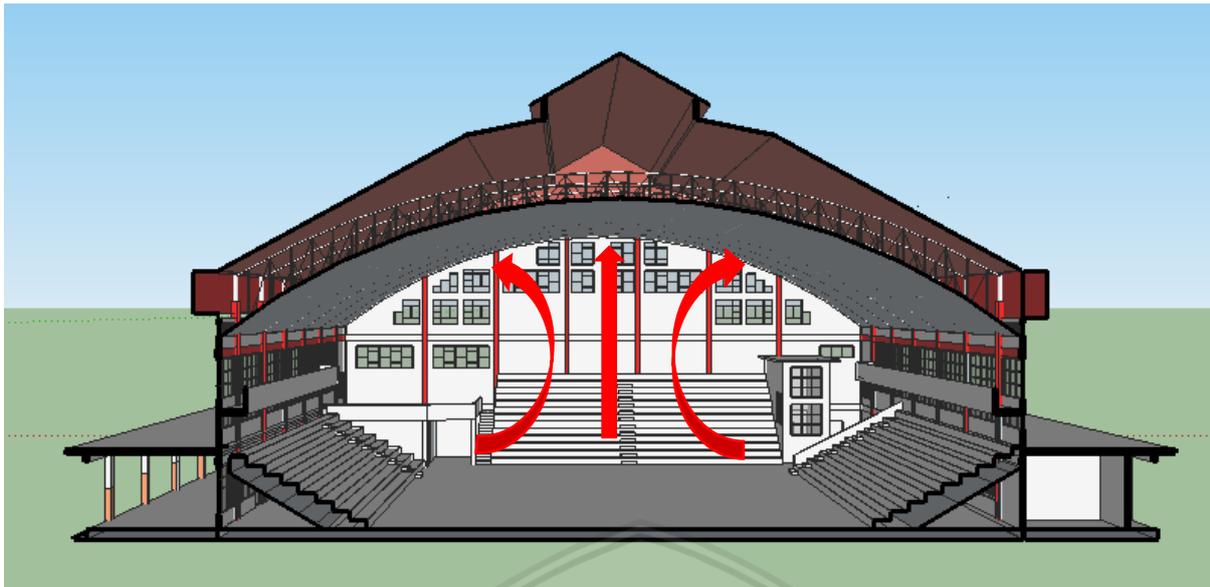
Luas ruangan = 2.115 meter²

Standar luas ventilasi = 6% x 2.115 meter² = 126,9 meter²

Luas ventilasi eksisting = (0.8x0.6) x 90 buah = 43,2 meter²

Sehingga masih terdapat kekurangan ventilasi pada bangunan seluas 83,7 meter². Untuk menutupi kekurangan tersebut maka diperlukan penambahan bukaan pada bangunan berupa ventilasi silang dan stack effect.

Penambahan bukaan tersebut melewati pertimbangan pergerakan udara berdasarkan sifat udara ketika dipanaskan maka udara akan memuai dan bergerak ke atas menuju ke tekanan yang lebih rendah.



Gambar 4. 35 Pergerakan udara

Sumber: Dokumentasi Pribadi

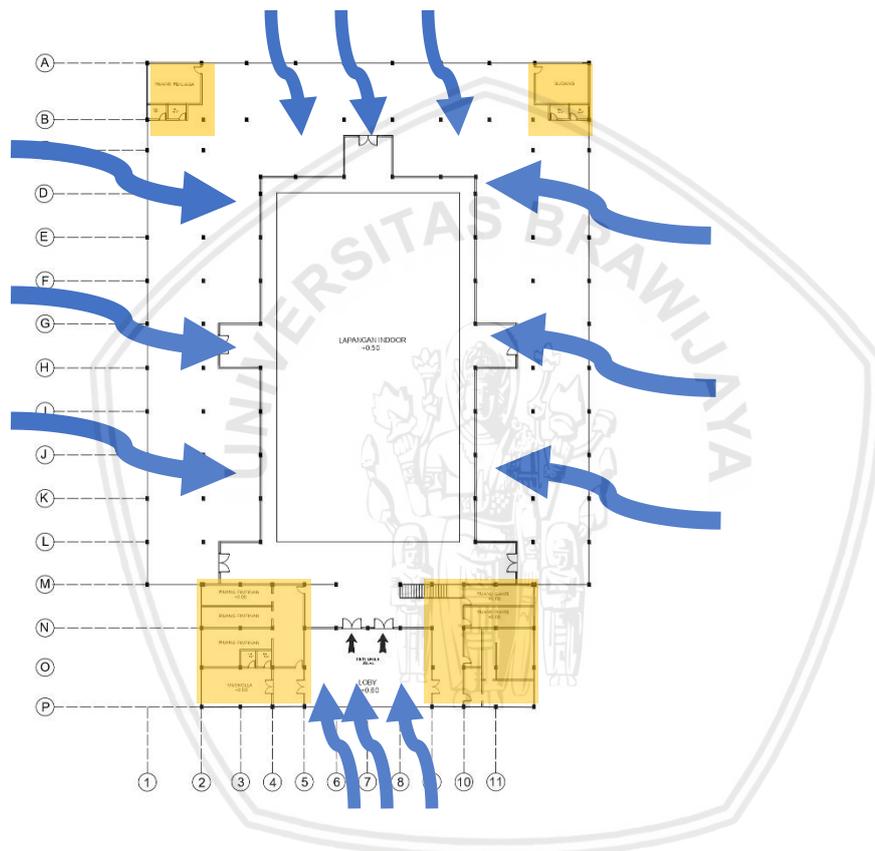
Pada kondisi eksisting bukaan untuk mengalirkan udara dingin/inlet terdapat pada bukaan di atas tribun yang sekaligus menjadi bukaan untuk mengalirkan udara panas. Sehingga area tribun belum memiliki bukaan untuk mengalirkan udara dingin. Permasalahan juga terjadi pada bukaan di ketinggian 6,5 meter di atas serambi balkon jika dijadikan inlet maka belum memiliki bukaan sebagai outlet secara maksimal karena outlet di sisi berlawanan memiliki ketinggian sejajar sehingga aliran udara panas akan terjebak di bawah plafon dan menyebabkan udara di dalam ruang semakin panas. Berikut yang perlu ditambahkan sehingga penghawaan alami dapat berjalan maksimal untuk mencapai kenyamanan thermal:

4.9 Penerapan Sistem Ventilasi Silang

Sistem ventilasi silang terjadi akibat perbedaan tekanan udara antara inlet (lubang masuk udara) dengan outlet (lubang keluar udara). Penerapannya yaitu dengan meletakkan bukaan pada kedua sisi bangunan yang berhadapan. Penerapan ventilasi silang ini bertujuan untuk terus memutar aliran udara dalam bangunan sehingga aliran udara dalam bangunan terus terasa sejuk karena adanya aliran udara dingin yang masuk ke dalam bangunan dan aliran udara panas dikeluarkan dari bangunan. Ventilasi silang pada eksisting dapat ditambahkan pada area tribun, menambahkan ventilasi pada selubung bangunan di atas tribun dan bukaan di bawah atap.

1. Menambah Bukaannya di Bawah Tribun

Bukaan pada eksisting bangunan belum mencukupi kebutuhan bangunan. Terutama bukaan inlet yang akan mengalirkan udara dingin pada area tribun, belum terdapat pada bangunan. Di samping itu di bawah tribun terdapat ruang-ruang yang menghalangi angin masuk lewat tribun. Sehingga ruang-ruang di bawah tribun perlu dipindahkan dan ditambahkan bukaan pada bidang vertikal tribun sebagai sistem ventilasi silang.

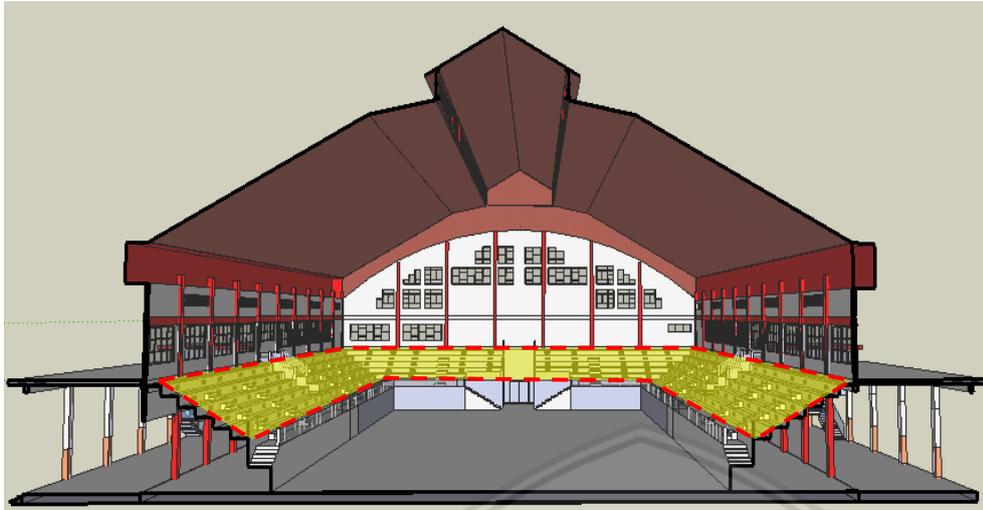


Gambar 4. 36 Pemindahan fungsi ruang bawah tribun

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada penerapan ventilasi silang pada tribun, ruang-ruang di bawah tribun yang berfungsi sebagai ruang pegawai, kamar mandi dan ruang tiket akan dipindahkan di setiap sudut bangunan. Sehingga aliran angin dapat bebas memasuki bangunan dari segala arah tanpa terhalang dinding.

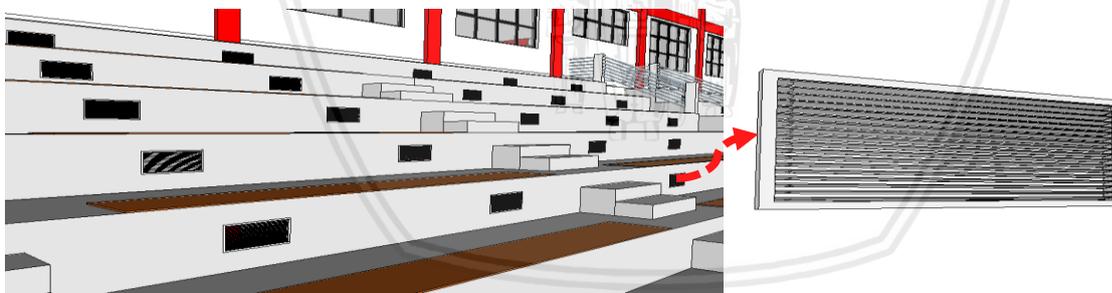
Penerapan bukaan pada tribun dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 4. 37 Rekomendasi zona bukaan area tribun

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Penambahan bukaan di area bawah tribun untuk mengalirkan udara bagi penonton di tribun dan lapangan. Penambahan bukaan ini diterapkan di sepanjang tribun sehingga aliran udara dapat merata pada seluruh sisi bangunan.

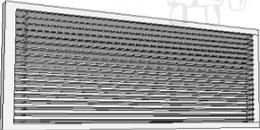


Gambar 4. 38 Penerapan bukaan pada area tribun

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Laju aliran udara yang dapat dimasukkan melalui bukaan inlet pada tribun yaitu:

Tabel 4. 5 Laju aliran udara bukaan tribun

Lokasi Bukaan	Jenis Bukaan	Laju Aliran Udara
Bukaan tribun area barat dan timur		$Q = CV.A.V$ $Q = 0.5 \times 0,1 \times 0,95$ $Q = 0,0475 \text{ m /detik}$ Pada 1 bukaan tribun memiliki kecepatan aliran udara 0,0475 m/detik. Sementara pada total bukaan yang ada pada masing-masing tribun barat dan timur yaitu $Q = CV.A.V$ $Q = 0.5 \times 3,08 \times 0,95$ $Q = 1,46 \text{ m}^3 \text{ /detik}$
Bukaan tribun area selatan		$Q = CV.A.V$ $Q = 0.5 \times 0,1 \times 0,95$ $Q = 0,0475 \text{ m /detik}$ Pada 1 bukaan tribun memiliki kecepatan aliran udara 0,0475 m/detik. Sementara pada total bukaan yang ada pada tribun selatan yaitu $Q = CV.A.V$ $Q = 0.5 \times 1,99 \times 0,95$ $Q = 0,94 \text{ m /detik}$

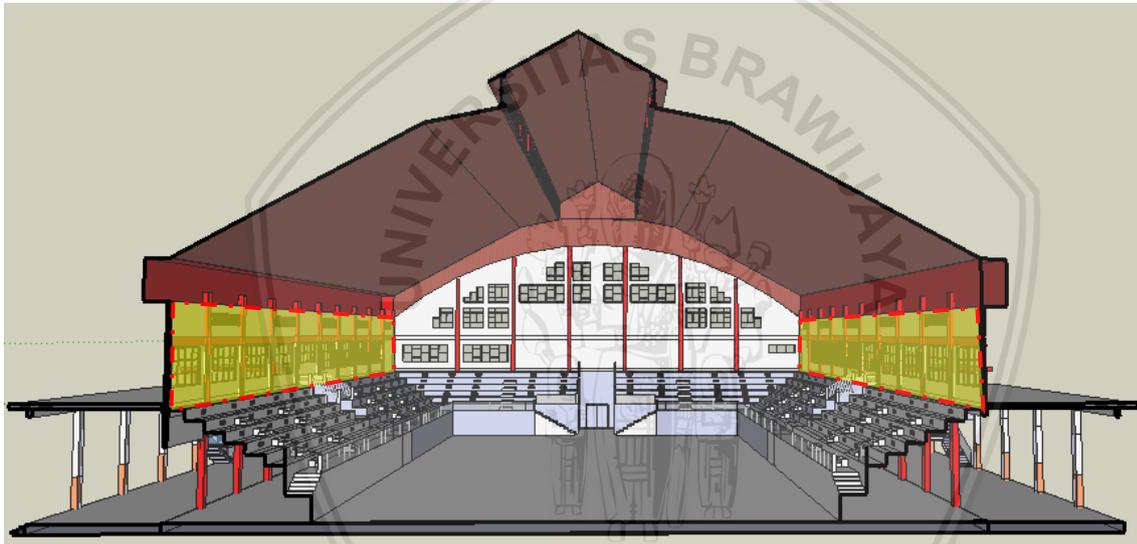
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa:

- a. Pada sisi barat dan timur, laju udara yang masuk melalui bukaan tribun yaitu 2,9 meter/detik
- b. Pada sisi selatan, laju udara yang masuk melalui bukaan tribun yaitu 0,94 meter/detik

2 Perubahan Bukaan Selubung Bangunan

Bukaan pada selubung bangunan akan diterapkan penambahan pada bukaan jalousie pada ketinggian 9,2 meter untuk membantu sistem stack effect dan pengurangan pada bukaan awning karena sudah adanya penambahan bukaan di tribun. Perubahan bukaan pada selubung bangunan digambarkan sebagai berikut.

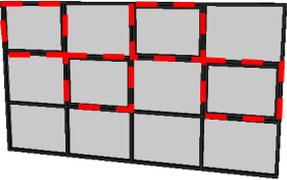


Gambar 4. 39 Penerapan bukaan pada selubung barat dan timur

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Laju aliran udara yang dapat dimasukkan melalui bukaan inlet pada selubung bangunan yaitu

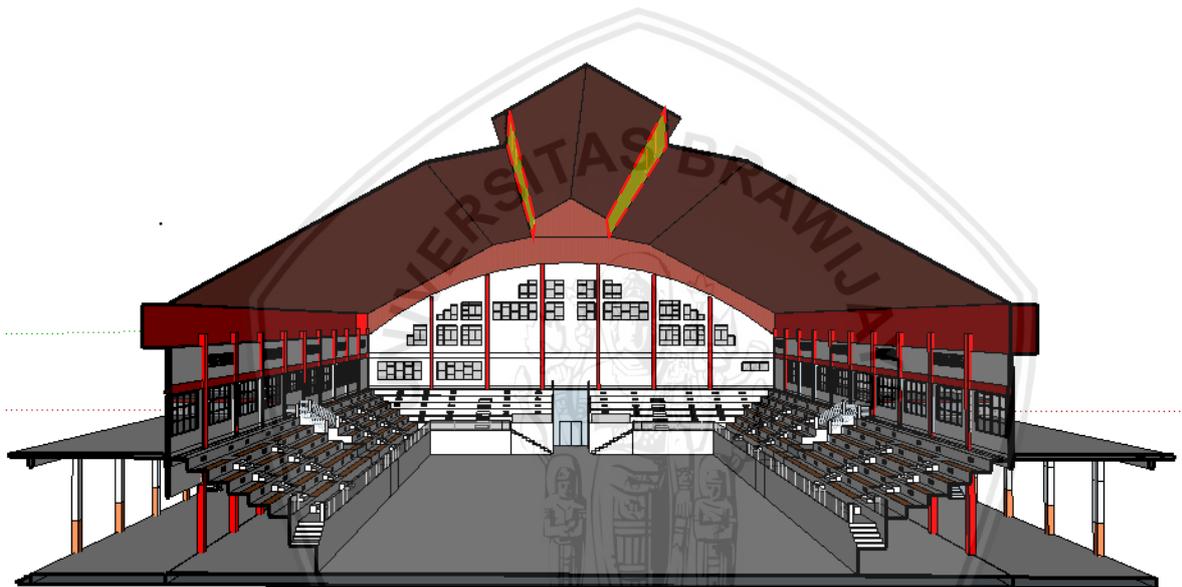
Tabel 4. 6 Laju aliran udara bukaan selubung bangunan

Lokasi Bukaan	Jenis Bukaan	Laju Aliran Udara
Selubung bangunan barat dan timur		$Q = CV. A. V$ $Q = 0.5 \times 0.48 \times 0,95$ $Q = 0,228 \text{ m /detik}$ <p>Pada 1 bukaan memiliki kecepatan aliran udara 0,228 m/detik. Sementara pada total bukaan yang ada pada masing-masing selubung barat dan timur yaitu</p> $Q = CV.A.V$ $0.5 \times 19,2 \times 0,95$ $= 9.12 \text{ m}^3/\text{detik}$
Selubung bangunan barat dan timur		$Q = CV.A.V$ $Q = 0.25 \times 0,48 \times 0,95$ $Q = 0,14 \text{ m /detik}$ <p>Pada 1 ventilasi jalousie tribun memiliki kecepatan aliran udara 0,14 m /detik m/detik. Sementara pada total bukaan yang ada pada masing-masing tribun barat dan timur yaitu</p> $Q = CV.A.V$ $Q = 0.5 \times 13.3 \times 0,95$ $Q = 6,3 \text{ meter}^3/\text{detik}$

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4.10 Penerapan Sistem Stack Effect

Sistem stack effect terjadi karena perbedaan suhu udara luar dan dalam bangunan. Udara dengan berat jenis rendah akan mengalir ke atas, dan udara luar yang lebih dingin (berat jenis tinggi), akan mengalir ke bawah (ruangan). Penerapan pada bangunan Gor Pancasila yaitu dengan menambahkan bukaan pada selubung atap, sehingga udara panas dalam bangunan keluar dan dapat menjaga pertukaran udara dalam bangunan tetap sejuk. Penambahan bukaan atap dapat digambarkan sebagai berikut



Gambar 4. 40 Penerapan bukaan pada atap

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Bukaan pada atap berupa ventilasi jalousie dengan ukuran 0,6 x 1 meter pada satu unit ventilasi. Laju aliran udara pada bukaan atap adalah sebagai berikut

$$Q = CV.A.V$$

$$Q = 0.5 \times 0,6 \times 0,95$$

$$Q = 0,285 \text{ meter/detik}$$

Sementara laju aliran udara total pada masing-masing area timur dan barat yaitu

$$Q = CV.A.V$$

$$Q = 0.5 \times (0,6 \times 94) \times 0,95$$

$$Q = 26,79 \text{ meter/detik}$$

4.11 Kebutuhan Udara Gor Pancasila

Laju aliran udara yang masuk ke dalam bangunan Gor Pancasila lewat inlet barat dan timur bangunan masing-masing adalah sebagai berikut

Tabel 4. 7 Laju aliran udara inlet bangunan

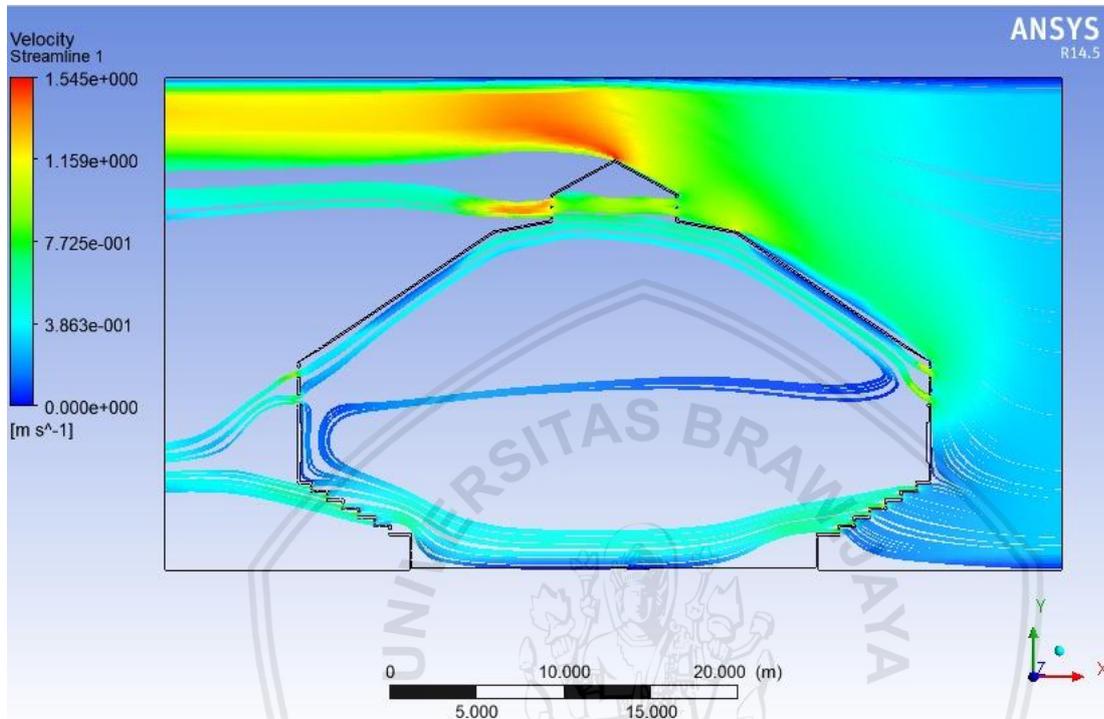
Letak Bukaannya	Jenis Bukaannya	Laju Aliran Udara
Tribun		$Q = CV.A.V$ $Q = 0.5 \times 3,08 \times 0,95$ $Q = 1,46 \text{ m}^3/\text{detik}$
Selubung Bangunan		$Q = CV.A.V$ $0.5 \times 19,2 \times 0,95$ $= 9.12 \text{ m}^3/\text{detik}$
		$Q = CV.A.V$ $Q = 0.5 \times 13.3 \times 0,95$ $Q = 6,3 \text{ meter}^3/\text{detik}$
TOTAL	16,88 m/s	

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Laju aliran udara tersebut sudah sesuai dengan kebutuhan udara minimum dalam ruang olahraga berkapasitas 2000 orang sesuai SNI 03-6572-2001 tentang Tata cara perancangan dan pengkondisian udara pada bangunan gedung sebesar $14 \text{ m}^3/\text{detik}$

4.12 Analisa Simulasi Penerapan Sistem Penghawaan Alami

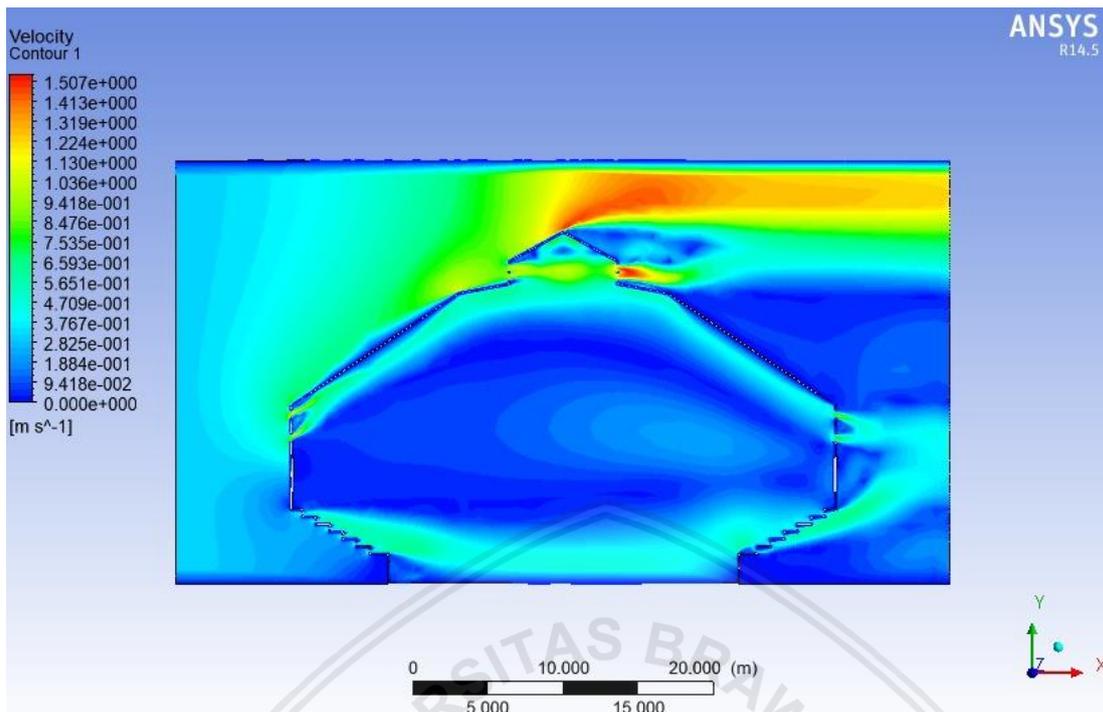
Simulasi penerapan sistem penghawaan alami dilakukan secara bersamaan sesuai dengan analisa penambahan bukaan pada tribun, selubung bangunan dan juga atap. Simulasi ditampilkan lewat potongan barat-timur dan potongan utara-selatan.



Gambar 4. 41 Simulasi penerapan ventilasi alami dengan inlet berasal dari barat
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Simulasi dilakukan pada potongan barat-timur dengan inlet pada area barat dan outlet pada area timur. Pada gambar simulasi dapat terlihat terjadi ventilasi silang di mana angin masuk melalui bukaan dan tribun pada sisi barat, mengenai lapangan dan area tribun lalu keluar melewati bukaan pada selubung dan pada tribun timur. Pada simulasi ini juga terlihat terjadi stack effect di mana aliran udara yang masuk ke dalam bangunan juga keluar melewati bukaan pada atap.

Dari hasil simulasi juga dapat diukur kecepatan aliran udara berdasarkan ketinggian lantai:



Gambar 4. 42 Contour laju aliran udara dengan inlet berasal dari barat

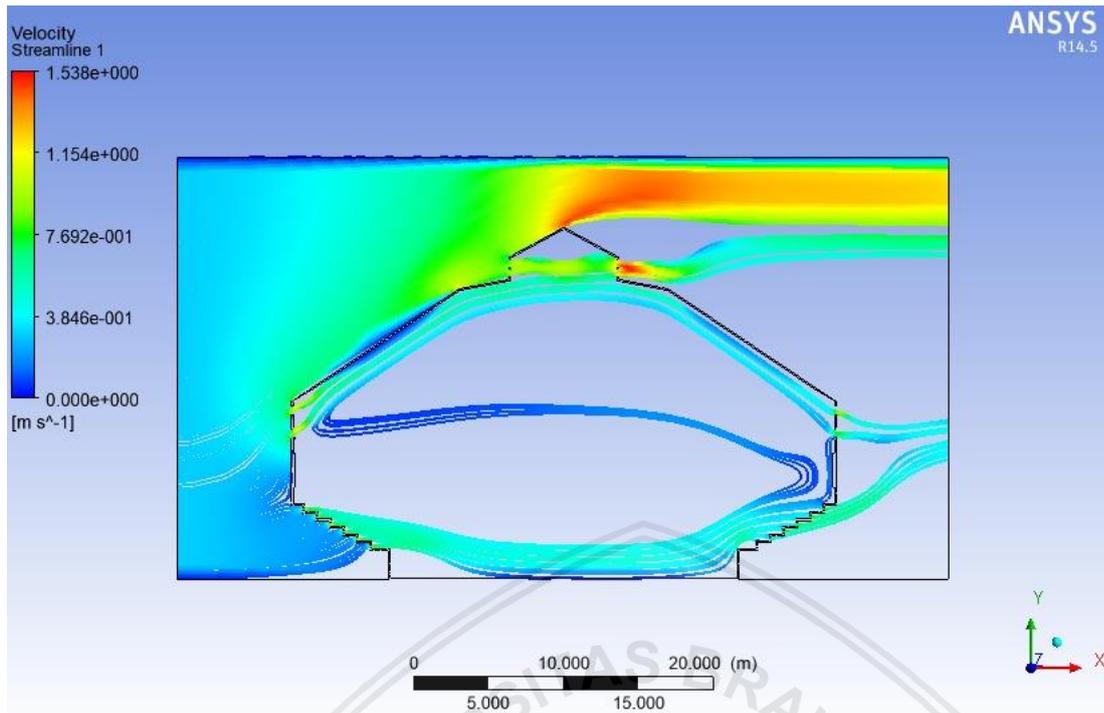
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Dari gambar di atas dapat diperoleh kecepatan laju aliran udara khususnya pada area aktifitas sebagai berikut:

Lapangan (Ketinggian 1-2 meter) 0,18 – 0,47 meter /detik

Tribun (Ketinggian 2-7 meter) 0,37-0,56 meter / detik

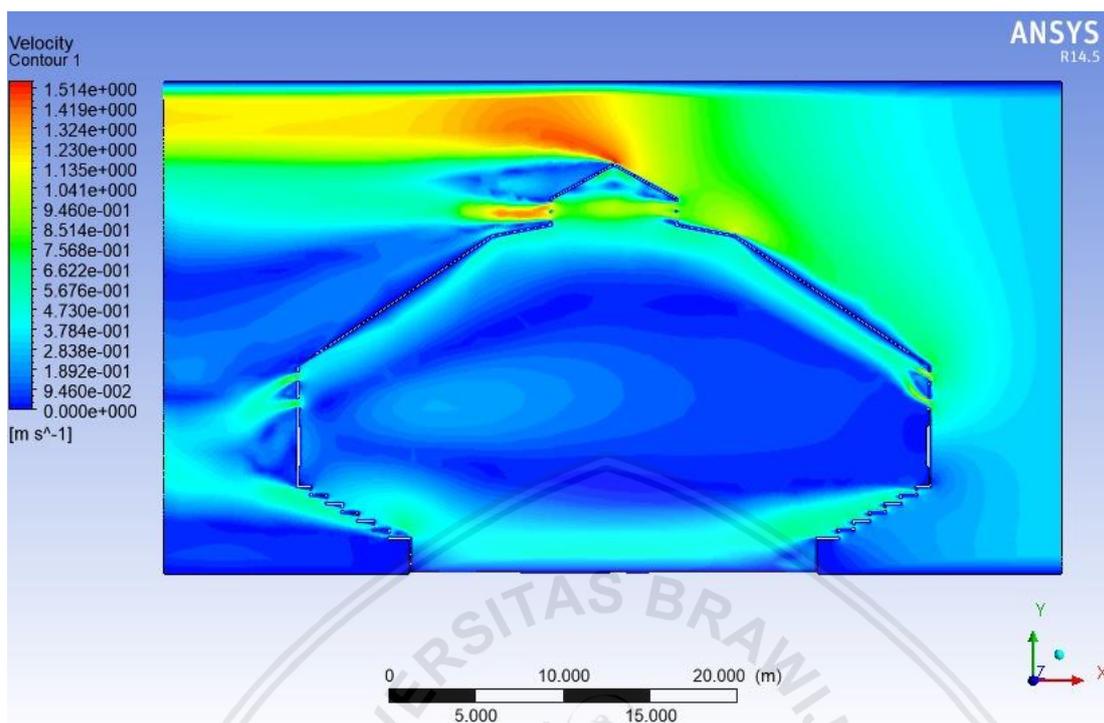
Kecepatan sesuai ketinggian tersebut berdasarkan area aktifitas yang membutuhkan udara segar. Hasil simulasi kecepatan angin tersebut sudah nyaman sesuai dengan Lipsmeir dimana 0.25 – 0.5 m/s ialah nyaman dan gerakan udara terasa.



Gambar 4. 43 Simulasi penerapan ventilasi alami dengan inlet berasal dari barat
 Sumber: Dokumentasi Pribadi

Simulasi dilakukan pada potongan barat-timur dengan inlet dari area timur dan outlet pada area barat. Pada gambar simulasi dapat terlihat terjadi ventilasi silang di mana angin masuk melalui bukaan pada selubung dan tribun timur, lalu keluar melewati bukaan pada selubung barat dan pada tribun barat. Stack effect juga terjadi dengan aliran udara keluar melalui bukaan atap barat.

Dari hasil simulasi juga dapat diukur kecepatan aliran udara berdasarkan ketinggian lantai:



Gambar 4. 44 Contour laju aliran udara dengan inlet berasal dari timur
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Dari gambar di atas dapat diperoleh kecepatan laju aliran udara khususnya pada area aktifitas sebagai berikut:

Lapangan (Ketinggian 1-2 meter)	0,09 – 0,47 meter /detik
Tribun (Ketinggian 2-7 meter)	0,28-0,56 meter / detik

Kecepatan sesuai ketinggian tersebut berdasarkan area aktifitas yang membutuhkan udara segar. Hasil simulasi kecepatan angin tersebut sudah nyaman sesuai dengan Lippsmeir dimana 0.25 – 0.5 m/s ialah nyaman dan gerakan udara terasa.

4.13 Rekomendasi Desain

Berdasarkan hasil analisa dan simulasi sistem penghawaan alami pada Gor Pancasila Surabaya, diperoleh rekomendasi desain pada tapak dan bangunan gor.



Gambar 4. 45 Eksterior rekomendasi desain gor Pancasila
Sumber: dokumentasi pribadi

Rekomendasi desain pada lingkungan/eksterior bangunan yaitu dengan penambahan vegetasi yang masih minimum pada tapak dan penataan khususnya pada arah datangnya angin dominan yaitu timur dan barat laut tapak sehingga angin bisa diarahkan menuju permukaan bangunan.



Gambar 4. 46 Penataan vegetasi area timur tapak
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Penataan pada bagian timur bangunan yaitu dengan adanya deretan pohon angsa dan pohon tanjung sebagai peneduh tapak. Karena jarak pagar ke tapak sempit, sekitar 5-7 meter saja, sehingga jumlah pohon ditata secukupnya agar tidak menghalangi masuknya angin ke tapak.



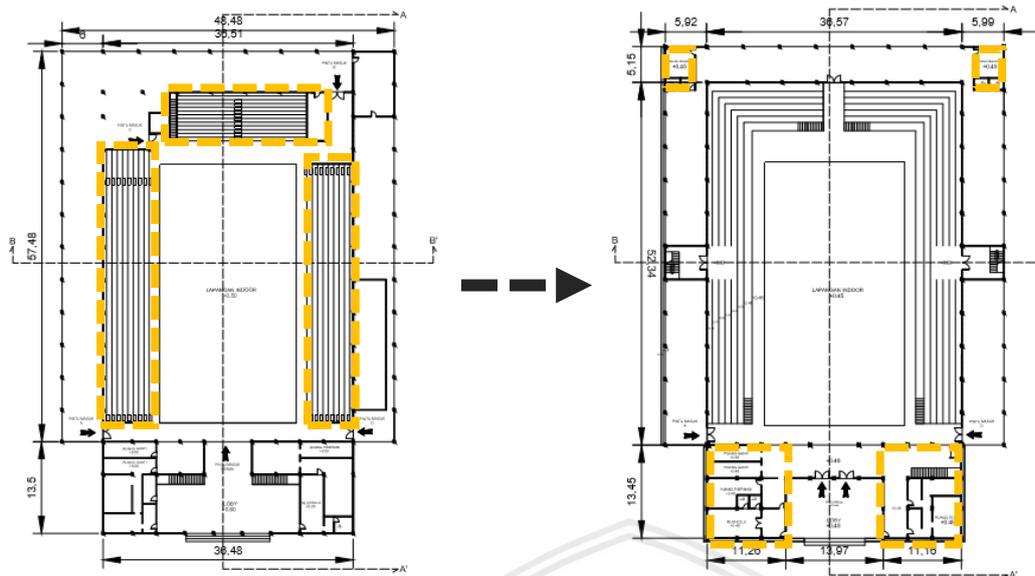
Gambar 4. 47 Penataan vegetasi area barat laut tapak
 Sumber: Dokumentasi pribadi

Pada bagian barat laut tapak, ditata 2 deret pohon kiara payung yang tingginya 4-8 meter saja dan deret pohon angkana sebagai barrier untuk mengarahkan angin menuju permukaan bangunan.

Sementara rekomendasi desain pada bangunan diterapkan pada denah (pemindahan ruang bawah tribun), tampak depan, area tribun, tampak samping, selubung, atap bangunan dan penambahan fasilitas disabilitas:

1. Denah (pemindahan ruang bawah tribun)

Ruang di bawah tribun dipindahkan karena akan ditambahkan bukaan pada dinding tribun, sehingga tidak ada penghalang antara dinding tribun dengan ruang luar dan angin dapat secara langsung masuk ke dalam bangunan. Pemindahan fungsi ruang yaitu toilet, gudang, loket karcis dan ruang istirahat dipindahkan ke setiap sudut dari bangunan sehingga tidak menghalangi aliran angin yang masuk ke bangunan.

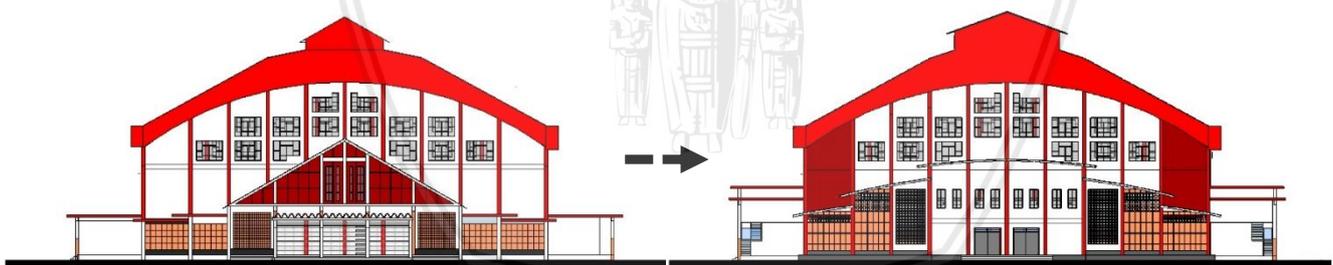


Gambar 4. 48 Denah sebelum dan sesudah pemindahan ruang

Sumber: Dokumentasi pribadi

2. Tampak depan

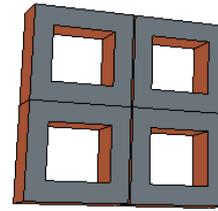
Dengan pemindahan ruang di bawah tribun ke bangunan tambahan di bagian depan bangunan maka terjadi perubahan pada tampak depan bangunan Gor Pancasila.



Gambar 4. 49 Tampak depan sebelum dan sesudah rekomendasi desain

Sumber: Dokumentasi pribadi

Fasad tampak depan juga ditambahkan roaster dan bukaan awning sehingga angin dari utara dapat masuk ke bangunan sebagai penghawaan alami.



Gambar 4. 50 Bukaan roaster tampak depan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

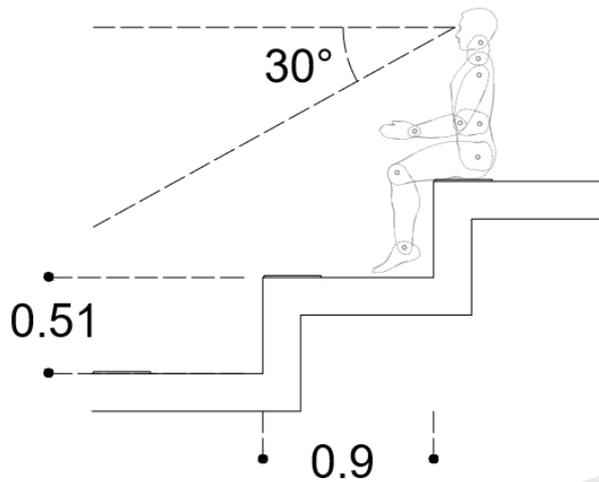


Gambar 4. 51 Bukaan awning tampak depan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. Tribun

Area tribun eksisting masih belum sesuai dengan standar yang ada. Dimana sesuai SNI 03-3647-1994, tidak boleh ada perubahan bidang , tonjolan atau bukaan yang tetap sehingga tribun dinaikkan ketinggiannya hingga 2 meter.

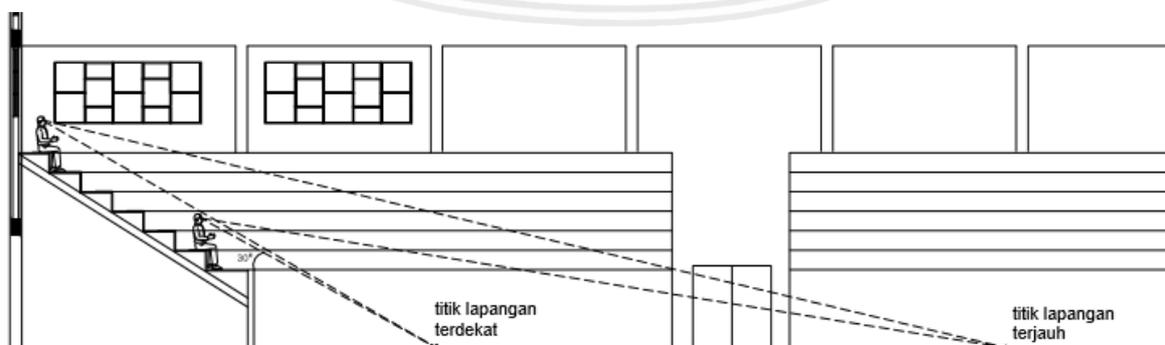


Gambar 4. 52 Potongan rekomendasi tribun

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Ukuran tempat duduk juga direkomendasikan menyesuaikan SNI yaitu dengan lebar 0,9 meter, ketinggian 0,51 meter. Pada area tempat duduk diberikan dibedakan dengan ketinggian 1 cm dan lebar 30 cm.

Sudut pandang penonton dari tribun juga diatur dalam SNI dimana titik terdekat yang dapat dilihat penonton minimal 30° . Menurut Joseph de Chiara dalam Time Saver Standards for Building Type (1973), sudut pandang vertikal penonton untuk mata diam adalah $\pm 30^\circ$ di atas dan di bawah garis horisontal. Pada penerapannya, rekomendasi Gor Pancasila sudah memenuhi karena titik lapangan terdekat dan terjauh berada $\pm 30^\circ$ di atas dan di bawah garis horisontal.

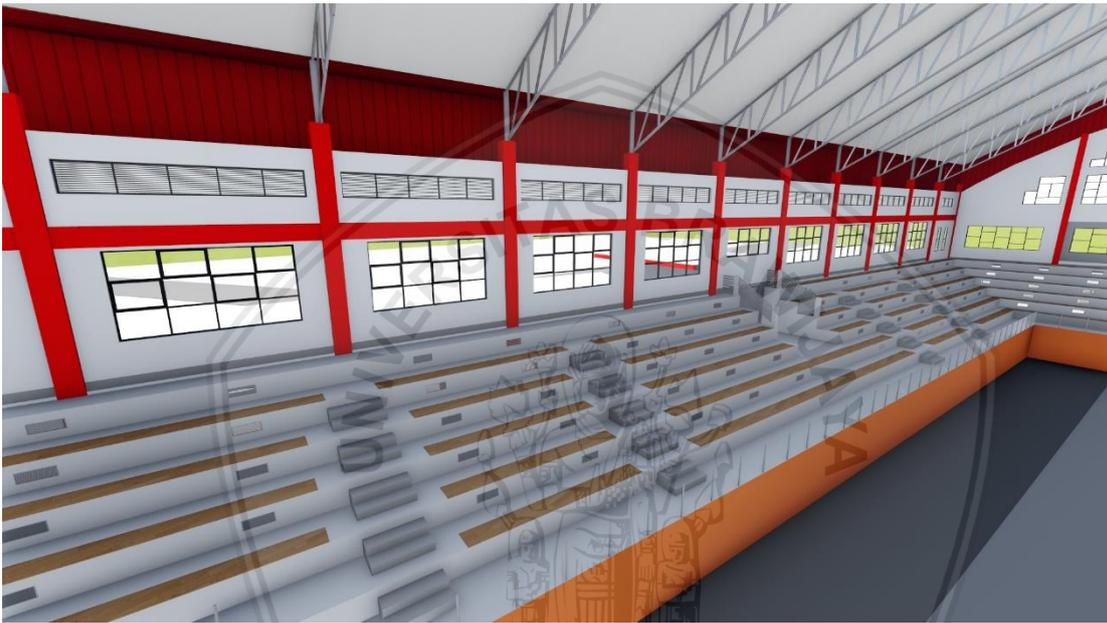


Gambar 4. 53 Sudut pandang penonton tribun

Sumber: Dokumentasi Pribadi

a. Bukaan Area Tribun

Bukaan pada area tribun ditambahkan pada bidang vertikal tribun di belakang area tempat duduk penonton. Bukaan diterapkan pada seluruh tribun yang ada di area timur, barat dan selatan sehingga seluruh penonton dapat maksimal merasakan aliran udara segar.



Gambar 4. 54 Area tribun timur dan barat

Sumber: Dokumentasi Pribadi

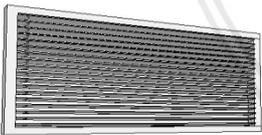


Gambar 4. 55 Area tribun selatan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Jenis bukaan pada tribun, yaitu bukaan di belakang tempat duduk penonton berupa ventilasi *jalousie*.

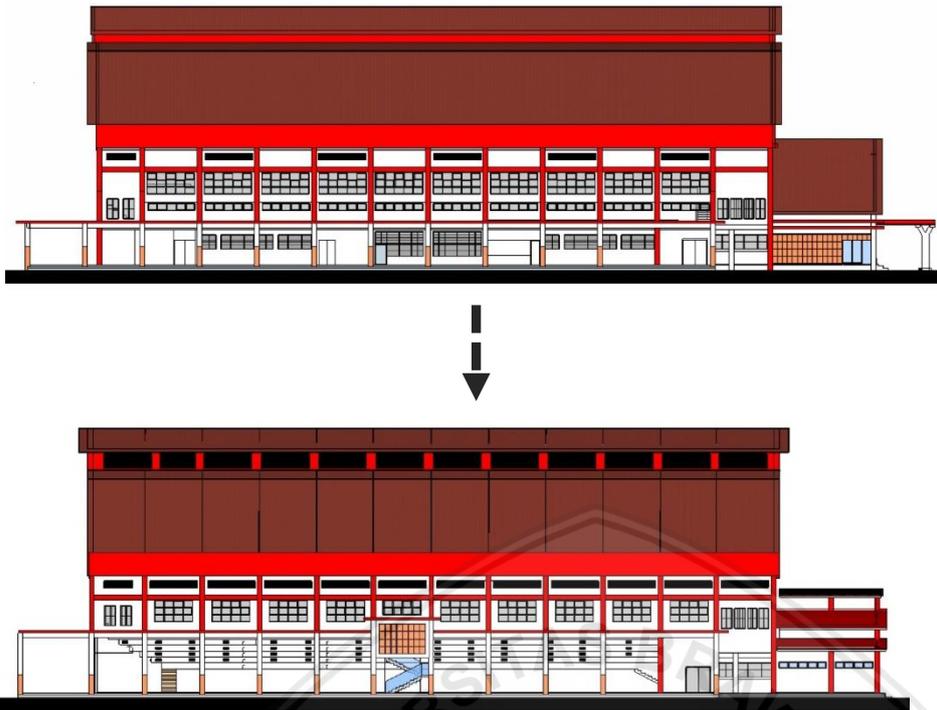
Tabel 4. 8 Luas bukaan tribun

Jenis Bukaan	Luas Bukaan
	<p>Ukuran ventilasi jalousie di bawah tribun yaitu 0,2x0,5 meter. Terdapat 172 unit Ventilasi yang diletakkan sepanjang tribun dengan jarak 2-3 meter.</p> <p>Luas total bukaan jalousie pada semua sisi tribun yaitu 17,2 meter².</p>

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4. Tampak Samping

Dengan rekomendasi pada tribun terutama pada tangga tribun, maka terjadi perubahan pada tampak samping Gor Pancasila.



Gambar 4. 56 Tampak samping sebelum dan sesudah rekomendasi
Sumber: Dokumentasi pribadi

Pada tampak samping terjadi kenaikan bangunan di bagian tengah sebagai penambahan fungsi tangga pada selasar bangunan. Fasad pada bangunan tambahan tersebut juga ditambahkan roaster sehingga angin dapat masuk ke area tangga dan berfungsi sebagai penghawaan alami.



Gambar 4. 57 Kenaikan atap pada selasar samping bangunan
Sumber: Dokumentasi pribadi

5. Penambahan Bukaannya Selubung Bangunan

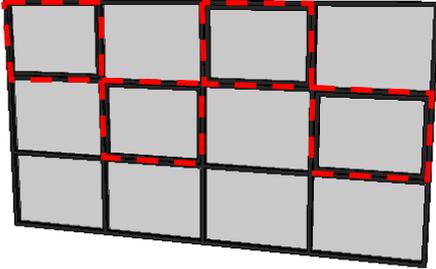
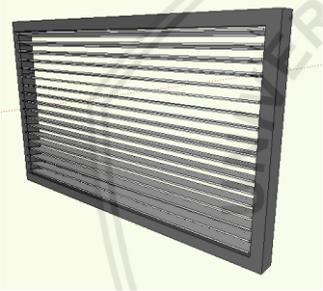
Pada selubung bangunan ditambahkan bukaan di sisi timur dan barat, di mana sebelumnya jendela yang ada, rata-rata berupa jendela mati ataupun terhalang oleh langit-langit bangunan. Sehingga pada rekomendasi desain akan ditambahkan jumlah bukaan berupa jendela awning dan jalousie.



Gambar 4. 58 Bukaan pada selubung barat dan timur

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Tabel 4. 9 Luas bukaan selubung bangunan

Jenis Bukaan	Luas Bukaan
	<p>Ukuran jendela awning yaitu 0,8 x 0,6 meter².</p> <p>Jumlah ventilasi jendela awning pada seluruh sisi timur dan barat yaitu (40 unit x 2)= 80 unit</p> <p>Luas total bukaan awning 38,4 meter²</p>
	<p>Ukuran ventilasi jalousie yaitu 0,8 x 0,6 meter</p> <p>Jumlah ventilasi jalousie pada seluruh sisi timur dan barat yaitu (58 unit x 2) = 116 unit</p> <p>Luas total bukaan jalousie 55,68 meter².</p>

Sumber: Dokumentasi Pribadi

6. Bukaan Atap

Bukaan pada area atap ditambahkan untuk menunjang adanya stack effect pada bangunan dengan bukaan atap sebagai akses keluarnya udara panas pada bangunan. Pada eksisting sebelumnya terdapat plafon yang menghalangi akses angin dari badan bangunan ke atap, sehingga pada rekomendasi desain plafon dihilangkan untuk membuka akses angin keluar dan bukaan pada atap dapat digunakan sebagai outlet.

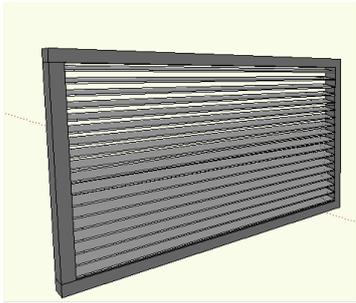


Gambar 4. 59 Bukaan pada area atap

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Bukaan diletakkan pada selubung badan atap pelana. Bukaan berupa ventilasi jalousie yang diletakkan sepanjang 57 meter dengan ukuran ventilasi 0,6 m x 1 m dan dikelompokkan 6-10 ventilasi. Ventilasi jalousie dipilih karena bukaan ini lebih efektif mengeluarkan aliran udara sehingga dapat memaksimalkan sistem stack effect pada bangunan.

Tabel 4. 10 Luas bukaan atap

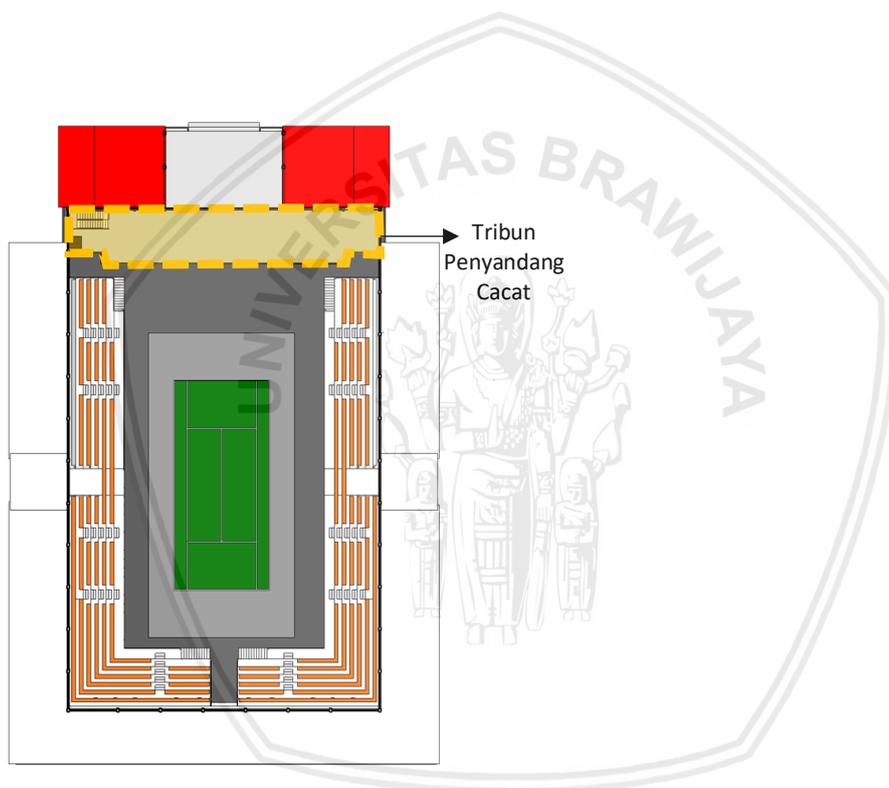
Jenis Bukaan	Luas Bukaan
	<p>Ukuran ventilasi jalousie yaitu 1 x 0,6 meter</p> <p>Jumlah ventilasi jendela jalousie pada sisi timur dan barat atap yaitu $(94 \times 2) = 188$ unit</p> <p>Luas total ventilasi jalousie 112 meter².</p>

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Kemiringan pelat jalousie pada bukaan atap menyesuaikan arah aliran angin yang akan keluar dari dalam bangunan sehingga aliran angin dapat keluar tanpa terhalangi oleh pelat-pelat pada *jalousie*.

7. Penambahan fasilitas disabilitas

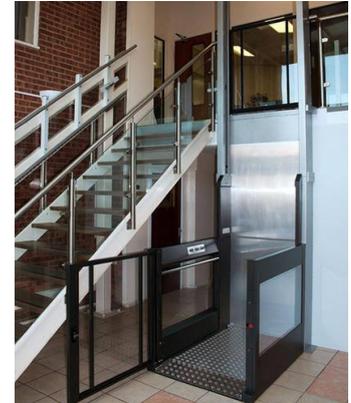
Fasilitas bagi penyandang cacat diatur dalam SNI 03-3647-1994. Pada rekomendasi desain Gor Pancasila, tribun untuk penyandang cacat akan diletakkan di balkon area utara bangunan dengan ukuran yang sudah sesuai standar yaitu lebar tribun untuk kursi roda minimal 1,40 m, ditambah selasar minimal lebar 0,90 m. Ukuran balkon yang disediakan untuk penyandang disabilitas yaitu 129,6 meter².



Gambar 4. 60 Denah tribun penyandang cacat

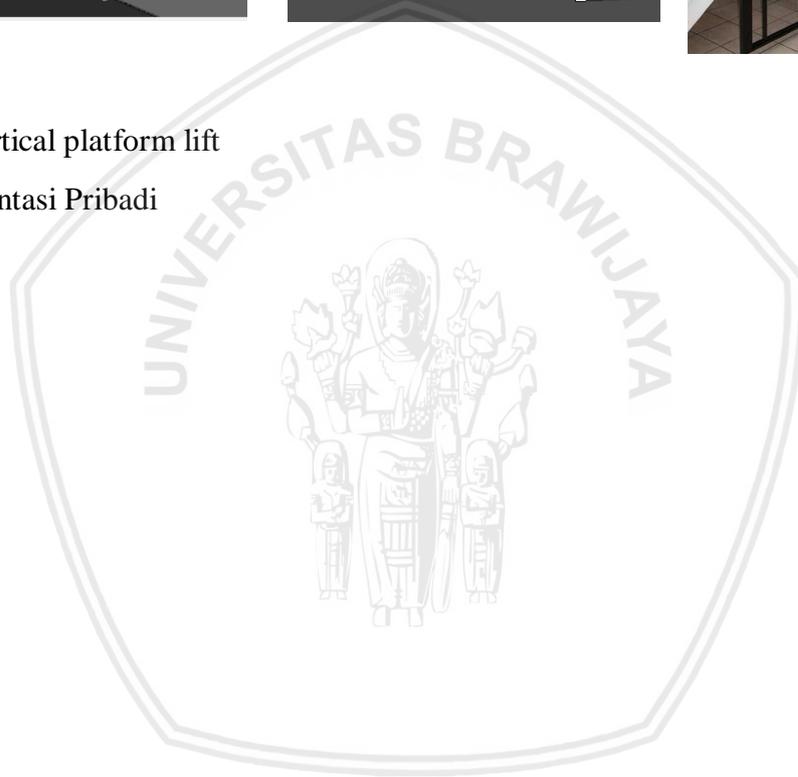
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Sirkulasi yang akan digunakan menuju tribun penyanggung cacat yaitu vertical platform lift untuk memudahkan pengguna. Peletakkannya yaitu pada bagian barat balkon.



Gambar 4. 61 Vertical platform lift

Sumber: Dokumentasi Pribadi



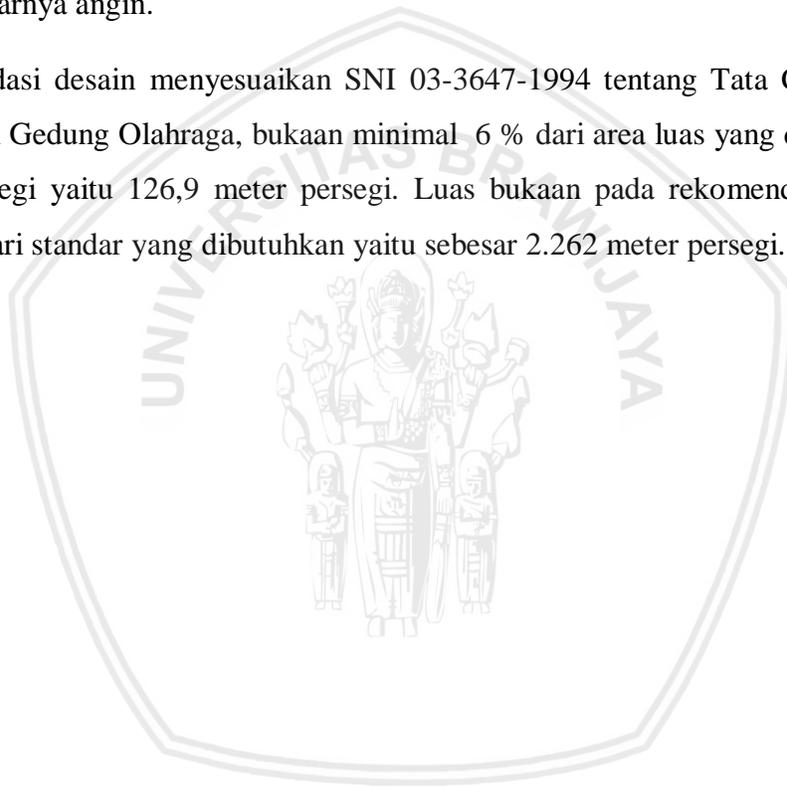
BAB V

KESIMPULAN

Bangunan memiliki permasalahan pada sistem ventilasi alami sehingga perlu adanya penyelesaian sistem ventilasi alami yaitu dengan penerapan ventilasi silang dan stack effect.

Ventilasi silang diterapkan pada area tribun dan selubung bangunan yang dapat berperan sebagai inlet sekaligus outlet. Stack effect diterapkan lewat adanya bukaan pada atap sebagai outlet sebagai jalur keluarnya angin.

Rekomendasi desain menyesuaikan SNI 03-3647-1994 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Bangunan Gedung Olahraga, bukaan minimal 6 % dari area luas yang dipakai atau $6\% \times 2.115$ meter persegi yaitu 126,9 meter persegi. Luas bukaan pada rekomendasi desain sudah mencapai lebih dari standar yang dibutuhkan yaitu sebesar 2.262 meter persegi.



DAFTAR PUSTAKA

Andradewi, Femina. 2016. *Sistem Penghawaan Alami Ruang Produksi Batik Barong Gung di Tulungagung*. Malang: Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Anugra, Riyan Firdaus Putra. 2017. *Perancangan Wisma Atlet di Kota Malang dengan Penerapan Sistem Ventilasi Alami*. Malang: Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Idham, Noor Choliz. 2016. *Arsitektur Dan Kenyamanan Termal*. Yogyakarta : Penerbit ANDI

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

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

Lippsmeier. 1994. *Bangunan Tropis*. Jakarta: Erlangga.

Mangunwijaya. 2000. *Pengantar fisika bangunan*. Jakarta: Djambatan.

Melita, AH., 2017. *Pengaruh Bukaannya Terhadap Kenyamanan Suhu Pada Masjid Jakarta Islamic Center*. Malang: Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Rakhmawati, 2015. *Analisis Desain Ventilasi Alami dengan Metode Computational Fluid Dynamic Software Ansys Workbench pada Gedung Olahraga*. Malang: Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Satwiko, Prasasto. 2009. *Fisika Bangunan*. Yogyakarta: Penerbit ANDI

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.

