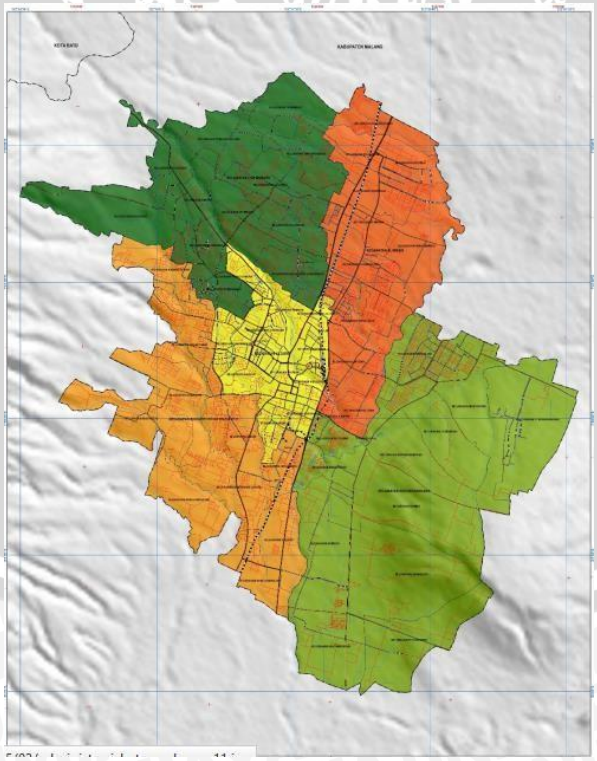
BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan umum Kota Malang

Kota Malang merupakan kota terbesar kedua di Jawa Timur setelah Kota Surabaya. Kota Malang terletak antara 07°46’48” - 08°46’42” Lintang Selatan dan 112°31’42” -112°48’48” bujur timur. Wilayah Kota Malang mempunyai luas wilayah sebesar 110,06 km². Batas-batas Kota Malang adalah sebagai berikut:

- Utara : Kabupaten Malang (Kecamatan Singosari)
- Barat : Kabupaten Malang (Kecamatan Dau)
- Timur : Kabupaten Malang (Kecamatan Pakis)
- Selatan : Kabupaten Malang (Kecamatan Wagir dan Pakisaji)



Gambar 4.1 Peta Kota Malang
Sumber : petatematikindo.wordpress.com

Kehidupan di Kota Malang yang cenderung sibuk mempengaruhi pola hidup masyarakatnya. Masyarakat Kota Malang cenderung mempunyai pola hidup yang kurang sehat karena mereka beraktivitas dari pagi sampai sore atau malam hari. Hal seperti ini terjadi karena tuntutan pekerjaan yang mereka miliki. Pekerjaan yang dimaksud adalah mahasiswa dan karyawan kantor. Polahidup yang seperti ini membuat masyarakat tidak mempunyai waktu untuk berolahraga.

Olahraga dibutuhkan untuk tetap menjaga kebugaran masyarakat yang cenderung mempunyai pola hidup sibuk dan tidak teratur. Olahraga yang baik dilakukan 3 kali seminggu. Dengan berolahraga, masyarakat yang mempunyai kegiatan yang padat dapat tetap mempunyai kondisi tubuh yang sehat sehingga lebih maksimal dalam melakukan aktivitas keseharian mereka.

Sport Hall ini dibangun untuk melengkapi *Sport Center* yang telah terdapat di Kota Malang. Olahraga yang dipilih adalah olahraga yang sedang digemari oleh masyarakat, terutama kaum muda, karena sasaran pengguna *Sport Hall* ini adalah mahasiswa dan karyawan.

4.2 Tinjauan Kecamatan Kedungkandang

Kecamatan Kedungkandang merupakan kecamatan terbesar di Kota Malang, terletak di wilayah timur Kota Malang dengan luas wilayah 39,89 km² dan terdiri dari 12 kelurahan., suhu udara antara 21° C sampai dengan 36° C, ketinggian rata-rata antara 440-660 m, dan kelembaban berkisar antara 2000 sampai dengan 3000 mm. Kecamatan Kedungkandang merupakan salah satu kecamatan tertua yang terdapat di Kota Malang sebelum pemekaran Kota Malang pada dekade 80.

Berikut adalah batasbatas dari Kecamatan Kedungkandang :

- Utara : Kecamatan Pakis (Kabupaten Malang)
- Barat : Kecamatan Klojen dan Kecamatan Sukun
- Selatan : Kecamatan Pakisaji (Kabupaten Malang)
- Timur : Kecamatan Tumpang (Kabupaten Malang))

Iklim di Kecamatan Kedungkandang merupakan iklim tropis dengan suhu rata-rata mencapai 24° C kelembaban 7,26 %. Curah hujan rata-rata pertahun

mencapai 2.279 mm, dengan rata — rata terendah bulan Agustus dan tertinggi bulan Januari.Sedangkan kelembaban udara rata-rata 73 % dengan jumlah hari hujan terbanyak (19 hari) pada bulan Agustus dan terendah (0 hari) pada bulan Januari.

Kecamatan Kedungkandang terletak pada ketinggian 440 — 460 meter dpl. Pada wilayah Kecamatan Kedungkandang ini terbentang Pegunungan Buring yang terletak pada Kelurahan Tlogowaru, Kelurahan Buring, Kelurahan Wonokoyo, Kelurahan Kedungkandang, Kelurahan Madyopuro dan Kelurahan Cemorokandang.Di wilayah Kecamatan Kedungkandang, jenis tanahnya adalah tanah aluvial kelabu kehitaman dan asosiasi latosol coklat. Kedua jenis tanah ini merupakan hasil gunung api kwarter muda. Keadaan hidrologi Kecamatan Kedungkandang sangat dipengaruhi oleh sungai-sungai yang melintas di wilayahnva, antara lain Sungai Bango, Sungai Brantas, Sungai Amprong dan beberapa sungai kecil lainnya. Untuk kedalaman air tanah di wilayah ini dapat mencapai 195 m.

4.3 Tinjauan Tapak

Lokasi Tapak : Jalan Ki Ageng Gribig Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang

Luas Lahan : 10.082 m² atau sekitar 1 ha

Topografi Tapak : Rata atau tidak berkontur

Koordinat Tapak : 7°98 dan 112°65

Suhu :21°C - 32 °C

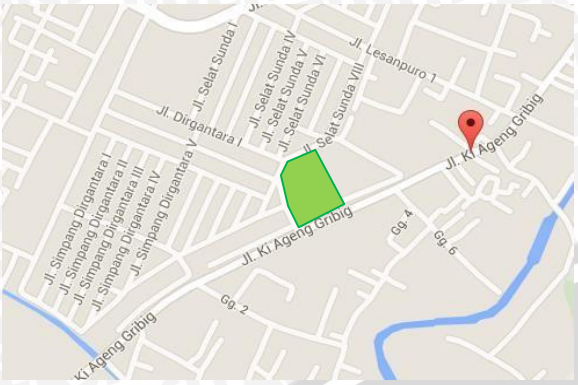
Kebisingan

-Pagi :50 – 60 dB

-Siang : 65-78 dB

-Sore: 55-75 dB Kecepatan Angin : 10 m/s

Tekanan Angin : 1023,6 hPa



Gambar 4.2 Tapak skala kawasan
Sumber : Google Map 2015

Gambar 4.3 Tapak format *line drawing*
Sumber : Google Earth 2015

Tapak berada di koridor Jalan Ki Ageng Gribig, Kota Malang, Jawa Timur, pada ketinggian antara 429-667 meter di atas permukaan laut. Suhu udara rata-rata antara $22,2^0$C – $24,5^0$C.Suhu maksimum $32,3^0$C dan suhu minimum $17,8^0$C.

Lokasi tapak terletak di Kecamatan Kedungkandang dikarenakan peraturan daerah Kota Malang, yaitu RTRW tahun 2010-2030 mengatur bahwa pengembangan fasilitas olahraga di Kota Malang diarahkan di Kecamatan Kedungkandang. Koridor Jalan Ki Ageng Gribig merupakan salah satu jalan arteri di Kecamatan Kedungkandang. Jalan Ki Ageng Gribig merupakan penghubung antara Kota Malang dengan Kabupaten Malang, lebih tepatnya Kecamatan Pakisaji yang terletak di sebelah selatan Kota Malan, sehingga koridor Jalan Ki Ageng Gribig ini banyak dilewati oleh pengguna jalan baik yang akan keluar ataupun masuk ke Kota Malang dari arah selatan. Dengan demikian, lokasi ini merupakan lokasi yang cukup strategis sebagai tempat perancangan *Sport Hall* ini. Selain itu, kawasan koridor Jalan Ki Ageng Gribig ini nantinya akan menjadi akses utama menuju jalan tol Malang-Pandaan (Mapan)

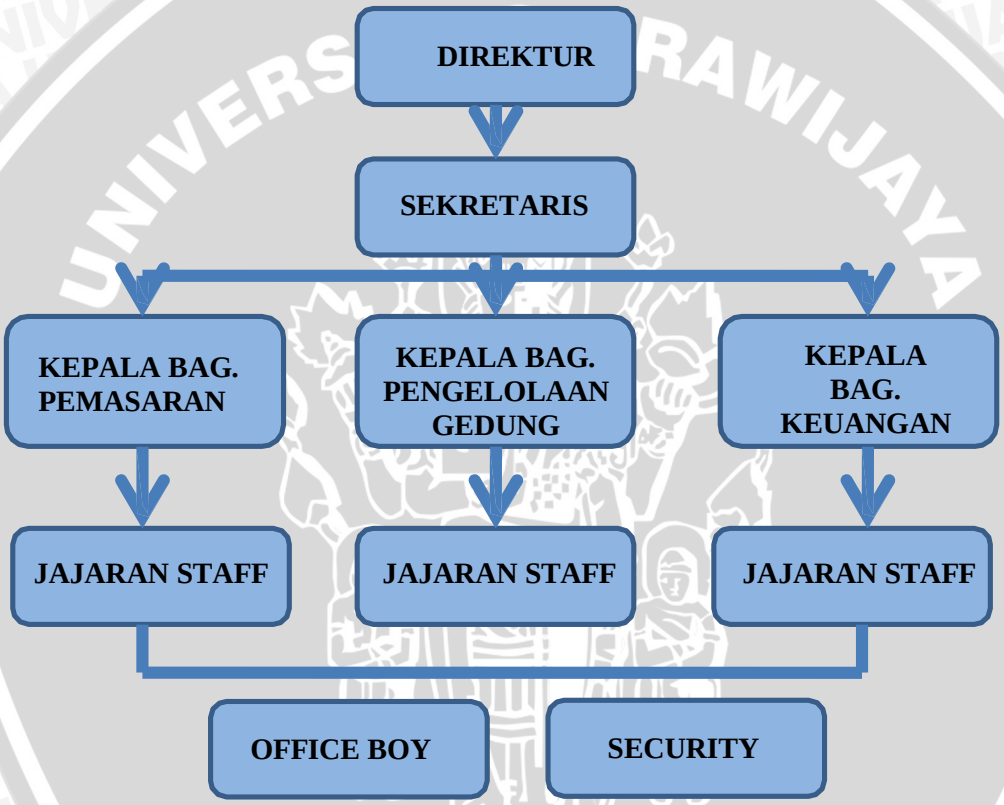
Berikut merupakan batas-batas dari tapak terpilih :

- Utara : Perumahan Dirgantara
- Selatan : Jalan Ki Ageng Gribig dan permukiman penduduk
- Timur : Perumahan Dirgantara
- Barat : Perumahan Dirgantara

4.4 Program Bangunan

4.4.1 Analisis Pengguna Bangunan dan Aktivitasnya

Pada *Sport Hall* ini, calon penggunanya adalah pengunjung, anggota karyawan, serta pengelola bangunan. Anggota dan pengunjung *Sport Hall* ini dapat berupa atlet ataupun masyarakat umum yang ingin berolahraga, sedangkan pengelola bangunan meruakan jajaran pengurus yang bertanggung jawab atas pengelolaan bangunan dan sistem yang berlangsung di dalamnya. Berikut merupakan struktur organisasi dari jajaran pengelola bangunan *Sport Hall* ini.



Gambar 4.4 Struktur organisasi pengelola bangunan *Sports Hall*

Dari diagram di atas dapat dilihat hubungan yang saling berkaitan antara jajaran pengelola. Untuk kantor pengelola sebaiknya diletakkan jauh dari ruang beraktivitas pengunjung dan atlet. Hal ini dikarenakan agar tidak

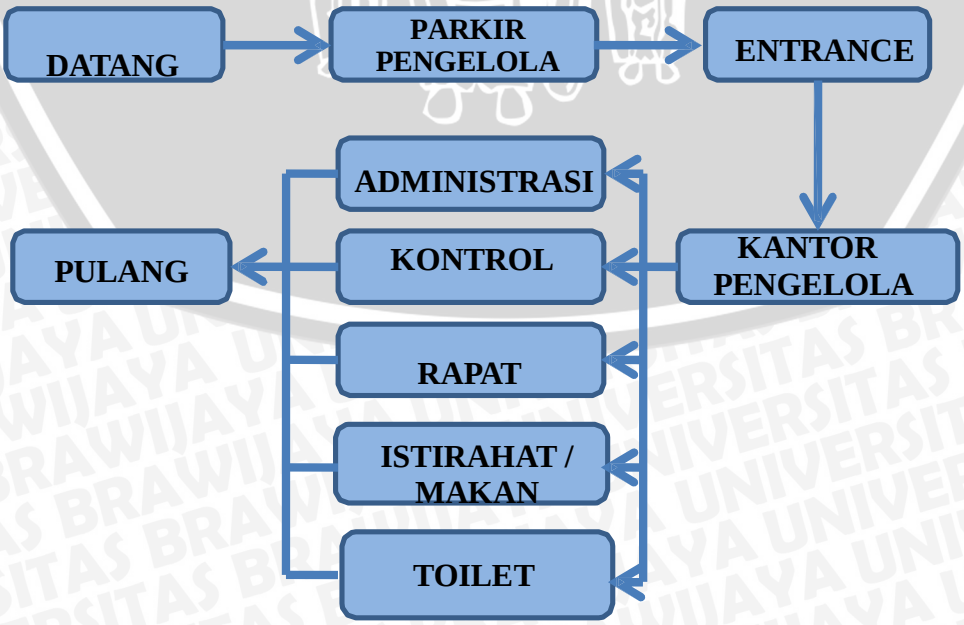
mengganggu kegiatan pada kantor pengelola yang memang membutuhkan tingkat ketenangan yang tinggi.

Setelah adanya klaisfikasi pengguna bangunan, maka selanjutnya dapat diketahui alur aktivitas tiap kelompok pengguna bangunan,. Berikut diagram aktivitas masing-masing pengguna bangunan

a) Kelompok pengunjung bangunan

Gambar 4.5 Alur kegiatan pengunjung

b) Pengelola bangunan



Gambar 4.6 Alur kegiatan pengelola

Tabel 4.1 Kebutuhan ruang dan aktivitasnya

NO	FASILITAS	NAMA RUANG	PELAKU	AKTIVITAS
1	**Fasilitas penerima dan umum**	*Main Lobby*	Pengunjung	• Mengurus administrasi • Mengobrol • Menunggu
			Resepsionis	• Menerima tanu • Melayani pertanyaan dari tamu • Membantu tamu mengurus administrasi
		Toko olahraga	Pengunjung	• Melihat lihat peralatan olahraga • Membeli peralatan olahraga
			Karyawan / penjaga toko	• Melayani pembeli • Mengecek stok barang
		Galeri	Pengunjung	• Melihat lihat prestasi atlet, terutama atlet Kota Malang
			Karyawan / penjaga toko	• Memastikan barang tetap aman • Melayani pertanyaan dari pengunjung
		Cafe	Pengunjung	• Memesan makanan dan minuman
			Karyawan	• Istirahat (makan dan minum)
			Penjaga cafe	• Melayani pengunjung
2	**Fasilitas olahraga**	Lapangan futsal	Pengunjung	• Kegiatan futsal
			Penjaga lapangan	• Menerima pendaftaran pengunjung yang akan bermain • Memastikan perlengkapan futsal tetap aman

NO	FASILITAS	NAMA RUANG	PELAKU	AKTIVITAS
2	**Fasilitas olahraga**	Lapangan badminton	Pengunjung	• Bermain badminton
		Lapangan basket	Pengunjung	• Bermain basket
		Ruang shower	Pengunjung	• Membersihkan diri
		Ruang loker	Pengunjung Penjaga loker	• Meletakkan barang bawaan • Menyimpan identitas pengunjung dan memberikan nomor loker kepada pengunjung.
3	**Fasilitas servis**	Toilet	Pengunjung	• Buang hajat
		Musholla	Pengunjung	• Melakukan kegiatan ibadah
			Karyawan	• Melakukan kegiatan ibadah
		Ruang CCTV	Security	• Memantau keamanan lewat kamera CTV
		Gudang penyimpanan	Karyawan	• menjaga barang-barang dan perlengkapan olahraga agar tetap aman.
		Klinik kesehatan	Pengunjung	• Mendapatkan pertolongan medis saat cedera
4	**Fasilitas pengelola**	Kantor Pengelola	Pengelola	• Bekerja sesuai dengan bidangnya masing-masing.
		Ruang rapat	Pengelola	• Rapat pengelola bersama pimpinan dan seluruh jajaran pengelola.
5	**Parkir**	Tempat parkir	Pengunjung	• Memarkir kendaraan (motor, mobil, bus rombongan).

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

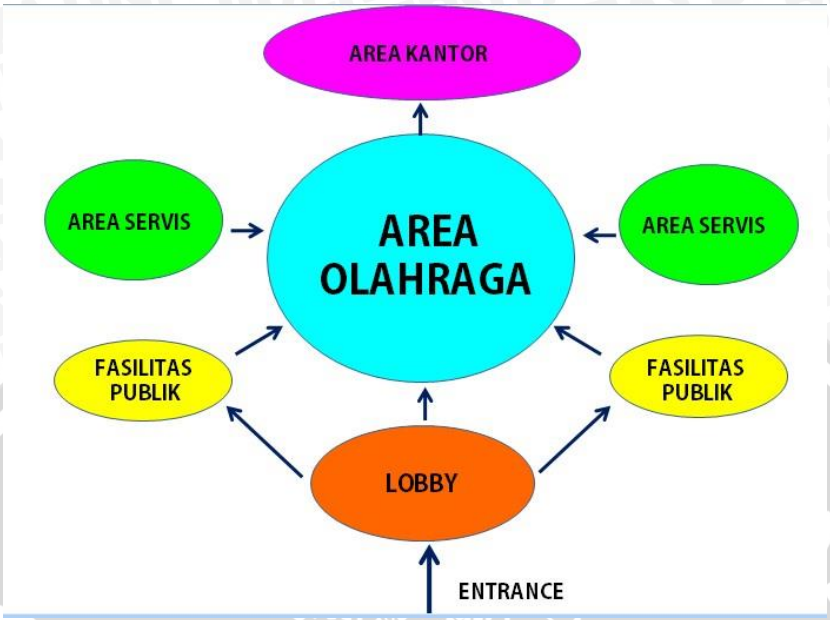
4.4.2 Analisa besaran ruang

Setelah mengetahui kebutuhan ruang, selanjutnya kita dapat mengetahui besaran tiap ruangnya. Berikut merupakan tabel yang menunjukkan kebutuhan ruang *Sport Hall*.

Tabel 4.2 Kebutuhan ruang

NO	RUANG	UKURAN (m)	LUAS (m²)	KAPASITAS	STANDAR
1	*Main Lobby*	8 x 16	128	80 orang	NAD
2	Kantor pengelola	12 x 20	240	100 orang	NAD
3	Toko olahraga	8 x 12	96	50 orang	Analisis
4	Galeri olahraga	8 x 12	96	50 orang	Analisis
5	Café	8 x 12	96	50 orang	Analisis
6	Lapangan futsal	27 x 17	459	10 orang	NAD
7	Lap. badminton	17.4 x 9.1	158.34	4 orang	NAD
8	Lap. basket	28.1 x 16.1	452.41	10 orang	NAD
9	Ruang shower	3 x 12	36	20 orang	NAD
10	Ruang loker/ ganti	8 x 16	128	80 orang	NAD
11	Toilet	3 x 12	36	20 orang	NAD
12	Musholla	6 x 8	48	30 orang	NAD
13	Ruang CCTV	2 x 2	4	2 orang	NAD
14	Gudang	6 x 5	30	30 orang	Analisis
15	Klinik kesehatan	8 x 12	96	50 orang	Analisis
16	R. sound	4x4	16	5 orang	Analisis
17	R panel listrik	4x4	16	5 orang	Analisis
18	R genset	4x4	16	5 orang	Analisis
19	Ruang rapat	14 x 10	140	20 orang	Analisis

4.4.3 Organisasi ruang bangunan (makro)



Gambar 4.7 Organisasi ruang makro
Sumber : Analisa pribadi 2015

Organisasi ruang di dalam bangunan merupakan bentuk yang lebih spesifik dari zonasi ruang bangunan. Organisasi ruang ini meliputi hubungan antar ruang ataupun antar kelompok ruang dengan fungsi yang berbeda-beda.

4.4.4 Organisasi ruang bangunan (mikro)

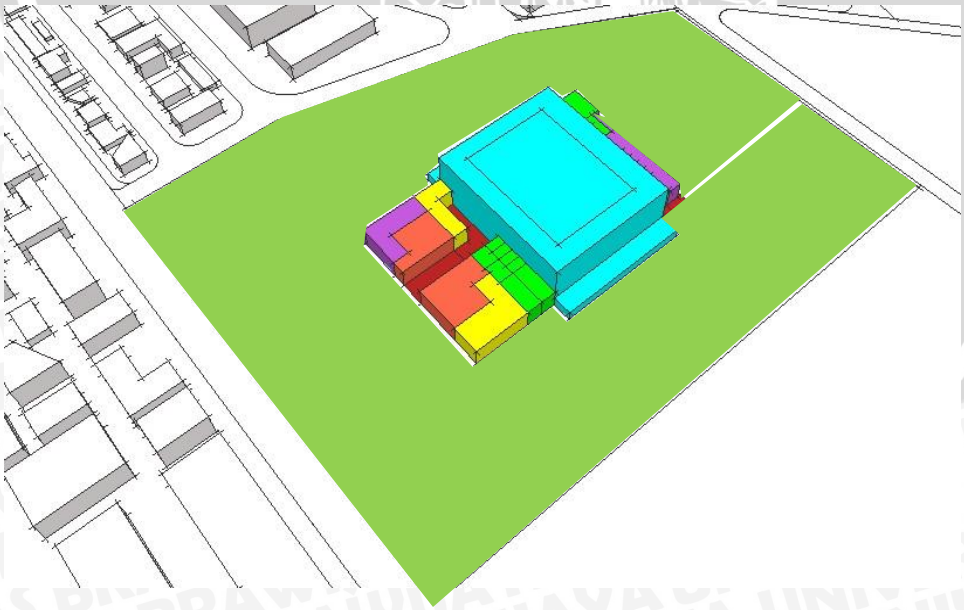
Gambar 4.8 Organisasi ruang lantai 1
Sumber : Analisa pribadi 2015

Diagram di atas memperlihatkan organisasi ruang yang terdapat di lantai 1 bangunan *Sport Hall* ini. Pola organisasi yang terdapat pada bangunan *Sport Hall* ini adalah pola terpusat. Fungsi olahraga, yang terdapat pada lantai 1 adalah lapangan futsal, sementara pada lantai 2 lapangan olahraga yang disediakan adalah lapangan badminton dan basket yang penggunaanya bergantian tiap 3 hari dalam 1 minggu. Hal ini dimaksudkan untuk menekan biaya pembuatan lapangan

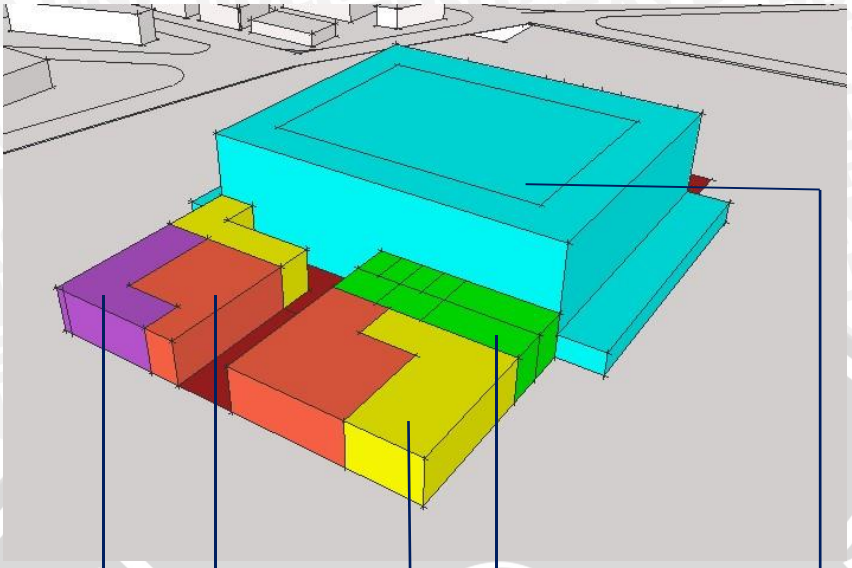
Gambar 4.9 Organisasi ruang lantai 2
Sumber : Analisa pribadi 2015

4.4.5 Tata massa dasar

Lantai 1

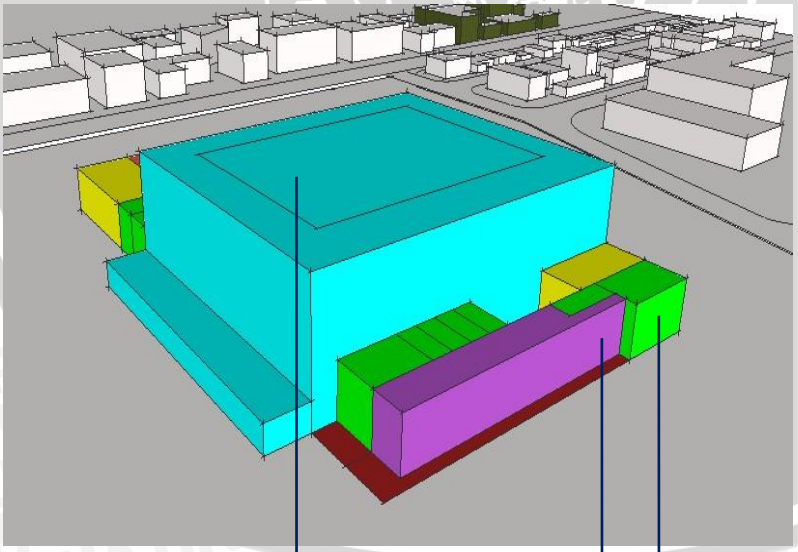


Gambar 4.10 Tata massa dasar
Sumber : Analisa pribadi 2015



Ketinggian area lobby, servis, kantor, dan publik pada bagian depan adalah 4m

Ketinggian lapangan futsal adalah 8 m



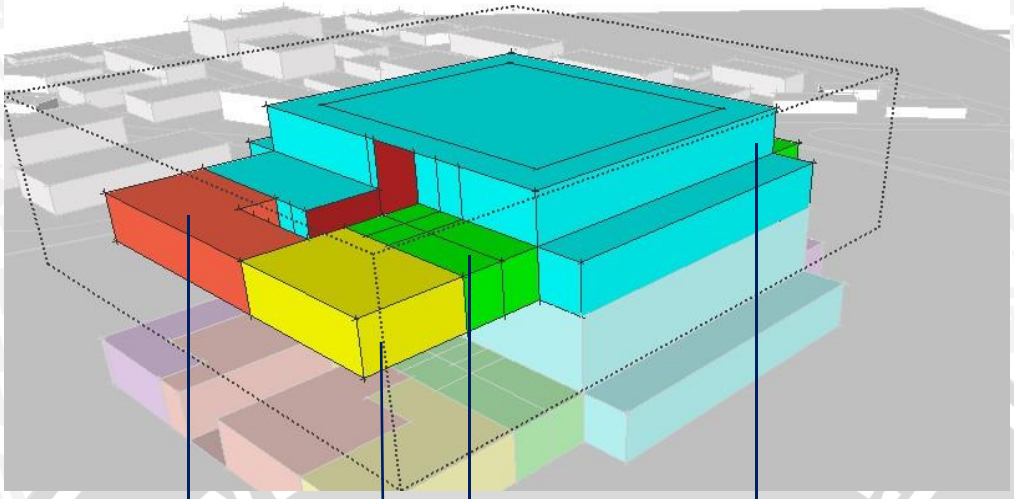
Ketinggian lapangan futsal adalah 8 m

Ketinggian area lobby, servis, kantor, dan publik pada bagian belakang adalah 4m

Gambar 4.11 Tata massa dasar lantai 1
Sumber : Analisa pribadi 2015

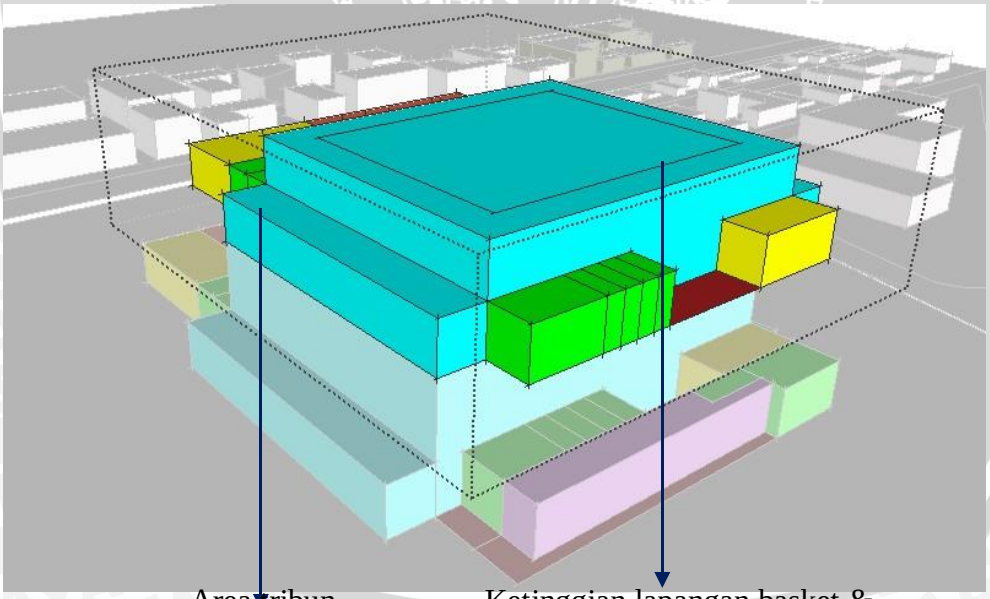
repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lantai 2



Ketinggian area lobby, servis, dan publik pada bagian depan adalah 4m

Ketinggian lapangan basket & badminton adalah 8 m



Area tribun

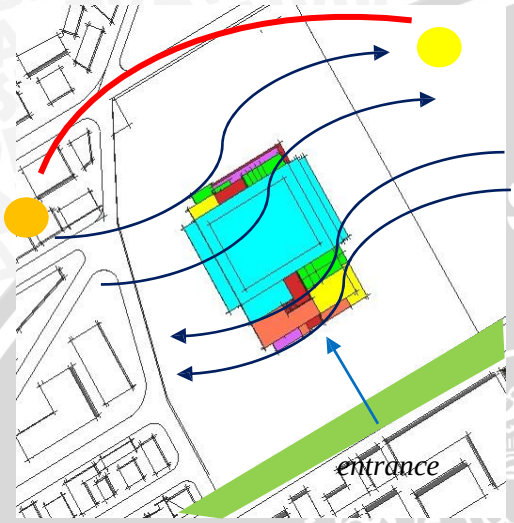
Ketinggian lapangan basket & badminton adalah 8 m

Gambar 4.12 Tata massa dasar lantai 2
Sumber : Analisa pribadi 2015

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

4.5 Konsep orientasi bangunan

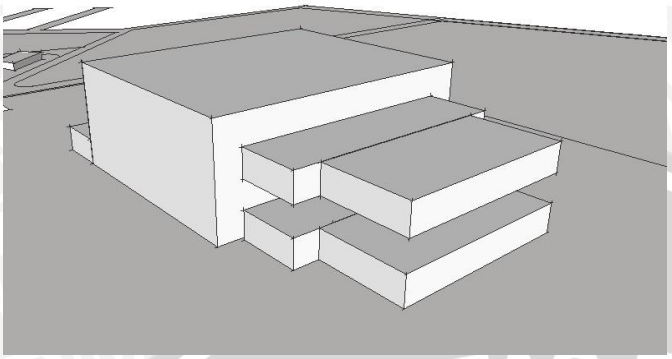
Tabel 4.3 Analisis orientasi bangunan

No	Orientasi bangunan	Keterangan
1	**Alternatif 1** 	Pada alternatif 1, bangunan memanjang dari arah timur ke selatan sehingga sisi terpanjang bangunan menghadap matahari langsung, namun hal ini dapat diatasi dengan pemasangan *double skin facade*. Selain itu, orientasi bangunan terhadap arah angin menyebabkan dapat terjadinya *natural ventilation* di dalam lapangan olahraga karena arah angin yang terjadi pada Bulan Maret, Juni, September, dan Desember mengenai dinding sisi timur dan barat bangunan.
2	**Alternatif 2**	Pada alternatif 2, sisi terpanjang bangunan menghadap ke arah utara dan selatan, sehingga panas matahari yang diterima menjadi lebih sedikit. Tetapi dengan orientasi seperi ini, lebih banyak area yang terbuang dan banguna menjadi terkesan tidak sinkron dengan tapak. Selain itu, bangunan yang sejajar dengan arah angin menyebabkan tidak dapat terjadinya *natural ventilation* di dalam ruangan olahraga.

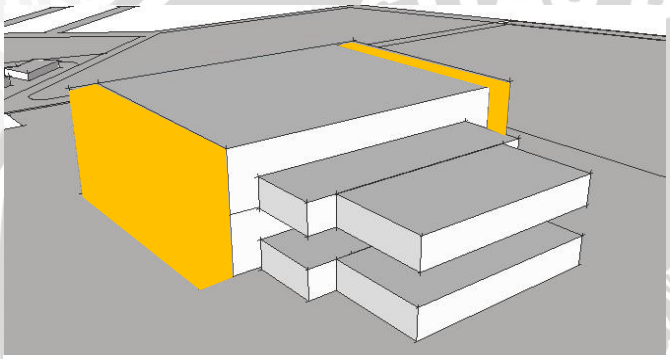
Berdasarkan analisa di atas, maka dapat disimpulkan bahwa bangunan *Sport Hall* ini akan menggunakan alternatif 1. yaitu bangunan memanjang dari arah utara ke selatan, sementara dinding lapangan olahraga meghadap langsung ke arah timur dan barat, oleh karena itu membutuhkan pemasangan *double skin façade*

4.6 Konsep bangunan

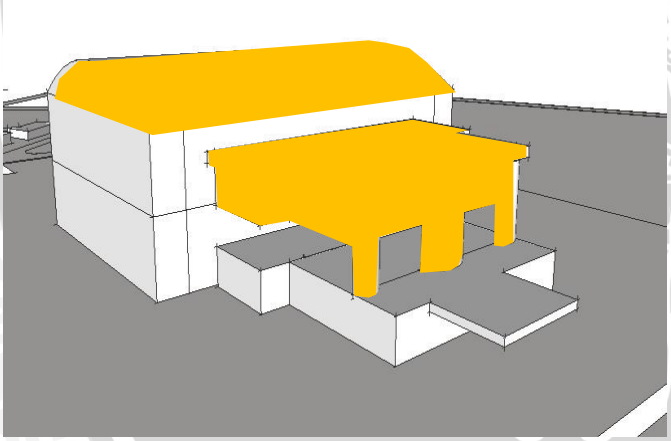
4.6.1 Bentuk dan Massa



Konsep awal bangunan, zona lapangan olahraga terletak di bagian tengah bangunan dengan ketinggian 16 m. (Tinggi masing masing lantai adalah 8 m). Sementara pada zona *lobby* dan kantor, tinggi masing masing lantai adalah 4 m



Pelebaran pada bagian kanan dan kiri lapangan olahraga sebesar 4 m untuk keperluan tribun penonton



Pelebaran pada bagian kanan dan kiri lapangan olahraga sebesar 4 m untuk keperluan tribun penonton. Selain itu ada penambahan atap pada area *lobby*. Sementara pada lapangan olahraga atap yang digunakan adalah atap lengkung dengan struktur *space frame*

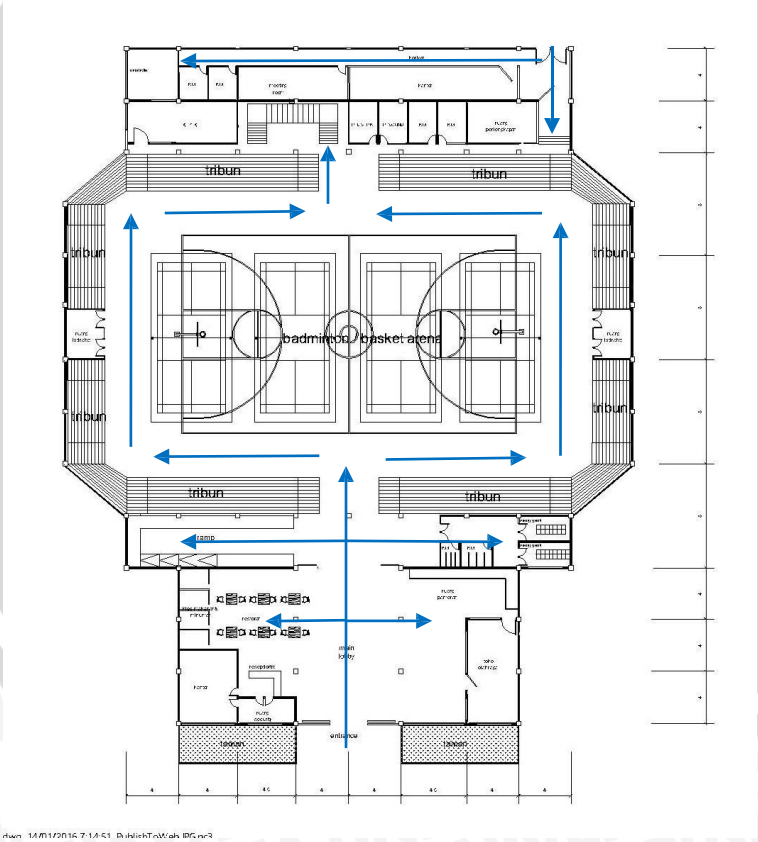
Penambahan material pada masing masing elemen bangunan, dinding bangunan menggunakan beton, sementara penutp pada jendela menggunakan kayu.

Gambar 4.13 Konsep massa bangunan
Sumber : desain pribadi 2015

4.6.2 Konsep sirkulasi

Konsep sirkulasi yang digunakan pada lantai 1 adalah sirkulasi linear. Sirkulasi ini dimulai pada *entrance* bangunan di bagian selatan bangunan. Sirkulasi ini menuju *main lobby* dan juga *lfit* menuju lantai 2. Pada bagian *main lobby* ini juga terdapat toko olahraga yang bersifat tertutup dan ruang pameran yang bersifat terbuka.

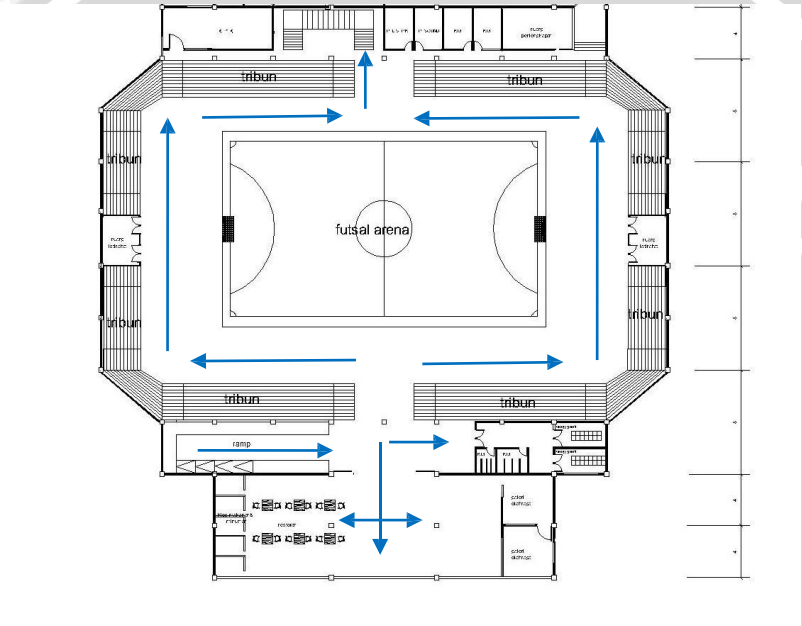
Setelah melalui *main lobby*, pengunjung akan melewati pintu menuju ke area olahraga (pada lantai 1 adalah lapangan basket & badminton). Untuk naik ke lantai 2, pengunjung dapat melalui ramp yang dapat ditemui di sebelah barat sebelum masuk ke lapangan olahraga, sementara pada area timur adalah kamar mandi. Untuk sirkulasi pengelola, dapat menggunakan tangga yang tersedia di bagian utara lapangan olahraga.



: Jalur sirkulasi

Gambar 4.14 Konsep sirkulasi lantai 1

Konsep sirkulasi pada lantai 2 juga merupakan sistem linear. Setelah menaiki *ramp*, pengunjung akan memasuki area *lobby* yang menjadi satu dengan restoran yang terletak berseberangan dengan galeri olahraga .Setelah itu, pengunjung akan melewati pintumenuju area olahraga (lapangan futsal)...Pada bagian utara lapangan futsal ini juga terdapat klinik dan ruang servis, serta ruang perlengkapan. Serta ada juga tangga sebagai akses lain ke lantai 1.



: Jalur sirkulasi

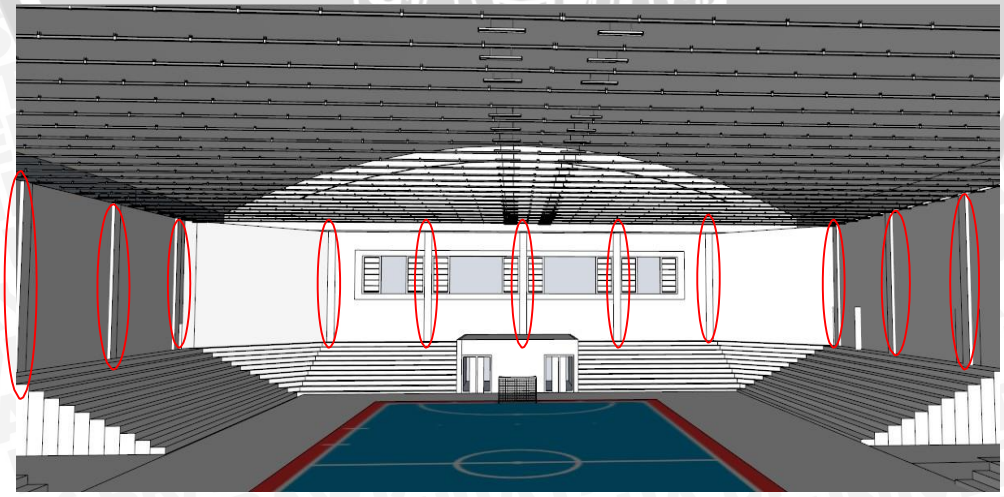
Gambar 4.15 Konsep sirkulasi lantai 2

4.6.3 Konsep struktur

Struktur yang digunakan pada atap lapangan olahraga adalah struktur *space frame* untuk mendukung bentukan atap lapangan olahraga yang melengkung. Bentukan melengkung ini dimaksudkan agar udara dan cahaya alami dapat redistribusi dengan baik pada bagian langit langit / bagian atas. Struktur *space frame* ini memiliki beberapa keunggulan antara lain mendukung bangunan yang memerlukan bentang panjang (bebas kolom di bagian bawahnya), ringan, harga lebih efisien dan umur yang relatif panjang (50-100 tahun).

Gambar 4.16 Struktur *space frame*

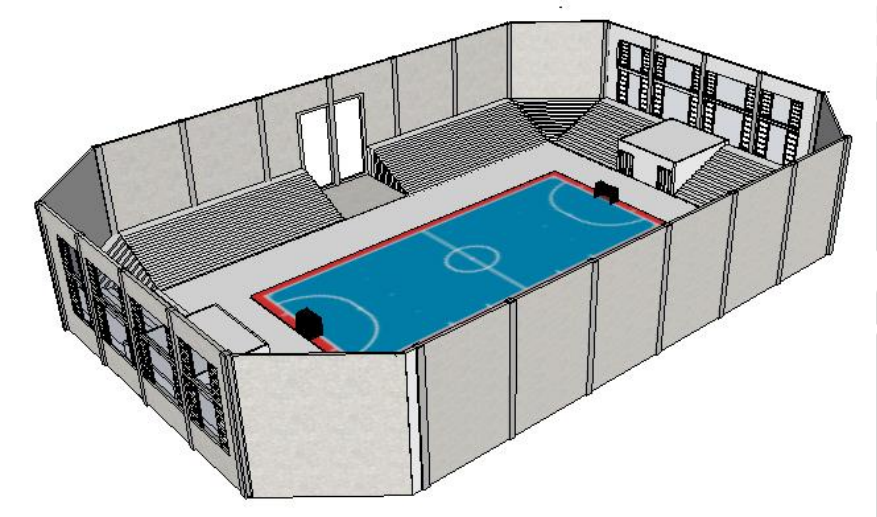
Sementara struktur bangunan secara keseluruhan menggunakan sistem rigid frame untuk mempermudah proses pembuatan bangunan. Kolam praktis berukuran 0.35 x 0.35m . Pada lapangan olahraga, jarak antar kolom adalah 4m dan terdapat daerah bebas kolom pada lapangan olahraga. Kolom kolom ini terletak di bagian belakang tribun sehingga tidak mengganggu sirkulasi dan pandangan penonton. Kolom kolom inilah yang menopang struktur *space frame* yang terdapat pada bagian atas lapangan olahraga.



Gambar 4.17 Kolom pada lapangan olahraga

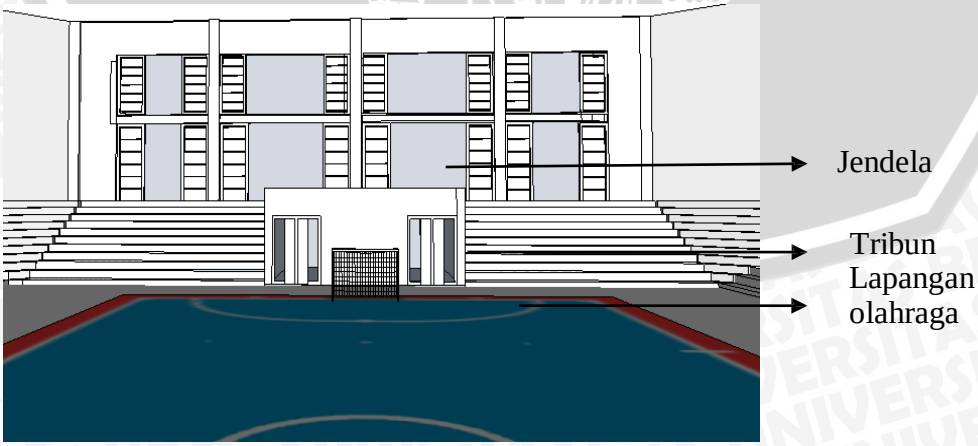
4.7 Ruangan olahraga

Ruangan olahraga merupakan ruang utama yang terdapat pada *sport hall* ini. Ada 3 macam olahraga yang diwadahi, yaitu futsal, badminton, dan basket. Lapangan futsal terletak pada lantai 1, sedangkan lapangan badminton dan basket pada lantai 2, penggunaan lapangan badminton dan basket ini digunakan secara bergantian untuk menghemat biaya.



Gambar 4.18 Lapangan olahraga

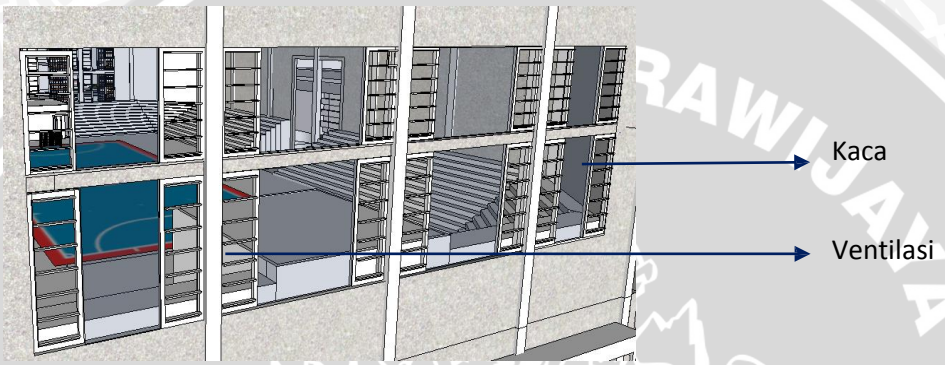
Lapangan olahraga ini berukuran 3300 x 2450 mm dengan tinggi sebesar 7000 mm. Lapangan olahraga ini diapit oleh tribun penonton pada sisi sebelah timur dan barat. Pada bagian atas tribun, terdapat jendela yang dapat dibuka dan berfungsi untuk memberikan cahaya dan udara alami bagi ruangan.



Gambar 4.19 Letak jendela pada lapangan olahraga

4.8 Analisa bukaan pada dinding pertama bangunan (*first skin*)

Dinding pertama bangunan pada lapangan olahraga merupakan bukaan yang terdiri dari kaca pada bagian tengah dan diapit oleh dua ventilasi di bagian kanan dan kiri untuk mengalirkan angin yang masuk. Bukaan ini memanjang mulai dari sisi selatan hingga utara masing masing dinding bagian barat dan timur lapangan olahraga. Dimensi bukaan adalah 5 x 20 m dengan luas efektif bukaan sebesar 52,96m².

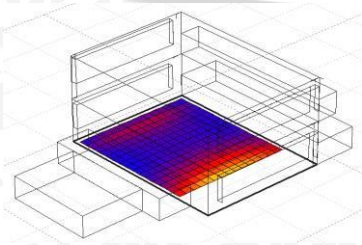
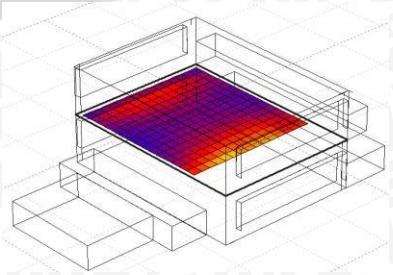


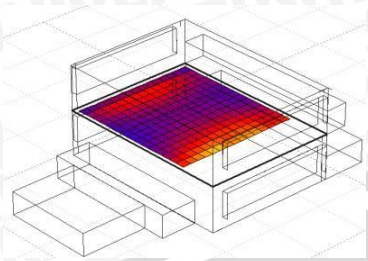
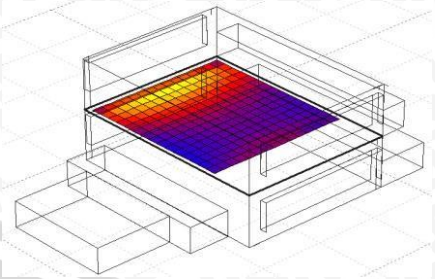
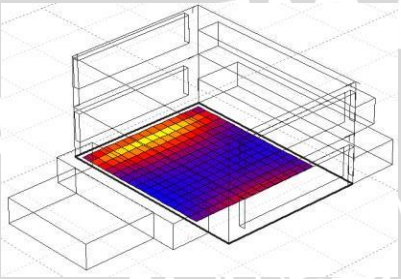
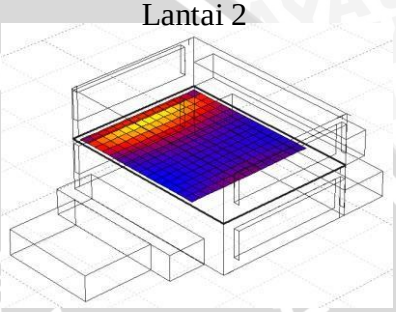
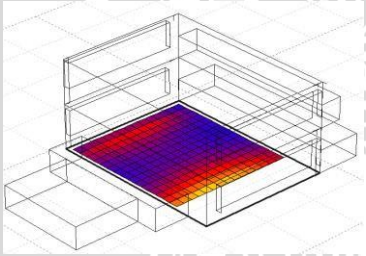
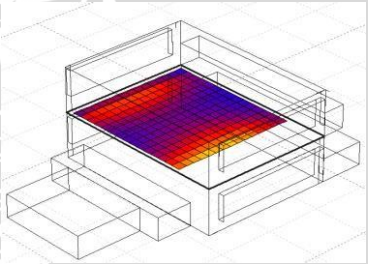
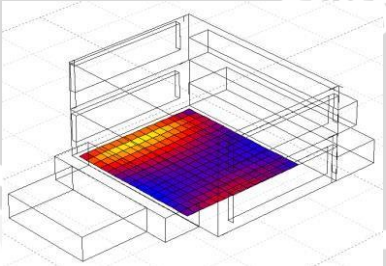
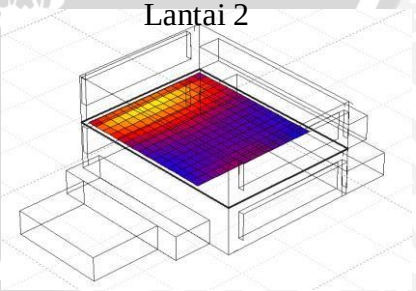
Gambar 4.20 Bukaan pada dinding pertama (*first skin*)

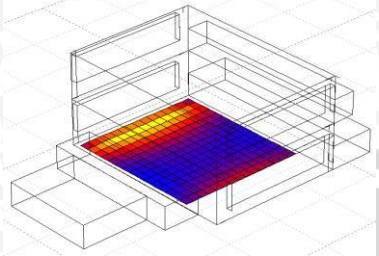
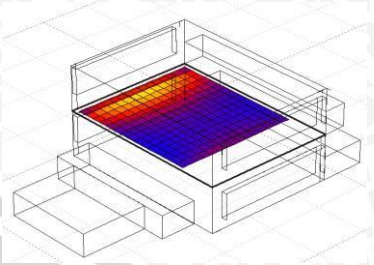
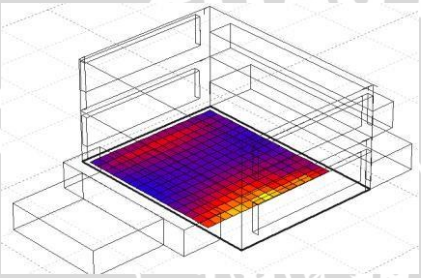
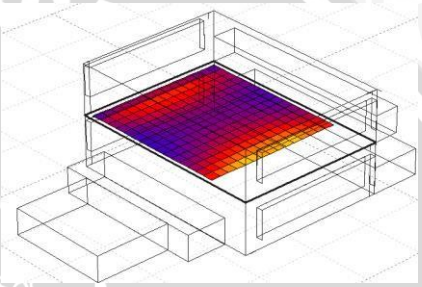
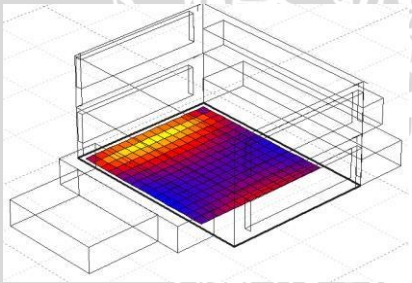
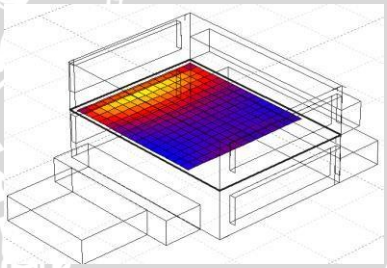
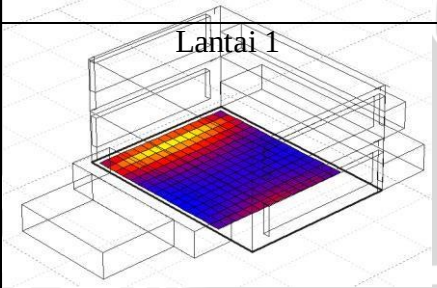
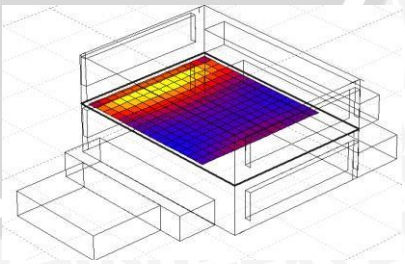
4.8.1. Simulasi awal tanpa *double skin facade* (cahaya matahari)

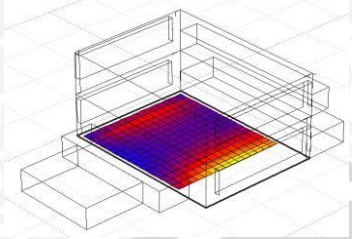
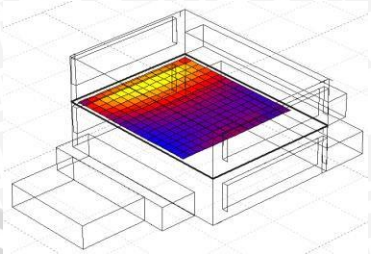
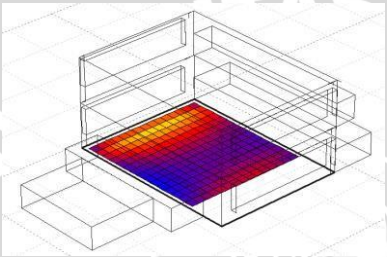
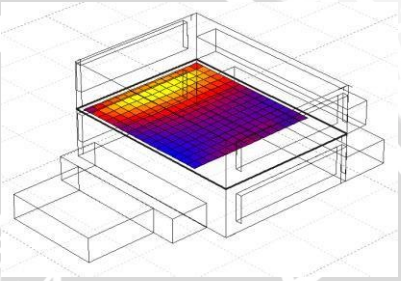
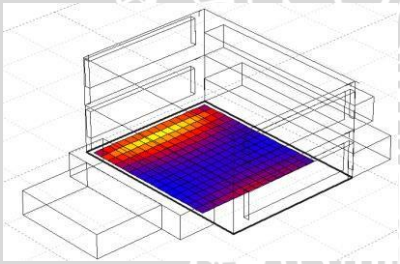
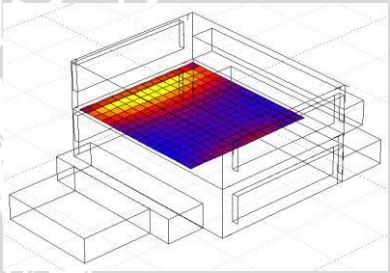
Berikut simulasi yang menampilkan panas yang diterima oleh area olahraga pada lantai 1 dan 2 ruang *sport hall*. Tanggal yang digunakan pada simulasi adalah tanggal 21 Maret, 21 Juni, 23 September, dan 21 Desember. Simulasi dilakukan dengan menggunakan software *ecotect*.

Tabel 4.4 Hasil simulasi awal tanpa *double skin facade*

Tanggal	Hasil simulasi	
21 Maret (09.00)	Lantai 1  Jumlah cahaya maks :1550 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maks :2080 lux

21 Maret (12.00)	Lantai 1  Jumlah cahaya maks : 2080 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maks : 2800 lux
21 Maret (15.00)	Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 1520	Lantai 2 
21 Juni (09.00)	Lantai 1  Jumlah cahaya maks :1800 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maks :1400 lux
21 Juni (12.00)	Lantai 1  Jumlah cahaya maks : 1820 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maks : 1760 lux

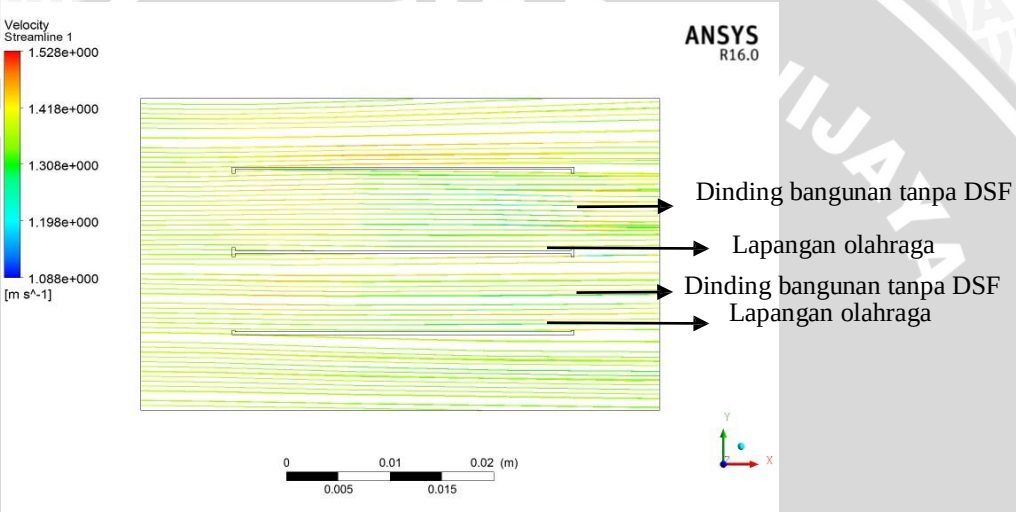
21 Juni (15.00)	Lantai 1  Jumlah cahaya maks : 1180 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 1240 lux
23 September (09.00)	Lantai 1  Jumlah cahaya maks : 1800 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maks : 1450 lux
23 September (12.00)	Lantai 1  Jumlah cahaya maks :2790 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maks :2800 lux
23 September (15.00)	Lantai 1  Jumlah cahaya maks : 1420 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maks : 1180 lux

21 Desember (09.00)	Lantai 1  Jumlah cahaya maks : 1800 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 1830 lux
21 Desember (12.00)	Lantai 1  Jumlah cahaya maks : 2120 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maks : 1830 lux
21 Desember (15.00)	Lantai 1  Jumlah cahaya maks : 1420 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maks : 1180 lux

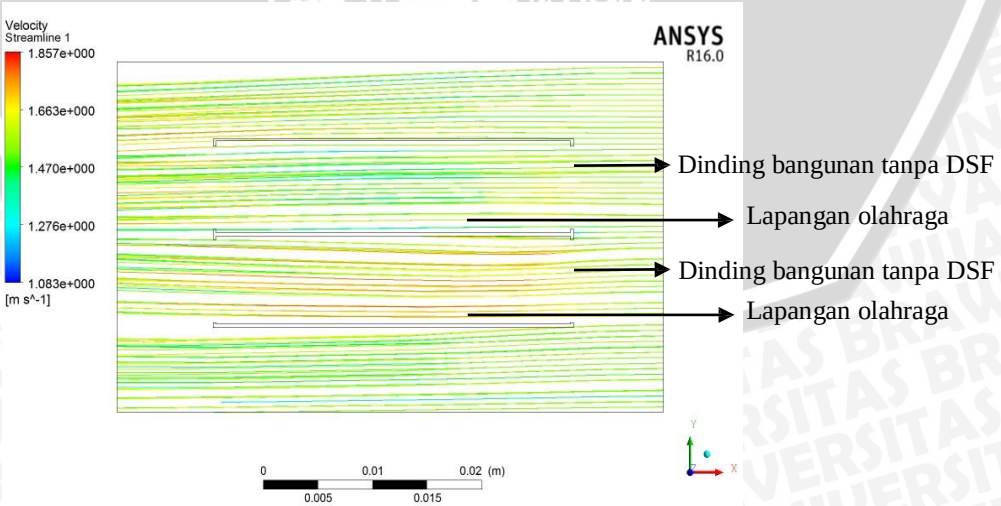
Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa jumlah cahaya yang ada pada lapangan olahraga melebihi standar pencahayaan suatu lapangan olahraga (antara 200-800 lux). Hal ini disebabkan karena ruangan lapangan olahraga memiliki dinding terpanjang pada bangunan yang langsung menghadap ke arah timur dan barat. Oleh karena itu pemasangan *double skin facade* diperlukan pada dinding bagian ini untuk mengurangi jumlah cahaya yang masuk ke dalam lapangan olahraga

4.8.2. Simulasi awal tanpa *double skin facade* (angin)

Untuk melihat kecepatan angin, maka digunakan software *Workbench Ansys*. Gambar di bawah ini merupakan gambar potongan membujur sederhana yang menunjukkan rata - rata kecepatan angin pada yang terjadi pada Bulan Maret dan Juni serta Bulan September dan Desember. Pada Bulan Maret dan Juni, arah angin berasal dari arah Barat, menuju Timur, sedangkan pada Bulan September dan Desember, angin berhembus dari arah Selatan.



Gambar 4.21 Rata rata kecepatan angin pada Bulan Maret dan Juni



Gambar 4.22 Rata rata kecepatan angin pada Bulan September dan Desember

Pada gambar hasil simulasi *Workbench Ansys* di atas dapat dilihat bahwa kecepatan angin maksimal yang terjadi pada lapangan olahraga di Bulan Maret dan Juni adalah sekitar 1,3 m/s, sedangakan kecepatan maksimal yang terjadi pada Bulan September dan Desember adalah sekitar 2,3 m/s. Kecepatan angin ini tentunya masih terlalu kencang, baik untuk lapangan badminton yang memiliki standar kecepatan 0,2 m/s, maupun untuk kecepatan angin dalam standar nyaman, yaitu 0,25-0,5 m/s.

4.9 Tipe *double skin facade*

Tipe *double skin facade* yang digunakan adalah *box window* karena mempunyai nilai lebih jika dibandingkan dengan tipe *double skin facade* yang lainnya Sementara itu desain *double skin facade* yang digunakan adalah *egg crate louvre*, yang merupakan gabungan dari sirip vertikal dan horizontal. *Louvre* jenis *egg crate* memiliki *shading coefficient* yang paling baik yang berarti *egg crate louvre* dapat melindungi bangunan dari panas dan angin (*windbreaker*) lebih baik daripada jenis yang lain nya.

Tabel 4.5 Analisa tipe *double skin facade*

	Box Window	**Shaft Box**	**Corridor Facade**	**Multi Storey Facade**
Peredam Suara	Berguna saat ada kebisingan dari luar dengan tingkat yang tinggi atau dibutuhkan peredaman suara antar ruangan	Beberapa bukaan (jika dibandingkan dengan box window type) menyediakan tingkat kedap suara yang lebih baik darpada *box window*	Mempunyai problem terkait dengan transmisi suara antar ruang	Dapat meredam suara yang tinggi, tetapi bermasalah terkait transmisi udara antar ruangan.
Perlindungan terhadap kebakaran	Mempunyai resiko rendah karena antar ruangan tidak terhubung	Mempunyai resiko rendah, karena antar ruangan hanya terhubung oleh shaft	Mempunyai resiko sedang, karena ruangan yang terletak di lantai yang sama terhubung	Mempunyai resiko tinggi, karena semua ruangan yang ada di bangunan terhubung

Sirkulasi udara	Mempunyai jendela yang dapat dibuka, sehingga mendukung untuk terjadinya sirkulasi udara alami	Mengandung sedikit bahaya saat beberapa aliran udara menyatu di dalam shaft yang sama	Mempunyai masalah saat udara dari suatu ruangan tidak mengalir ke ruangan di atasnya. Hal	Tidak mendukung, *multi storey facade* memakai sirkulasi udara mekanik / /buatan

4.10 Material

Material *double skin* facade harus tahan terhadap kelembaban dan panas yang tinggi, hal ini dikarenakan iklim tropis lembab yang terdapat di Indonesia sepanjang tahun. Berikut adalah urutan berbagai macam material fasad bangunan berdasarkan ketahanan difusi dan konduktivitas termalnya.

Tabel 4.6 Daftar material berdasarkan ketahanan difusi

No	Material	Ketahanan difusi
1	Dinding batu bata	4,4 -5,5
2	Lapisan foil (PVC)	4.0
3	Dinding batako	1,0-2,5
4	Dinding beton berpori	0,5 - 1,0
5	Plesteran semen-kapur	0,6-0,8
6	Tegel / ubin keramik	0,7
7	Plesteran kapur-pasir	0,3-0,7

Sumber **:** Mangunwijaya, 2000 : 62

Tabel 4.7 Daftar material berdasarkan konduktivitas thermal

No	Material	Konduktivitas thermal
1	PVC	0.044
2	Polistirol	0.042, 0.038, 0.036
3	Glas-wol	0.040, 0.044, 0.046
4	Serabut kelapa	0.050
5	Serat kayu lunak	0.060

6	Papan blok kayu	0.085
7	Papan partikel kayu	0.11
8	Kayu lunak (pinus)	0.14
9	Kau sedang (keruing, mahoni)	0.16
10	Batu beton ringan berpori	0.16, 0.18, 0.21
11	Serat kayu keras	0.17
13	Kayu keras (bangkirai, merbabu)	0.22
14	Gipsum	0.40
15	Bata merah	0.44
16	Kayu lapis	0.44
17	Superbata	0.47
18	Semen berserat, kalsiboard	0.484
19	Conblock	0.70
20	Batako	0.80

Sumber **:** Mangunwijaya, 2000 : 87

Kesimpulan dari kedua tabel di atas adalah material yang paling ideal dalam menahan kelembaban dan dapat mengalirkan panas dengan baik ke dalam bangunan adalah PVC. Sebenarnya kayu memiliki konduktivitas termal yang lebih baik daripada PVC, tetapi kayu memiliki ketahanan difusi yang kecil sehingga tidak tahan terhadap kelembaban. Selain itu, material yang paling sesuai untuk diterpakan pada *double skin facade* yang menggunakan sistem *louvre* adalah PVC.

4.11 Dimensi *double skin facade*

Berikut adalah langkah perhitungan dimensi tiap modul *louver* dengan langkah langkah yang sudah dijabarkan pada bab 2. Pada kasus pertama ini, dimensi *louver* yang digunakan adalah yang menghadap ke arah barat terlebih dahulu, oleh karena itu, kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan angin menurut BMKG Kota Malang pada Bulan Maret dan Juni (Bulan Maret sebesar 5,76 km / jam atau 4,56 ft / detik, sementara pada Bulan Juni kecepatan angin adalah 4,86 km / jam atau sama dengan 3,65 ft / detik jika dirata – rata adalah 6,4 ft / detik). Sementara itu

luas bukaan yang dihitung adalah total bukaan yang menghadap arah barat (sumber angin).

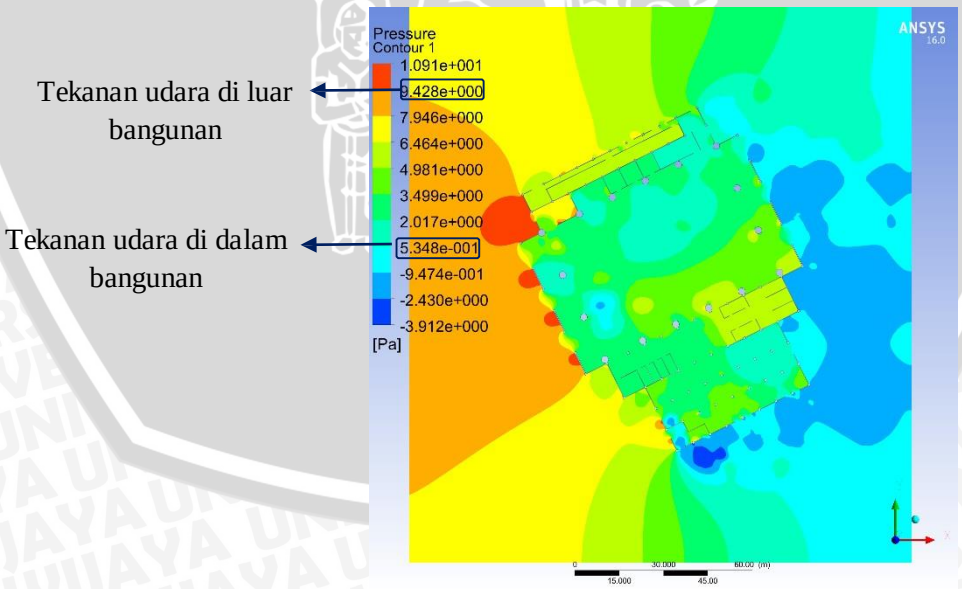
1. Hal pertama yang harus diketahui adalah jumlah aliran udara yang masuk *(airflow)*, hal ini disebut juga dengan CFM (*cubic feet per minute*). CFM dapat dihitung dengan rumus

   $= \frac{\text{Volume ruang x jumlah perubahan udara per jam}}{\text{60 menit}}$

   $= \frac{(82{,}7 \times 50{,}25 \times 8) \times 3{,}28 \times 1{,}5}{\text{60 menit}}$

   $= \frac{109{,}044}{60} = 1817 \ ft^3 / m$

2. Setelah itu, kita harus mengetahui perbedaan tekanan udara pada daerah dalam dan luar bangunan, hal ini dapat diteliti dengan software Workbench Ansys, pada kasus pertama ini, yang diteliti terlebih dahulu adalah ukuran *louver* yang menghadap ke bagian barat, maka tekanan yang digunakan juga adalah tekanan udara yang terjadi akibat gerakan angin dari arah barat bangunan

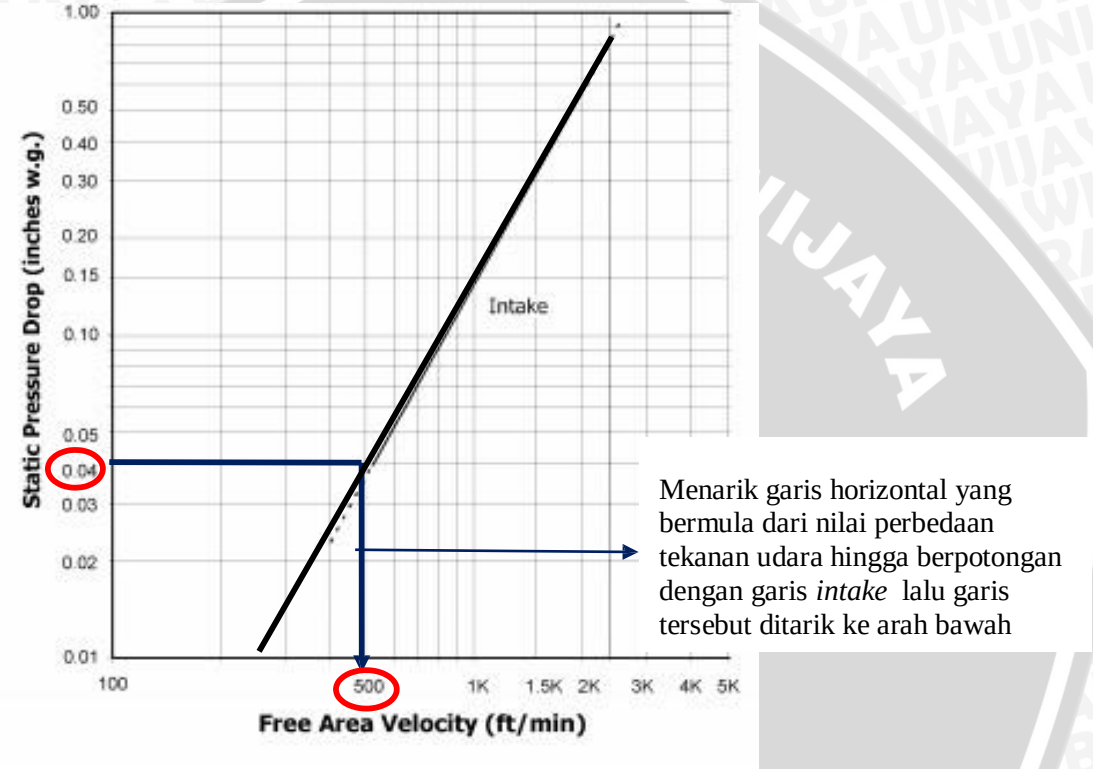


Gambar 4.23 Analisa tekanan udara pada bangunan akibat angin dari bagian barat

Pada hasil simulasi dengan menggunakan Workbench Ansys di atas, dapat diketahui bahwa tekanan udara yang terjadi di luar bangunan adalah 9,42

Pa, sementara di dalam bangunan adalah 0,53 Pa, maka perbedaan tekanan (*pressure drop*) yang terjadi adalah 8,89 Pa / 0,04 inch Wg.

3. Langkah selanjutnya adalah menentukan kecepatan angin pada *louver* dengan cara menggunakan *airflow resistance chart*



Gambar 4.24 Analisa kecepatan pada *free area* yang terdapat pada louver
Sumber : analisa pribadi 2015

Dari grafik *airflow resistance* di atas, dapat dilihat bahwa kecepatan angin yang dapat melalui *louver* adalah 500 ft / menit.

4. Langkah selanjutnya adalah mengetahui luasan *free area* pada louver dengan cara membagi jumlah aliran udara dengan kecepatan angin pada *free area* yang terdapat pada *louver*.

   = 1817 : 500

   = **3,63 ft²**

   Jadi, luasan *free area* yang dibutuhkan oleh tiap modul *louver* yang terpasang pada bagian barat bangunan adalah sebesar **3,63 ft²**

5. Lalu, kita nantinya dapat mencari dimensi *louver* dengan cara mencocokkan luasan *free area* yang telah kita dapat ke dalam tabel *free area*.

   Setelah mengetahui *free area* yang dibutuhkan oleh tiap modul *louver* di bagian barat bangunan, selanjutnya akan dihitung juga *free area* yang dibutuhkan oleh tiap modul *louver* di bagian timur bangunan. Berikut adalah perhitungannya :

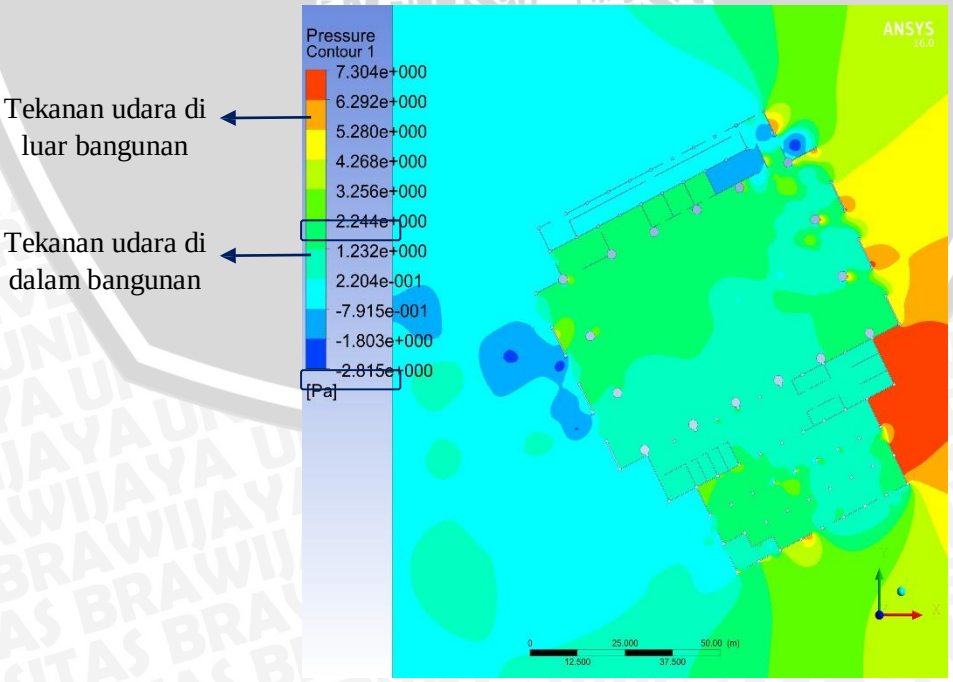
1. Jumlah aliran udara yang masuk ke dalam bangunan,sama yaitu

   $$= \frac{\text{Volume ruang x jumlah perubahan udara per jam}}{\text{60 menit}}$$

   $$= \frac{(82{,}7 \times 50{,}25 \times 8) \times 3{,}28 \times 1{,}5}{\text{60 menit}}$$

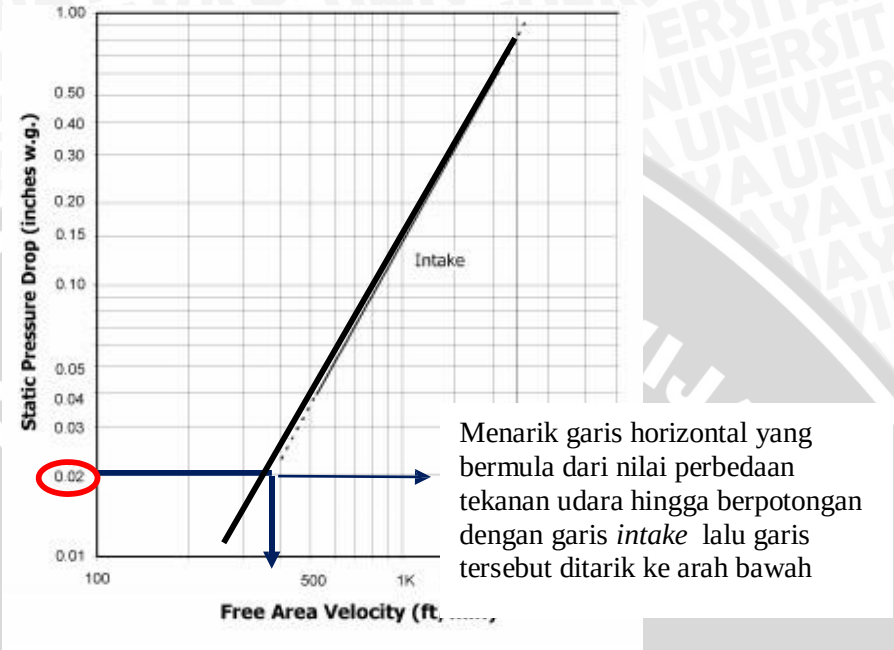
   $$= \frac{109{,}044}{60} = 1817 \ ft^3 / m$$

2. Pada kasus kedua ini, yang diteliti terlebih dahulu adalah ukuran *louver* yang menghadap ke bagian timur, maka tekanan yang digunakan juga adalah tekanan udara yang terjadi akibat gerakan angin dari arah timur bangunan



Gambar 4.25 Analisa tekanan udara pada bangunan akibat angin dari bagian timur

Pada hasil simulasi dengan menggunakan Workbench Ansys di atas, dapat diketahui bahwa tekanan udara yang terjadi di luar bangunan adalah 6,29 Pa, sementara di dalam bangunan adalah 1,23 Pa, maka perbedaan tekanan (*pressure drop*) yang terjadi adalah 5,16 Pa / 0,02 inch Wg.



Gambar 4.26 Analisa kecepatan pada *free area* yang terdapat pada louver
Sumber : analisa pribadi 2015

Dari grafik *airflow resistance* di atas, dapat dilihat bahwa kecepatan angin yang dapat melalui *louver* adalah sekitar 350 ft / menit.

3. Langkah selanjutnya adalah mengetahui luasan *free area* pada louver dengan cara membagi jumlah aliran udara dengan kecepatan angin pada *free area* yang terdapat pada *louver*.

   = 1817 : 350

   = **5,19 ft²**

   Jadi, luasan *free area* yang dibutuhkan oleh tiap modul *louver* yang terpasang pada bagian timur bangunan adalah sebesar **5,19 ft²**

4. Setelah mengetahui *free area* yang dibutuhkan oleh *louver*, maka langkah selanjutnya adalah mencari dimensi *frame* tiap modul *louver* dengan cara memasukkan ukuran *free area* yang telah didapat ke dalam *louver free chart*.

70

Tabel 4.10 *Free Area Chart*

Tinggi louver (inci)	**Lebar louver (inci)**												
	12	**18**	**30**	**36**	**48**	**54**	**66**	**72**	**84**	**90**	**102**	**108**	**120**
12	0,29	0,48	0,85	1,04	1,41	1,56	1,93	2,12	2,49	2,68	3,01	3,20	3,57
18	0,54	0,89	1,50	1,94	2,64	2,91	3,61	3,96	4,66	5,01	5,62	5,97	6,67
24	0,79	1,31	2,33	2,85	3,87	4,26	5,29	5,80	6,83	7,34	8,24	6,75	9,78
30	1,05	1,72	3,08	3,76	5,12	5,63	6,98	7,66	9,02	9,70	10,88	11,56	12,92
36	1,30	2,15	3,84	4,59	5,38	7,01	8,70	9,55	11,24	12,09	13,57	14,41	18,10
48	1,84	3,03	5,41	6,60	8,98	9,87	12,25	13,44	15,82	17,01	19,10	20,29	22,67
54	2,10	3,46	6,19	7,55	10,28	11,30	14,03	15,38	18,12	19,46	21,87	23,23	25,96
60	2,35	3,88	6,93	8,46	11,51	12,66	15,71	17,23	20,28	21,81	24,48	26,01	29,06
66	2,61	4,29	7,67	9,36	12,74	14	17,39	19,08	22,46	24,15	27,11	28,60	32,16

Tiggi louver (inci)	Lebar louver (inci)												
	12	**18**	**30**	**36**	**48**	**54**	**66**	**72**	**84**	**90**	**102**	**108**	**120**
76	3,12	5,14	9,16	11,20	15,25	16,76	20,81	22,83	26,67	28,89	32,43	34,45	38,50
84	3,38	5,57	9,96	12,15	16,54	18,19	22,57	24,76	29,15	31,34	35,18	37,38	41,76
90	3,66	6,04	10,79	13,16	17,92	19,70	24,45	26,82	31,57	33,95	38,11	40,48	45,23
96	3,91	6,45	11,53	14,07	19,14	21,05	26,13	28,66	33,74	36,28	40,72	43,26	46,34
102	4,17	6,87	12,27	14,97	20,36	22,40	27,61	30,51	35,91	38,61	43,34	46,04	51,45
108	4,42	7,29	13,02	15,89	21,62	23,77	29,50	32,37	38,10	40,97	45,98	48,85	54,58
114	4,68	7,71	13,78	16,81	22,88	25,15	31,22	34,25	40,32	43,36	48,66	61,70	67,77
120	4,93	6,13	14,53	17,73	24,13	26,53	32,92	36,12	42,52	45,72	51,32	54,52	60,91

: *free area louver* pada bagian barat

: *free area louver* pada bagian timur

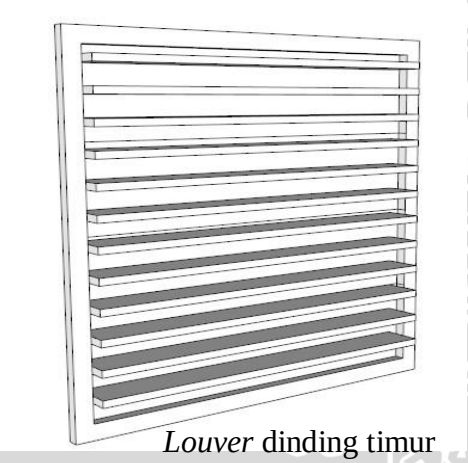
Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa ada beberapa alternatif ukuran untuk tiap modul *louver* pada bagian barat dan timur, namun untuk pemilihan ukuran *louver*, sebaiknya tinggi dan lebar *louver* tidak boleh terlalu jauh berbeda. Hal ini dimaksudkan untuk efisiensi harga. Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa ukuran yang paling efisien untuk *louver* pada dinding barat adalah 36” x 30”, sementara ukuran *louver* pada dinding timur bangunan adalah 48” x 36”.

4.12 Simulasi terhadap *double skin facade*

4.12.1 Tipe *double skin facade* yang akan disimulasikan

Pada bab 2 telah dibahas bahwa secara umum, ada 3 macam *louver*, yaitu *horizontal louver, vertical louver,* dan *egg crate* louver. Pada simulasi ini akan diberikan masing – masing 2 alternatif dari tiap *louver*,

1. ***Horizontal Louver* A**

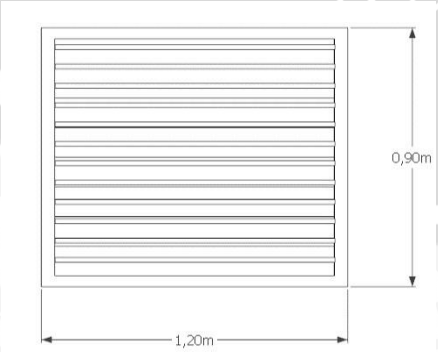


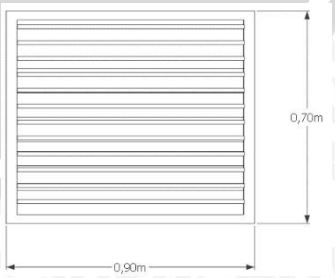
Louver dinding timur

Spesifikasi :

- Ketebalan sirip : 0,1”
- Memiliki ketebalan *frame* 4”
- Memilki jarak antar sirip sebesar 3”

Louver dinding barat

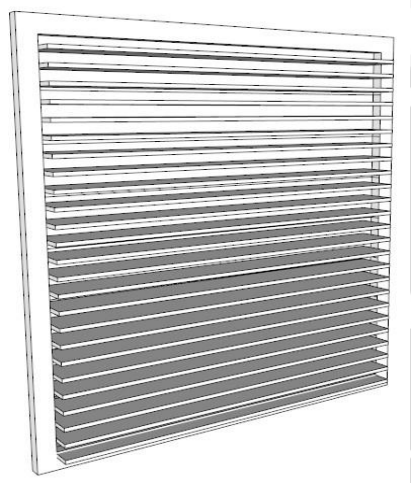




Gambar 4.27 *Horizontal Louver* A
Sumber : analisa pribadi 2015

73

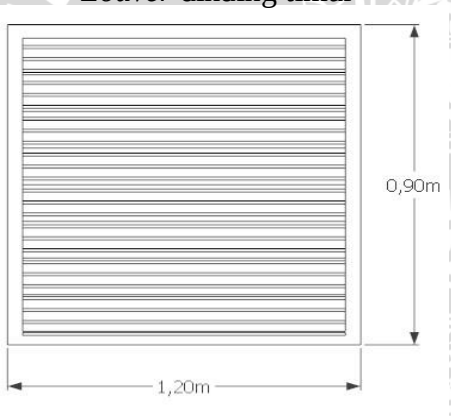
2. ***Horizontal Louver* B**



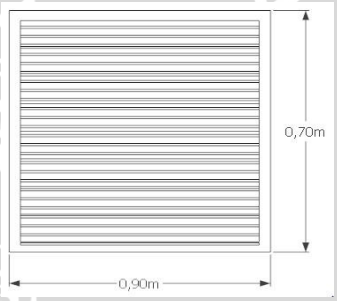
Spesifikasi :

- Ketebalan sirip : 0,05”
- Memiliki ketebalan *frame* 2”
- Memilki jarak antar sirip sebesar 1,5”

Louver dinding timur

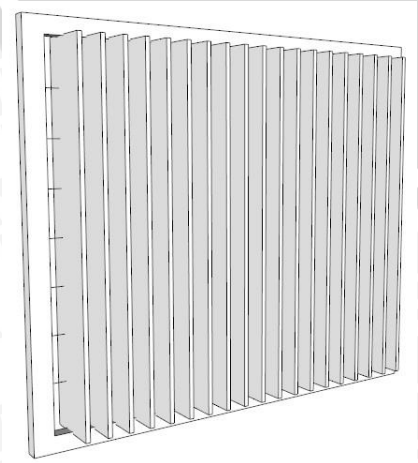


Louver dinding barat



Gambar 4.28 *Horizontal Louver* B
Sumber : analisa pribadi 2015

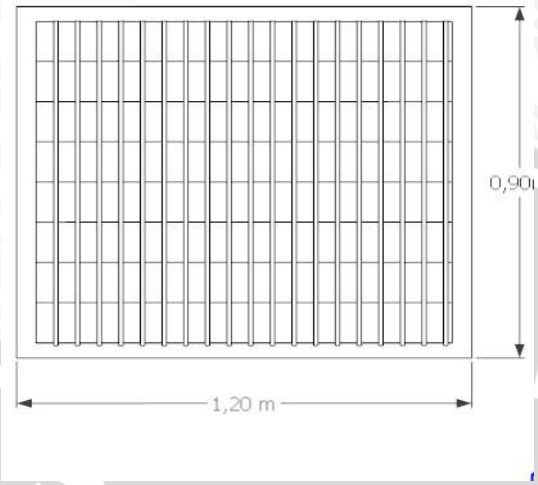
3. ***Vertical louver* A**



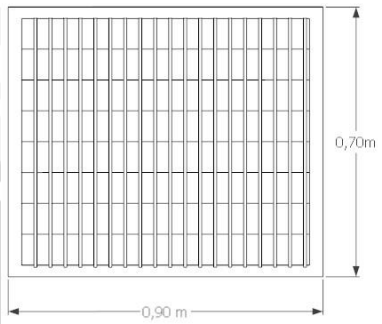
Spesifikasi :

- Ketebalan sirip : 0,05”
- Memiliki ketebalan *frame* 5”
- Memilki jarak antar sirip sebesar 1,5”

Louver dinding timur

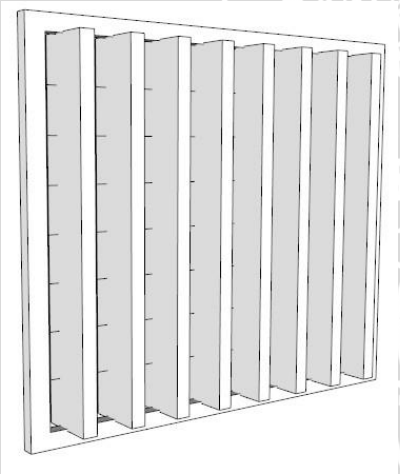


Louver dinding barat



Gambar 4.29 *Vertical Louver A*
Sumber : analisa pribadi 2015

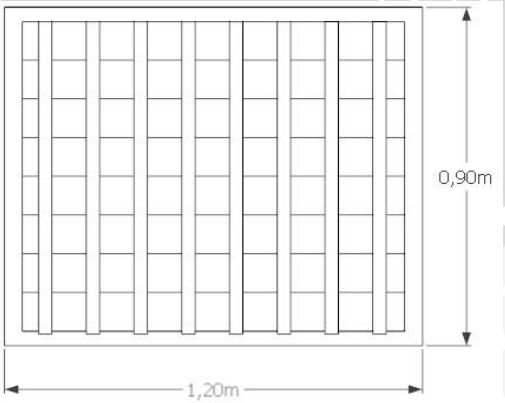
4. *Vertical louver* B



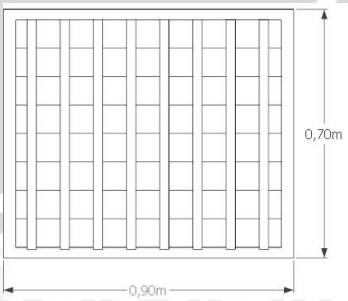
Spesifikasi :

- Ketebalan sirip : 0,1”
- Memiliki ketebalan *frame* 4”
- Memilki jarak antar sirip sebesar 3”

Louver dinding timur



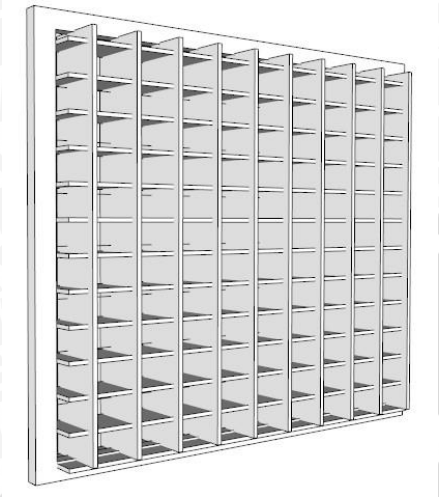
Louver dinding barat



Gambar 4.32 *Vertical Louver B*
Sumber : analisa pribadi 2015

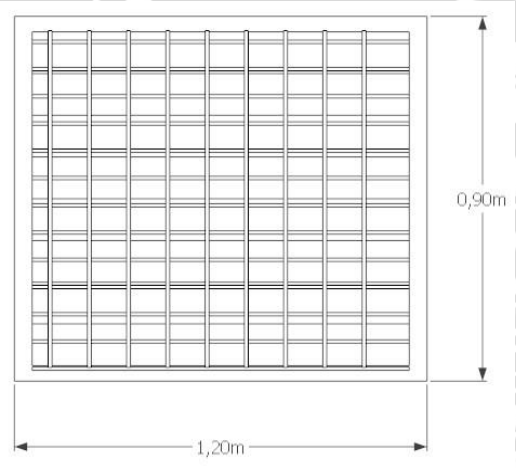
75

5. ***Egg Crate Louver* A**

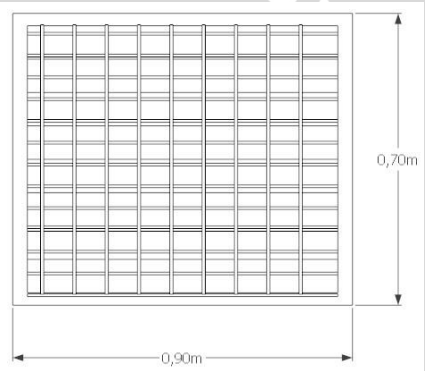


Spesifikasi :
- Ketebalan sirip : 0,05”
- Memiliki ketebalan *frame* 5”
- Memiliki jarak antar sirip horizontal sebesar 3”, vertikal sebesar 2”

Louver dinding timur



Louver dinding barat

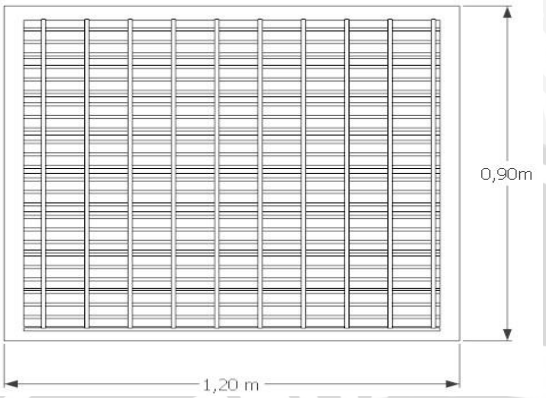


Gambar 4.31 *Egg Crate Louver A*
Sumber : analisa pribadi 2015

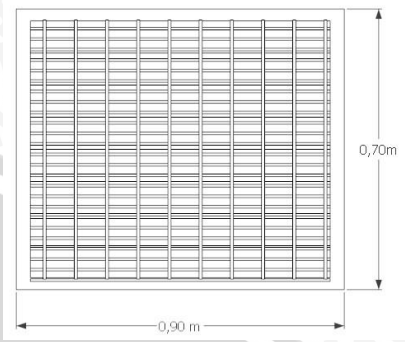
6. ***Egg Crate Louver* B**

Spesifikasi :
- Ketebalan sirip : 0,05”
- Memiliki ketebalan *frame* 2”
- Memilki jarak antar sirip horizontal sebesar 1,5”, vertikal 3”

Louver dinding timur



Louver dinding barat



Gambar 4.32 *Louver* 45-1/2
Sumber : analisa pribadi 2015

4.12.2 Simulasi *double skin facade* terhadap cahaya matahari

Simulasi cahaya ini bertujuan untuk mengetahui tipe *louver* yang paling efektif utnuk mengurangi cahaya yang masuk ke dalam lapangan olahraga. Simulasi ini dilakukan pada tanggal kritis matahari, yaitu 21 Maret, 21 Juni, 23 September, dan 21 Desember.Dari hasil simulasi, dapat disimpulkan bahwa jenis *louver* yang paling baik untuk menahan cahaya yang masuk ke dalam lapangan olahraga dan sesuai dengan standar pencahayaan adalah *louver* tipe B(*Vertical*) dan tipe *Egg crate* tipe B. Berikut adalah tabel yang menunjukkan jumlah cahaya yang diterima ruangan / lapangan olahraga pada saat diberi pemasangan berbagai macam alternatif *louver* yang telah dibahas.

Tabel 4.11 Hasil simulasi louver terhadap cahaya matahari

No	Tanggal simulasi	Jenis *louver*	Jumlah cahaya
1	21 Maret (09.00)	Horizontal Louver A	Lantai 1 : 1850 lux Lantai 2 : 1420 lux

77

No	Tanggal simulasi	Jenis *louver*	Jumlah cahaya
2	21 Maret (12.00)	Horizontal Louver A	Lantai 1 : 750 lux Lantai 2 : 1780 lux
3	21 Maret (15.00)	Horizontal Louver A	Lantai 1 : 750 lux Lantai 2 : 1780 lux
4	21 Juni (09.00)	Horizontal Louver A	Lantai 1 : 1820 lux Lantai 2 : 1220 lux
5	21 Juni (12.00)	Horizontal Louver A	Lantai 1 : 1180 lux Lantai 2 : 1180 lux
6	21 Juni (15.00)	Horizontal Louver A	Lantai 1 : 1010 lux Lantai 2 : 1010 lux
7	23 Sept (09.00)	Horizontal Louver A	Lantai 1 : 680 lux Lantai 2 : 680 lux
8	23 Sept (12.00)	Horizontal Louver A	Lantai 1 : 520 lux Lantai 2 : 681 lux
9	23 Sept (15.00)	Horizontal Louver A	Lantai 1 : 1020 lux Lantai 2 : 681 lux
10	21 Des (09.00)	Horizontal Louver A	Lantai 1 : 500 lux Lantai 2 : 420 lux
11	21 Des (12.00)	Horizontal Louver A	Lantai 1 : 381 lux Lantai 2 : 381 lux
12	21 Des (15.00)	Horizontal Louver A	Lantai 1 : 635 lux Lantai 2 : 590 lux
13	21 Maret (09.00)	Horizontal Louver B	Lantai 1 : 610 lux Lantai 2 : 540 lux

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

No	Tanggal simulasi	Jenis *louver*	Jumlah cahaya
14	21 Maret (12.00)	Horizontal Louver B	Lantai 1 : 420 lux Lantai 2 : 372 lux
15	21 Maret (15.00)	Horizontal Louver B	Lantai 1 : 910 lux Lantai 2 : 881 lux
16	21 Juni (09.00)	Horizontal Louver B	Lantai 1 : 680 lux Lantai 2 : 799 lux
17	21 Juni (12.00)	Horizontal Louver B	Lantai 1 : 940 lux Lantai 2 : 799 lux
18	21 Juni (15.00)	Horizontal Louver B	Lantai 1 : 800 lux Lantai 2 : 799 lux
19	23 Sept (09.00)	Horizontal Louver B	Lantai 1 : 1380 lux Lantai 2 : 1220 lux
20	23 Sept (12.00)	Horizontal Louver B	Lantai 1 : 1710 lux Lantai 2 : 1550 lux
21	23 Sept (15.00)	Horizontal Louver B	Lantai 1 : 900 lux Lantai 2 : 881 lux
22	21 Des (09.00)	Horizontal Louver B	Lantai 1 : 1000 lux Lantai 2 : 1080 lux
23	21 Des (12.00)	Horizontal Louver B	Lantai 1 : 1160 lux Lantai 2 : 1220 lux
24	21 Des (15.00)	Horizontal Louver B	Lantai 1 : 1160 lux Lantai 2 : 1220 lux
25	21 Maret (09.00)	Vertical Louver A	Lantai 1 : 763 lux Lantai 2 : 763 lux

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

79

No	Tanggal simulasi	Jenis *louver*	Jumlah cahaya
26	21 Maret (12.00)	Vertical Louver A	Lantai 1 : 732 lux Lantai 2 : 704 lux
27	21 Maret (15.00)	Vertical Louver A	Lantai 1 : 632 lux Lantai 2 : 635 lux
28	21 Juni (09.00)	Vertical Louver A	Lantai 1 : 848 lux Lantai 2 : 872 lux
29	21 Juni (12.00)	Vertical Louver A	Lantai 1 : 800 lux Lantai 2 : 782 lux
30	21 Juni (15.00)	Vertical Louver A	Lantai 1 : 732 lux Lantai 2 : 745 lux
31	23 Sep (09.00)	Vertical Louver A	Lantai 1 : 654 lux Lantai 2 : 699 lux
32	23 Sep (12.00)	Vertical Louver A	Lantai 1 : 636 lux Lantai 2 : 621 lux
33	23 Sep (15.00)	Vertical Louver A	Lantai 1 : 628 lux Lantai 2 : 548 lux
34	21 Des (09.00)	Vertical Louver A	Lantai 1 : 554 lux Lantai 2 : 581 lux
35	21 Des (12.00)	Vertical Louver A	Lantai 1 : 540 lux Lantai 2 : 545 lux
36	21 Des (15.00)	Vertical Louver A	Lantai 1 : 532 lux Lantai 2 : 545 lux
37	21 Maret (09.00)	Vertical Louver B	Lantai 1 : 780 lux Lantai 2 : 700 lux

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

No	Tanggal simulasi	Jenis *louver*	Jumlah cahaya
38	21 Maret (12.00)	Vertical Louver B	Lantai 1 : 670 lux Lantai 2 : 670 lux
39	21 Maret (15.00)	Vertical Louver B	Lantai 1 : 780 lux Lantai 2 : 790 lux
40	21 Juni (09.00)	Vertical Louver B	Lantai 1 : 820 lux Lantai 2 : 830 lux
41	21 Juni (12.00)	Vertical Louver B	Lantai 1 : 880 lux Lantai 2 : 840 lux
42	21 Juni (15.00)	Vertical Louver B	Lantai 1 : 720 lux Lantai 2 : 720 lux
43	23 Sept (09.00)	Vertical Louver B	Lantai 1 : 850 lux Lantai 2 : 750 lux
44	23 Sept (12.00)	Vertical Louver B	Lantai 1 : 700 lux Lantai 2 : 664 lux
45	23 Sept (15.00)	Vertical Louver B	Lantai 1 : 740 lux Lantai 2 : 690 lux
46	21 Des (09.00)	Vertical Louver B	Lantai 1 : 750 lux Lantai 2 : 740 lux
47	21 Des (12.00)	Vertical Louver B	Lantai 1 : 620 lux Lantai 2 : 620 lux
48	21 Des (15.00)	Vertical Louver B	Lantai 1 : 640 lux Lantai 2 : 640 lux
49	21 Maret (09.00)	Egg Crate Louver A	Lantai 1 : 448 lux Lantai 2 : 448 lux

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

81

No	Tanggal simulasi	Jenis *louver*	Jumlah cahaya
50	21 Maret (12.00)	Egg Crate Louver A	Lantai 1 : 458 lux Lantai 2 : 447 lux
51	21 Maret (15.00)	Egg Crate Louver A	Lantai 1 : 343 lux Lantai 2 : 343 lux
52	21 Juni (09.00)	Egg Crate Louver A	Lantai 1 : 314 lux Lantai 2 : 314 lux
53	21 Juni (12.00)	Egg Crate Louver A	Lantai 1 : 581 lux Lantai 2 : 572 lux
54	21 Juni (15.00)	Egg Crate Louver A	Lantai 1 : 525 lux Lantai 2 : 528 lux
55	23 Sep (09.00)	Egg Crate Louver A	Lantai 1 : 463 lux Lantai 2 : 464 lux
56	23 Sep (12.00)	Egg Crate Louver A	Lantai 1 : 534 lux Lantai 2 : 534 lux
57	23 Sep (15.00)	Egg Crate Louver A	Lantai 1 : 654 lux Lantai 2 : 634 lux
58	21 Des (09.00)	Egg Crate Louver A	Lantai 1 : 648 lux Lantai 2 : 663 lux
59	21 Des (12.00)	Egg Crate Louver A	Lantai 1 : 556 lux Lantai 2 : 534 lux
60	21 Des (15.00)	Egg Crate Louver A	Lantai 1 : 656 lux Lantai 2 : 614 lux
61	21 Maret (09.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1 : 520 lux Lantai 2 : 420 lux

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

62	21 Maret (12.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1 : 281 lux Lantai 2 : 272 lux
63	21 Maret (15.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1 : 620 lux Lantai 2 : 572 lux
64	21 Juni (09.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1 : 440 lux Lantai 2 : 256 lux
65	21 Juni (12.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1 : 320 lux Lantai 2 : 272 lux
66	21 Juni (15.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1 : 600 lux Lantai 2 : 564 lux
67	23 Sep (09.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1 : 520 lux Lantai 2 : 340 lux
68	23 Sep (12.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1 : 340 lux Lantai 2 : 290 lux
69	23 Sep (15.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1 : 620 lux Lantai 2 : 572 lux
70	21 Des (09.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1 : 520 lux Lantai 2 : 400 lux
71	21 Des (12.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1 : 340 lux Lantai 2 : 272 lux
72	21 Des (15.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1 : 650 lux Lantai 2 : 572 lux

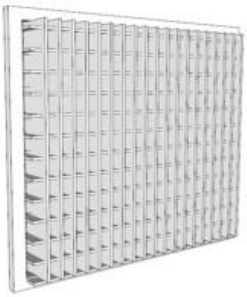
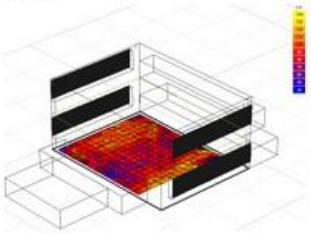
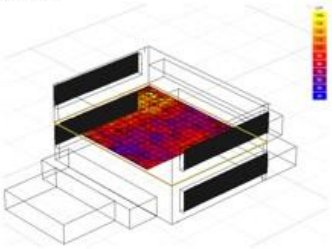
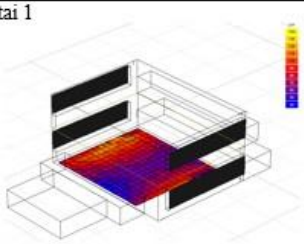
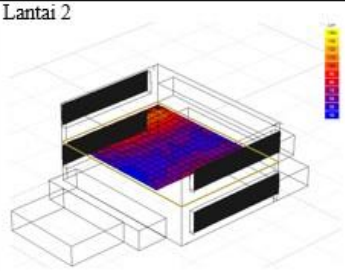
: Memenuhi standar pencahayaan

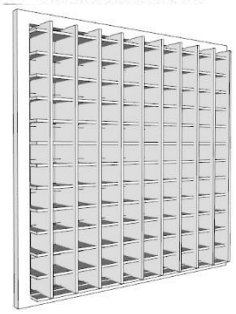
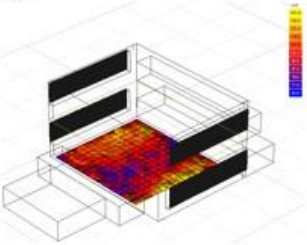
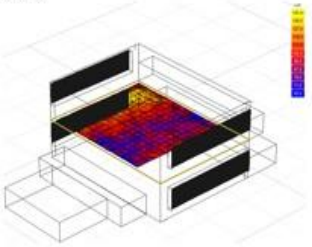
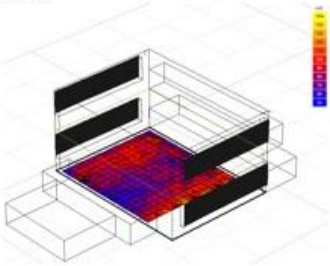
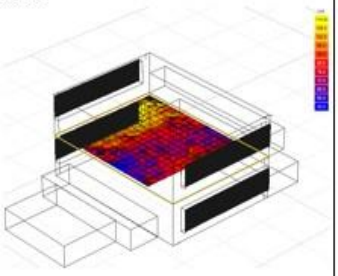
. Dari 6 alternatif macam *louver* / sirip, terdapat 2 macam jenis *louver* yang memenuhi standar pencahayaan lapangan olahraga, yaitu antara 200 – 800 lux, yaitu *egg crate louver* tipe A dan *egg crate louver* tipe B. Berikut adalah hasil

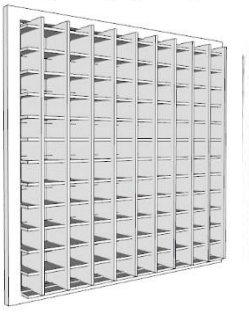
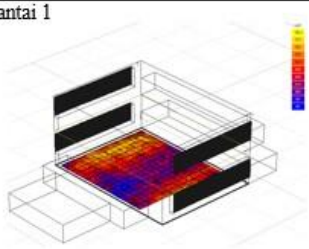
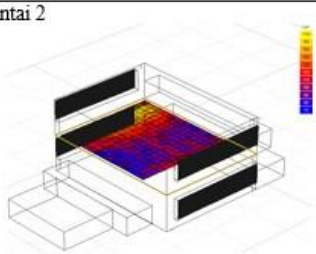
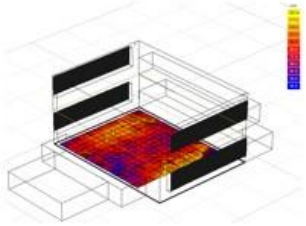
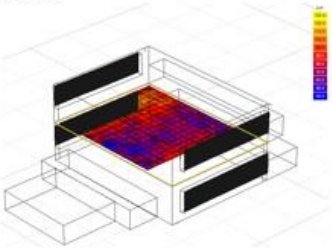
83

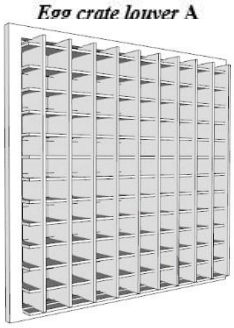
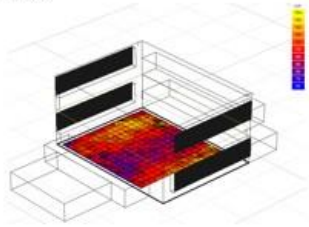
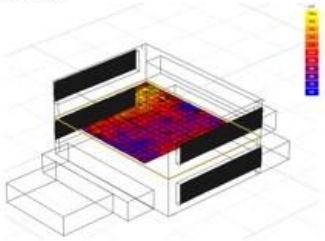
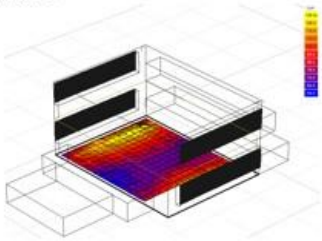
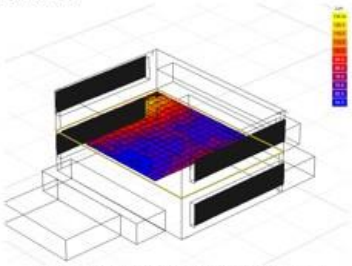
visualisasi simulasi cahaya menggunakan *software Autodesk Ecotect Analysis 2011* (Untuk visualisasi semua alternatif *louver*, lihat lampiran).

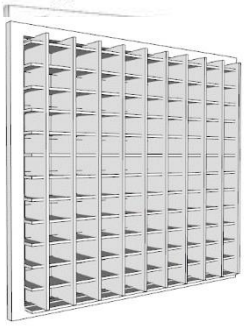
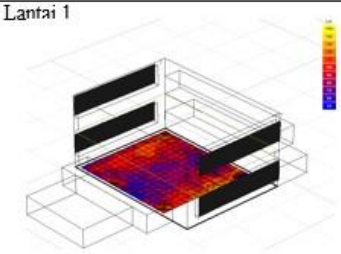
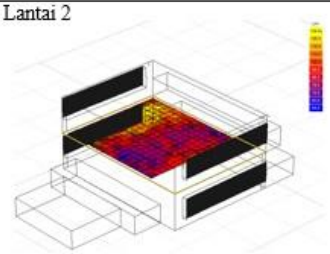
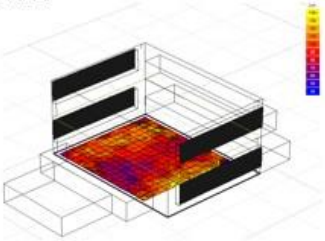
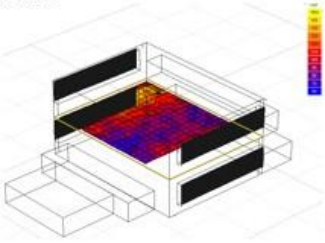
Tabel 4.10 Hasil simulasi *egg crate louver* tipe A

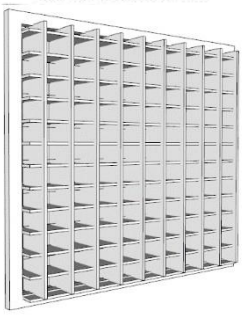
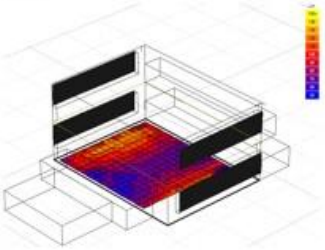
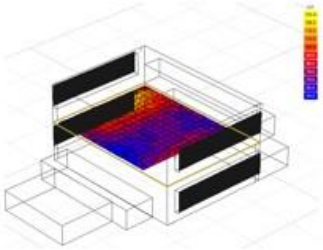
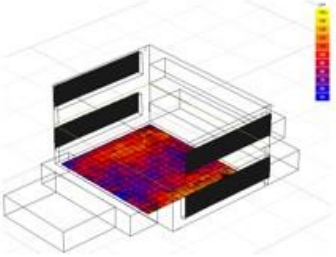
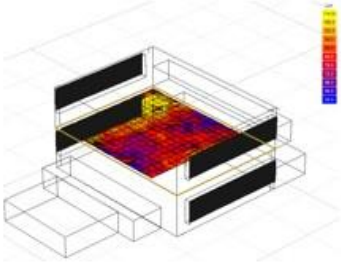
Tanggal & Jam	Jenis louver	Hasil Simulasi	
21 Maret (09.00)	***Egg crate louver* A** 	Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 448 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 448 lux
21 Maret (12.00)		Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 458 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 447 lux

Tanggal & Jam	Jenis louver	Hasil Simulasi	
21 Maret (15.00)	***Egg crate louver* A** 	Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 343 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 343 lux
21 Juni (09.00)		Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 31 4 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 314 lux

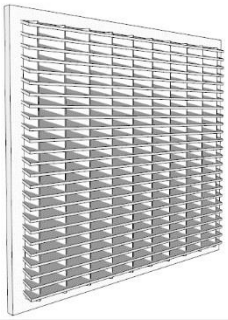
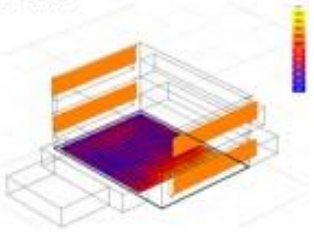
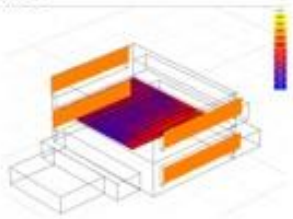
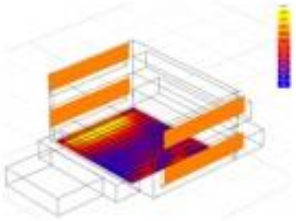
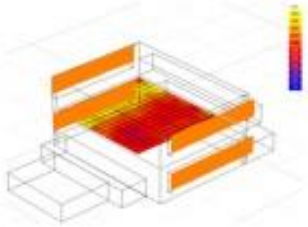
Tanggal & Jam	Jenis louver	Hasil Simulasi	
21 Juni (12.00)		Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 581 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 572 lux
21 Juni (15.00)		Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 525 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 528 lux

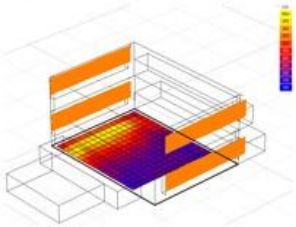
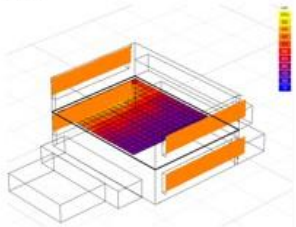
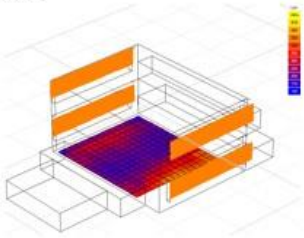
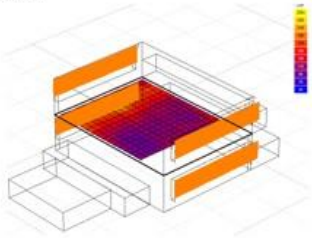
Tanggal & Jam	Jenis louver	Hasil Simulasi	
23 September (09.00)	***Egg crate louver* A** 	Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 463 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 464 lux
23 September (12.00)		Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 534 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 534 lux

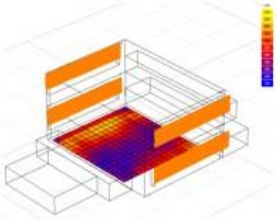
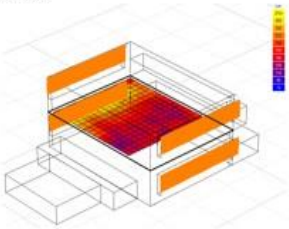
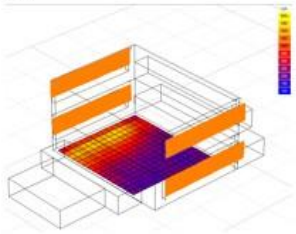
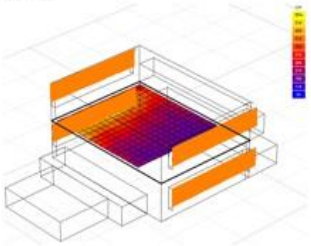
Tanggal & Jam	Jenis louver	Hasil Simulasi	
23 September (15.00)	***Egg crate louver* A** 	Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 654 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 634 lux
21 Desember (09.00)		Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 648 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 663 lux

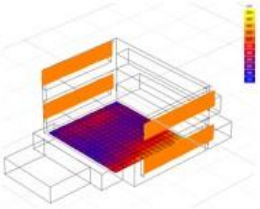
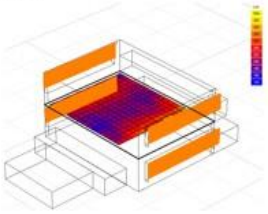
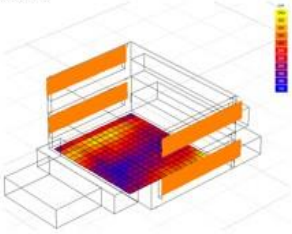
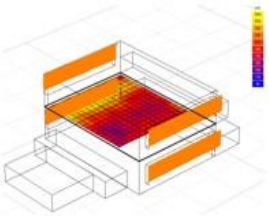
Tanggal & Jam	Jenis louver	Hasil Simulasi	
21 Desember (12.00)	***Egg crate louver* A** 	Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 556 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 534 lux
21 Desember (15.00)		Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 656 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 614 lux

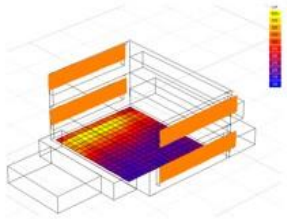
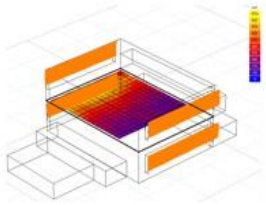
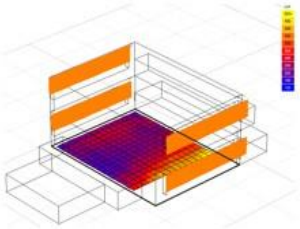
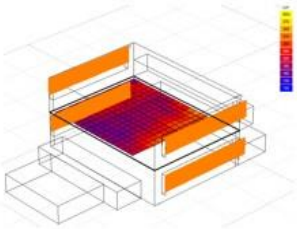
Tabel 4.13 Hasil simulasi *egg crate louver* tipe B

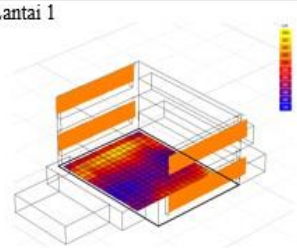
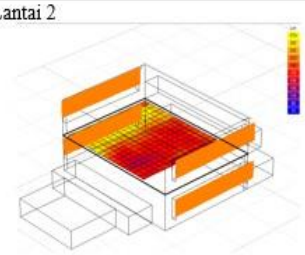
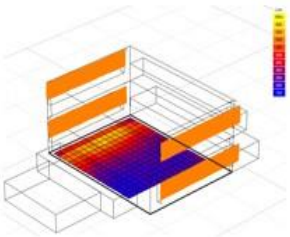
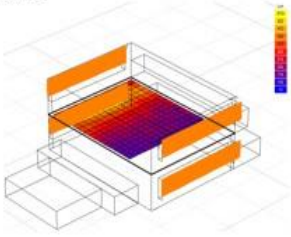
Tanggal & Jam	Jenis louver	Hasil Simulasi	
21 Maret (09.00)	Egg Crate Louver B 	Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 520 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 420 lux
21 Maret (12.00)		Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 281 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 272 lux

Tanggal & Jam	Jenis louver	Hasil Simulasi	
21 Maret (15.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 620 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 572 lux
21 Juni (09.00)		Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 440 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 256 lux

Tanggal & Jam	Jenis louver	Hasil Simulasi	
21 Juni (12.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 320 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 272 lux
21 Juni (15.00)		Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 600 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 564 lux

Tanggal & Jam	Jenis louver	Hasil Simulasi	
23 September (09.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 520 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 340 lux
23 September (12.00)		Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 340 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 290 lux

Tanggal & Jam	Jenis louver	Hasil Simulasi	
23 September (15.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 620 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 572 lux
21 Desember (09.00)		Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 520 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 400 lux

Tanggal & Jam	Jenis louver	Hasil Simulasi	
21 Desember (12.00)	Egg Crate Louver B	Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 340 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 272 lux
21 Desember (15.00)		Lantai 1  Jumlah cahaya maksimal : 650 lux	Lantai 2  Jumlah cahaya maksimal : 572 lux

4.12.3 Simulasi *double skin* facade terhadap kecepatan angin

Simulasi yang berikutnya adalah simulasi untuk menentukan tipe *louver* yang paling baik dalam menahan angin. Simulasi ini diperlukan untuk olahraga pergerakan badminton yang memiliki standar kecepatan angin maksimal sebesar 0,2 m/s. Hal ini penting agar tidak mengganggu pergerakan dari *shuttlecock*.

Simulasi ini dilakukan pada 4 bulan yang berbeda dalam satu tahun, yaitu Maret, Juni, September, dan Desember. Pada Bulan Maret dan Juni, angin berhembus dari arah yang sama,yaitu arah barat. Begitu juga pada Bulan September dan Desember, angin berhembus dari arah yang sama, yaitu arah timur. Oleh karena itu, simulasi dilakukan dengan melakukan rata rata pada kecepatan angin pada bulan yang memiliki arah hembusan yang sama. Sebagai contoh, Pada Bulan Maret dan Juni, kecepatan angin adalah 1,6 m/s dan 1,3 m/s, maka kecepatan angin yang dipakai dalam simulasi adalah rata rata kecepatan angin dari kedua bulan tersebut, yaitu 1,45 m/s. Begitu juga dengan Bulan September dan Desember, kecepatan angin nya adalah 1,25 m/s dan 1,09 m/s, maka kecepatan angin yang digunakan pada simulasi adalah rata rata kecepatan dari kedua bulan tersebut, yaitu 1,17 m/s.

Tabel 4.12 Hasil simulasi *louver* terhadap kecepatan angin

No	Waktu simulasi	Jenis *louver*	Kecepatan angin (m/s)
1	Maret dan Juni	Horizontal Louver A	Lantai 1 : 2,9 m/s Lantai 2 : 1,9 m/s
2	September dan Desember	Horizontal Louver A	Lantai 1 : 2,3 m/s Lantai 2 : 1,17 m/s
3	Maret dan Juni	Horizontal Louver B	Lantai 1 : 1,5 m/s Lantai 2 : 1,5 m/s
4	September dan Desember	Horizontal Louver B	Lantai 1 : 1,6 m/s Lantai 2 : 1,6 m/s

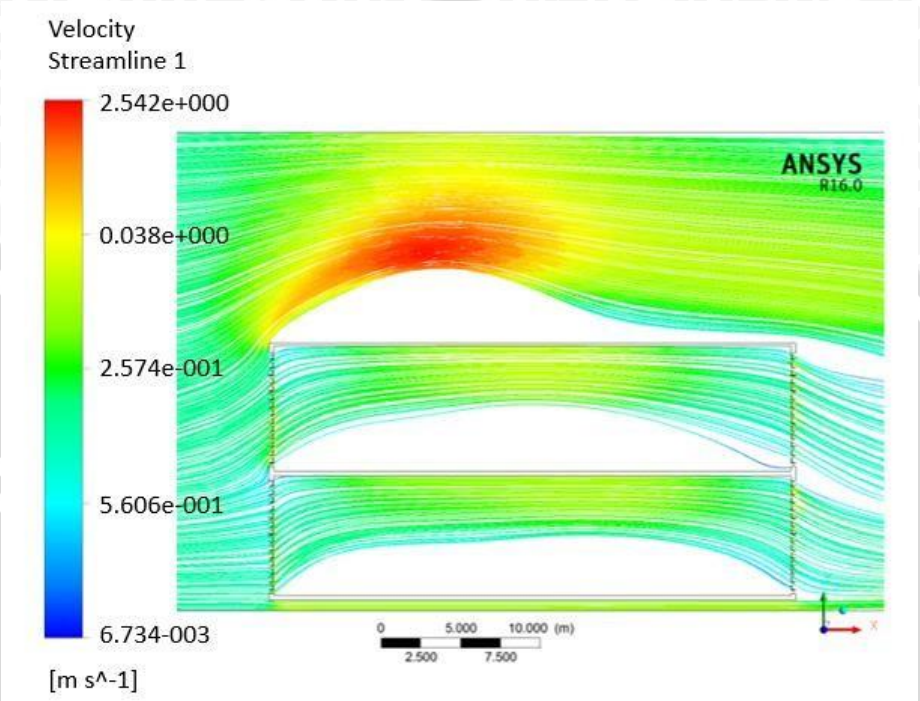
No	Waktu simulasi	Jenis *louver*	Kecepatan angin (m/s)
5	Maret dan Juni	Vertical Louver A	Lantai 1 : 2,0 m/s Lantai 2 : 2,2 m/s
6	September dan Desember	Vertical Louver A	Lantai 1 :2,2 m/s Lantai 2 : 2,4 m/s
7	Maret dan Juni	Vertical Louver B	Lantai 1 :2,1 m/s Lanta1 2 : 2,2 m/s
8	September dan Desember	Vertical Louver B	Lantai 1 :2,1 m/s Lantai 2 : 2,3 m/s
9	Maret dan Juni	Egg Crate Louver A	Lantai 1 : 0,25-0,5 m/s Lantai 2 : 0,25-0,5 m/s
10	September dan Desember	Egg Crate Louver A	Lantai 1 : 0,26-0,5 m/s Lantai 2 : 0,26-0,5 m/s
11	Maret dan Juni	Egg Crate Louver B	Lantai 1 : 0,21 m/s Lantai 2 : 0,21 m/s
12	September dan Desember	Egg Crate Louver B	Lantai 1 : 0,206 m/s Lantai 2 : 0,206 m/s

: Memenuhi standar kecepatan angin

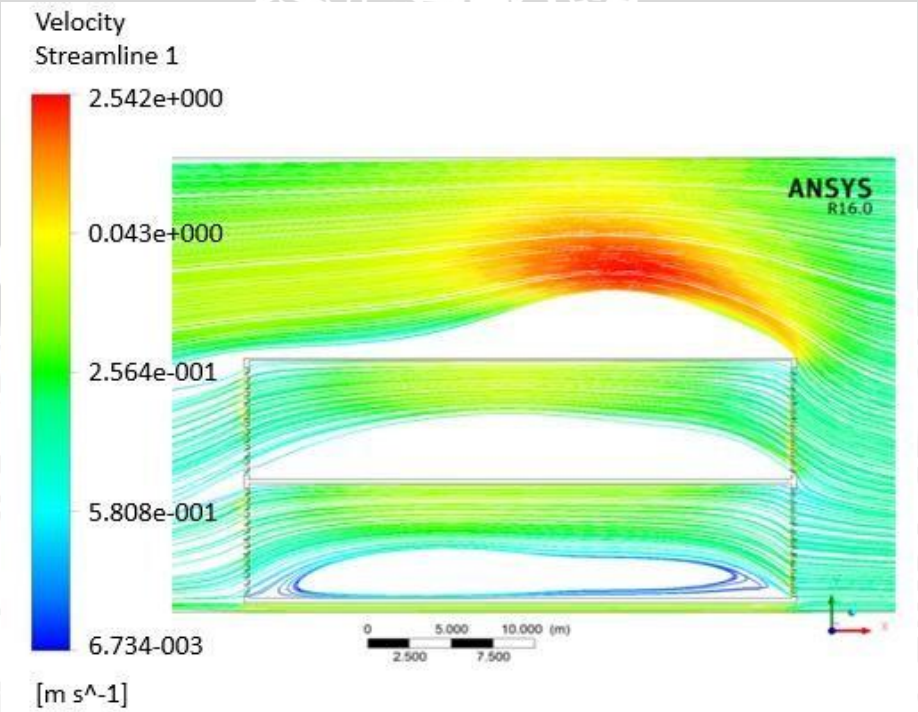
Pada tabel di atas, dapat dilihat bahwa tipe *louver* yang memenuhi standar kecepatan angin pada lapangan badminton (maks 0,2 m/s) adalah *egg crate louver* tipe A dan *egg crate louver* tipe B Berikut adalah visualisasi hasil simulasi kecepatan angin pada ruangan olahraga dengan menggunakan *Workbench Ansys* 16.0 (Untuk visualisasi selengkapnya lihat lampiran)

Hasil simulasi angin tipe *egg crate louver* A

Bulan Maret – Juni



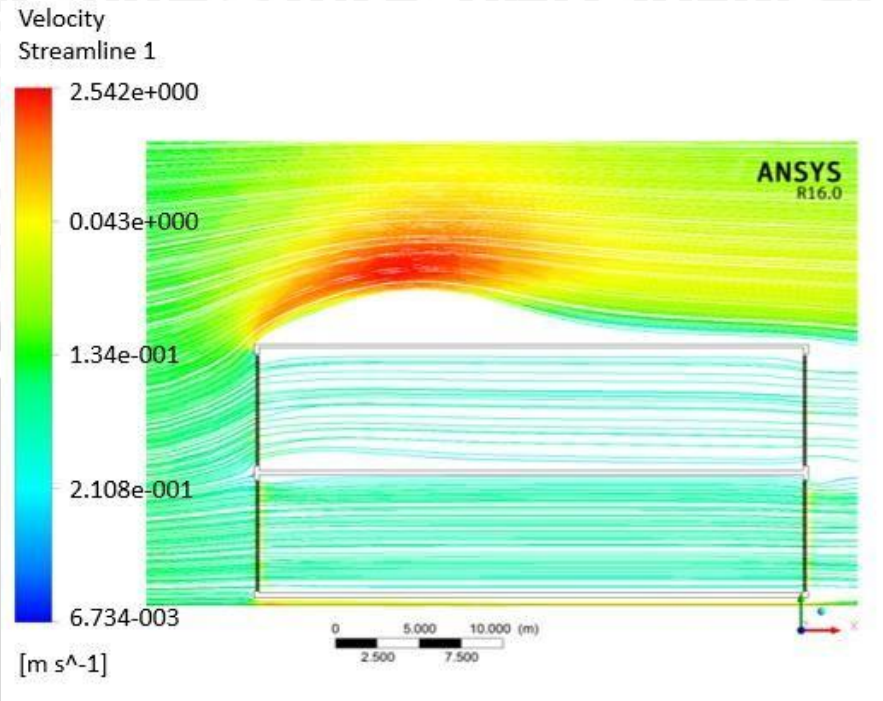
Bulan September – Desember



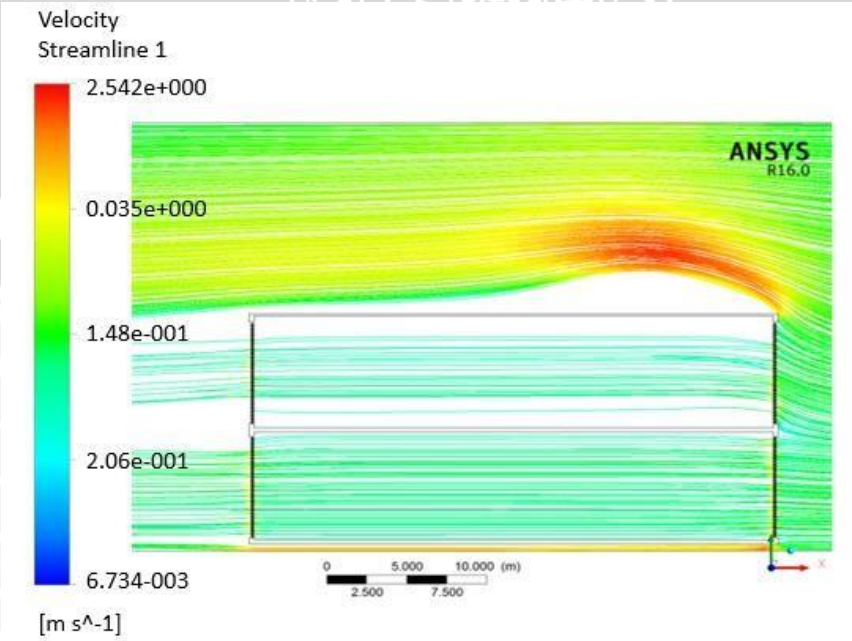
Gambar 4.33 Analisa angin *egg crate louver* A
Sumber : analisa pribadi 2015

Hasil simulasi angin tipe *egg crate louver* B

Bulan Maret – Juni



Bulan September – Desember



Gambar 4.34 Analisa angin *egg crate louver* B
Sumber : analisa pribadi 2015

Pada kedua hasil simulasi di atas, kecepatan angin maksimum yang terjadi pada saat dinding bangunan diberi pemasangan *egg crate louver* tipe A adalah sebesar 0,7 m/s pada Bulan Maret dan Juni dan sebesar 0.24 pada Bulan Desember, sedangkan kecepatan angin maksimum yang terjadi pada saat dinding bangunan diberi pemasangan *egg crate louver* tipe B adalah sebesar 0,18 m/s pada Bulan Maret dan 0,16 pada Bulan Desember. Oleh karena itu, *louver* yang digunakan pada lapangan badminton (dinding lantai 1) adalah *egg crate louver* tipe B. Selain itu, penggunaan *egg crete louver* ini menyebabkan pergerakan angin di dalam ruangan menjadi merata.

4.12.4 Jarak pemasangan *double skin facade* terhadap *first skin*

Jarak pemasangan *double skin facade* yang baik adalah antara 40 cm -2m (BBRI, 2002; Oestrele et al, 2001 dalam Poirazis, 2006). Untuk menentukan jarak terbaik dalam pemasangan *double skin facade*, maka digunakan simulasi menggunakan software *Autodesk Ecotect Analysis 2011*. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan tipe *louver* yang telah terpilih, yaitu *egg crate* louver tipe 45 ½. Simulasi ini dilakukan pada jarak yang berbeda beda, yaitu 0,5 m, 1 m, 1,5 m, dan 2 m, Selain itu, simulasi ini juga dilakukan pada bulan yang berbeda-beda dalam setahun, yaitu Bulan Maret, Juni, September, dan Desember. Berikut adalah tabel yang menyatakan suhu yang terjadi pada ruangan olahraga pada setiap jarak pemasangan.

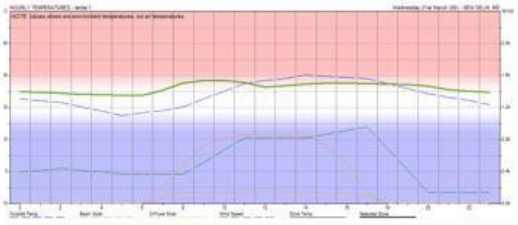
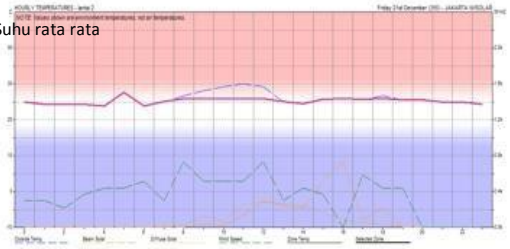
Tabel 4.13 Hasil simulasi jarak pemasangan *louver*

No	Waktu simulasi	Jarak pemasangan	Suhu ruangan
1	21 Maret	0,5 m	27,6^{o} C
2	21 Juni	0,5 m	28,7^{o} C
3	23 September	0,5 m	30,3^{o} C
4	21 Desember	0,5 m	28,7^{o} C
5	21 Maret	1 m	24,6^{o} C

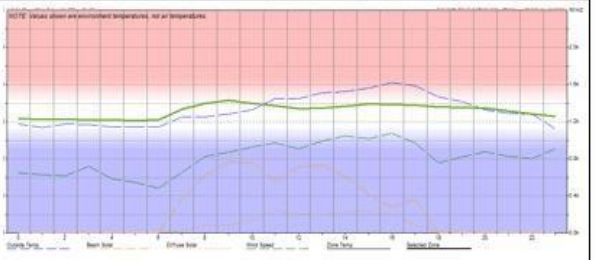
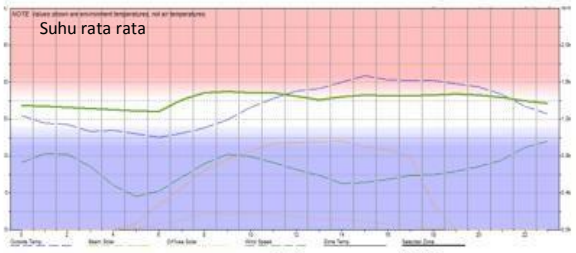
No	Waktu simulasi	Jarak pemasangan	Suhu ruangan
6	21 Juni	1 m	25,1^{o} C
7	23 September	1 m	24,7^{o} C
8	21 Desember	1 m	23,2^{o} C
9	21 Maret	1,5 m	22,6^{o} C
10	21 Juni	1,5 m	23,6^{o} C
11	23 September	1,5 m	23,5^{o} C
12	21 Desember	1,5 m	23,3^{o} C
13	21 Maret	2,0 m	19,3^{o} C
14	21 Juni	2,0 m	18,8^{o} C
15	23 September	2,0 m	18,7^{o} C
16	21 Desember	2,0 m	17,1^{o} C

Pada tabel di atas dapat disimpulkan bahwa saat *louver* / sirip dipasang dengan jarak 1 m sudah dapat membuat suhu di dalam ruangan olahraga sesuai dengan standar kenyamanan ruang, yaitu antara 22,8° C – 25,8º C. Walaupun pemasangan *double skin facade* dengan jarak >1 m dari dinding bangunan juga memenuhi standar suhu nyaman di dalam ruangan, Berikut adalah hasil visualisasi simulasi jarak pemasangan *louver* / sirip sebesar 1 m dari dinding bangunan yang berupa grafik berupa garis (untuk visualisasi selengkapnya, lihat lampiran).

Tabel 4.14 Hasil simulasi jarak pemasangan sirip sebesar 1m

No	Waktu	Jarak	Hasil
1	21 Maret,	1 m	 Suhu rata – rata = 24,6°
2	21 Juni	1 m	 Suhu rata rata Suhu rata rata = 25,1°

Suhu rata rata

No	Waktu	Jarak	Hasil
3	23 September	1 m	 Suhu rata – rata = 24,7°
4	21 Desember	1 m	 Suhu rata rata Suhu rata rata = 23,2°

Suhu rata rata

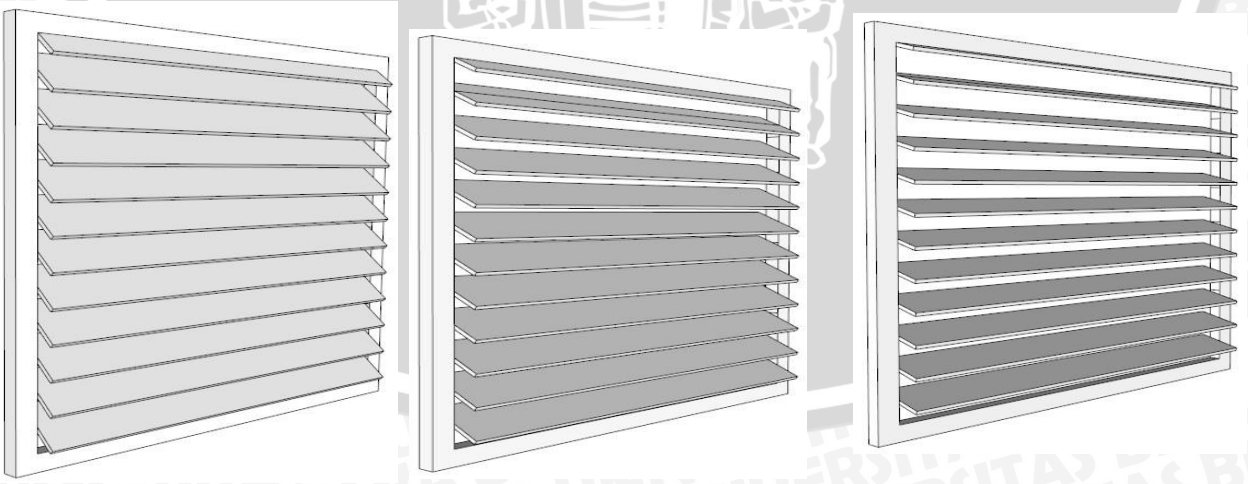
Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa pada pemasangan *double skin facade* tipe *louver* dengan jarak 1 m dari dinding, suhu di dalam ruangan sudah

mencukupi suhu nyaman penduduk Indonesia, yaitu antara 22,8°C -25,8°C. Untuk hasil simulasi selengkapnya, lihat lampiran.

4.12.5 Pola pergerakan udara di dalam ruangan

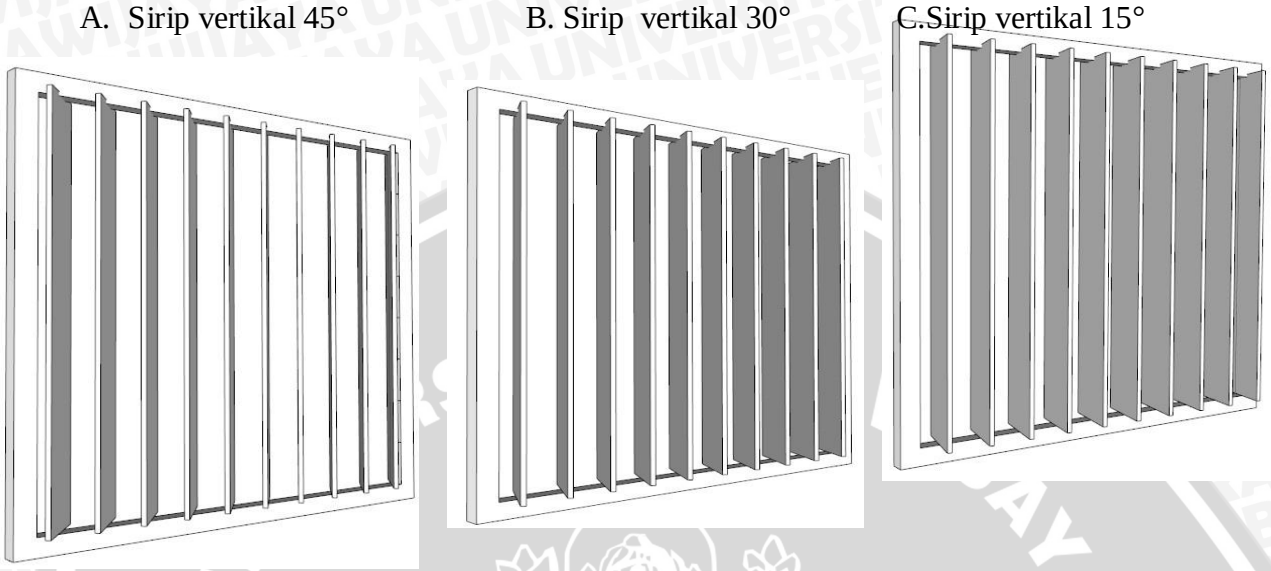
Dari simulasi *louver* berdasarkan jumlah cahaya dan kecepatan angin yang masuk ke dalam ruangan, maka *louver* yang terpilih adalah *egg crate louver* tipe B untuk lantai 1 dan *egg crate louver* A untuk lantai 2 Aspek selanjutnya adalah membuat pola aliran udara di dalam ruangan menjadi merata. Hal ini dapat diciptakan dengan mengatur sudut masing masing pada sirip vertikal dan horisontal pada *crate louver* tipe A dan B. Untuk menganalisa pola pergerakan udara di dalam ruangan, maka digunakan *software Workbench Ansys*. Karena kemampuan *Workbench Ansys* untuk menganalisa *louver* secara terpisah antara sirip vertikal dan horizontal, maka untuk simulasi pada *egg crate louver* tipe A dan B ini juga dilakukan secara terpisah, yaitu dengan cara melakukan simulasi terhadap beberapa alternatif sudut pada sirip horizontal terlebih dahulu, baru setelah itu melakukan alternatif terhadap sudut pada sirip vertikal

A. Sirip horizontal 45° B. Sirip horizontal 30° C.Sirip horizontal 15°



Gambar 4.35 Alternatif besar sudut pada sirip horisontal

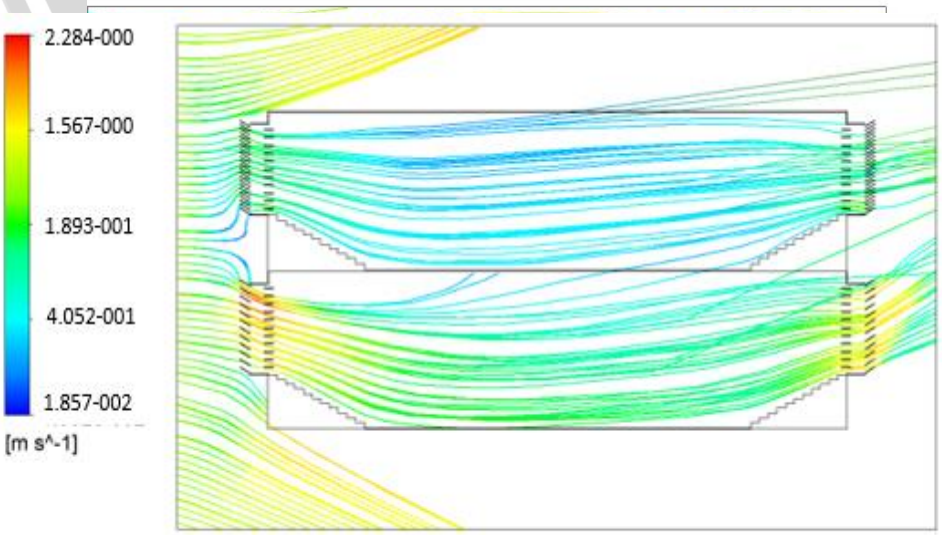
A. Sirip vertikal 45° B. Sirip vertikal 30° C.Sirip vertikal 15°



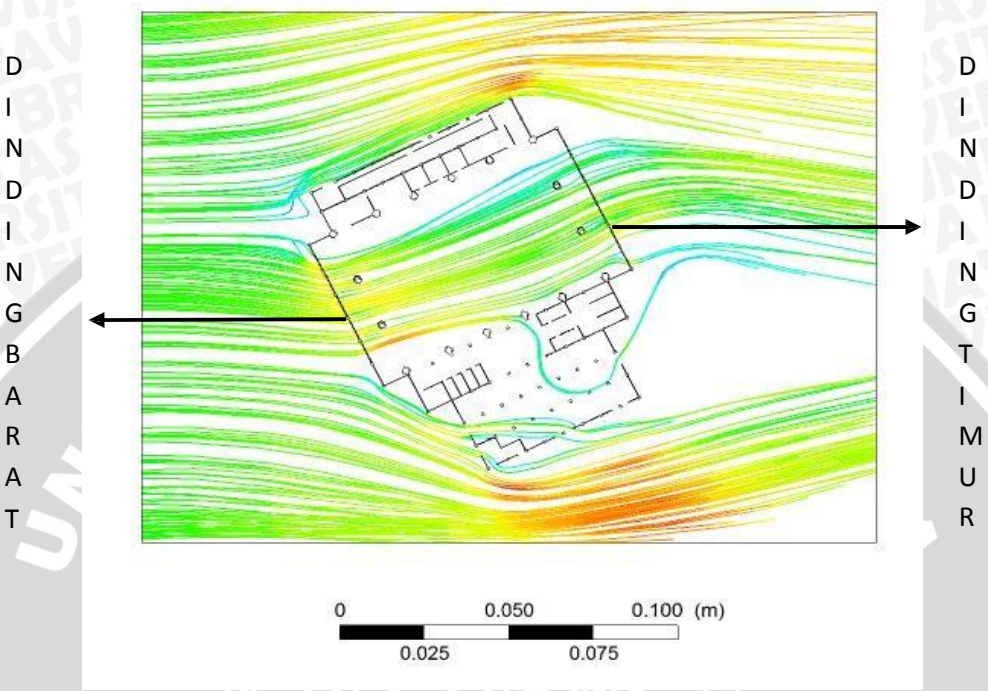
Gambar 4.36 Alternatif besar sudut pada sirip vertikal

Hasil simulasi terhadap sudut sirip horisontal menyatakan bahwa pola udara paling merata terjadi saat sudut horisontal dipasang sebesar 30°,sedangkan pada sirip vertikal, pola udara yang paling merata terjadi pada saat sudut sirip vertikal dipasang sebesar 15°.Berikut adalah hasil visualisasi simulasi pola pergerakan udara pada saat sudut sirip horisontal sebesar 30° dan sirip vertikal sebesar 15° (untuk visualisasi selengkapnya, lihat lampiran).

Sirip horisontal 30°



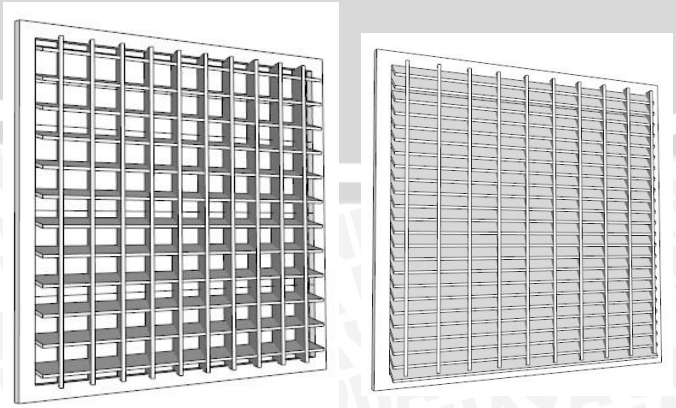
Sirip vertikal 15°



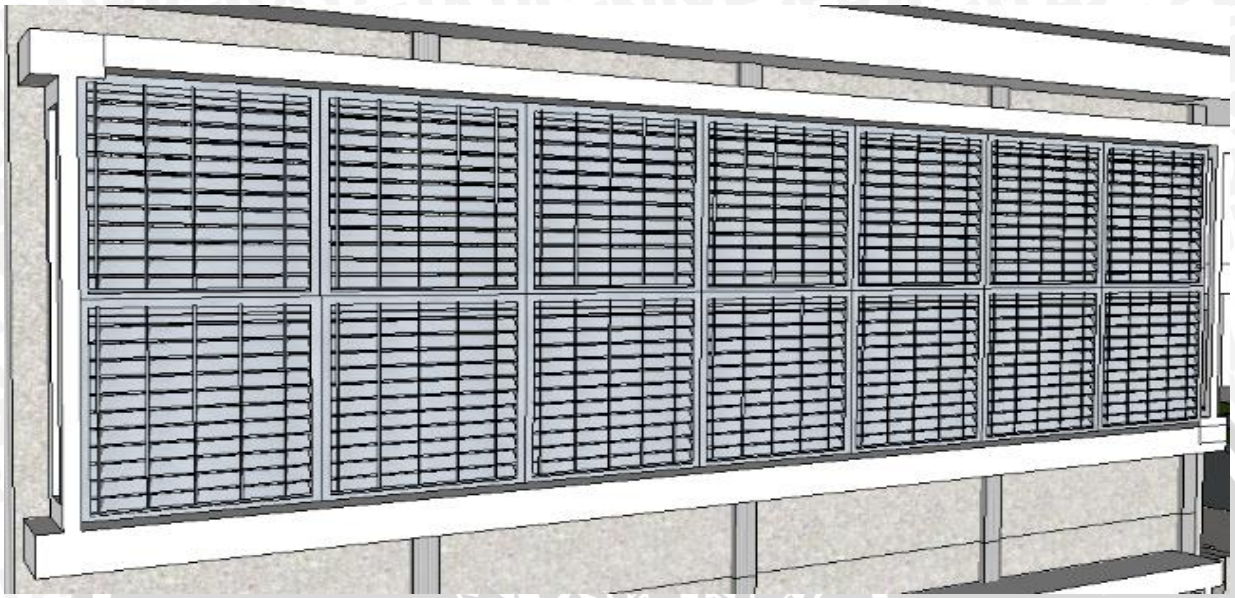
Gambar 4.37 hasil simulasi pola pergerakan angin terhadap besar sudut *louver*.
Sumber : analisa pribadi 2015

4.13 Rekomendasi desain

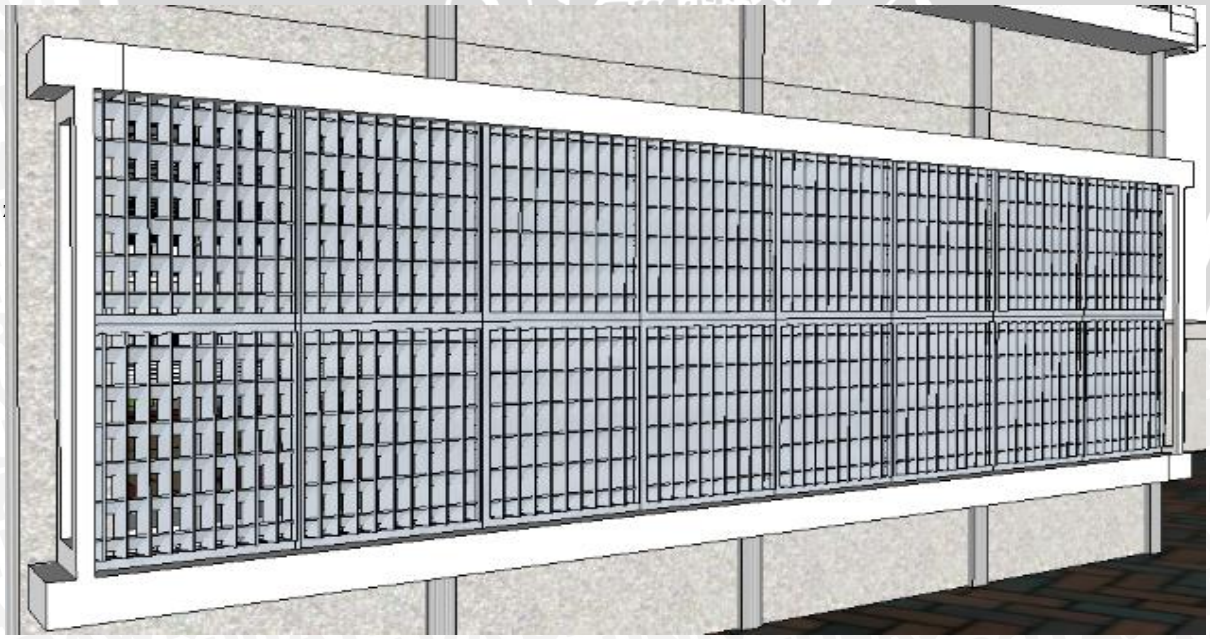
Setelah dilakukan simulasi cahaya, angin, dan jarak pemasangan terhadap beberapa alternatif *louver* / sirip, maka model *double skin facade* yang terpilih adalah *egg crate louver* tipe A (lantai 2) dan B (lantai 1) dengan jarak pemasangan sebesar 1 m dari dinding bangunan. *Egg crate louver* ini memiliki sudut pada sirip horisontal sebesar 30° dan sudut vertikal sebesar 15°.



Gambar 4.38 *egg crate louver* tipe A dan B
Sumber : desain pribadi 2015

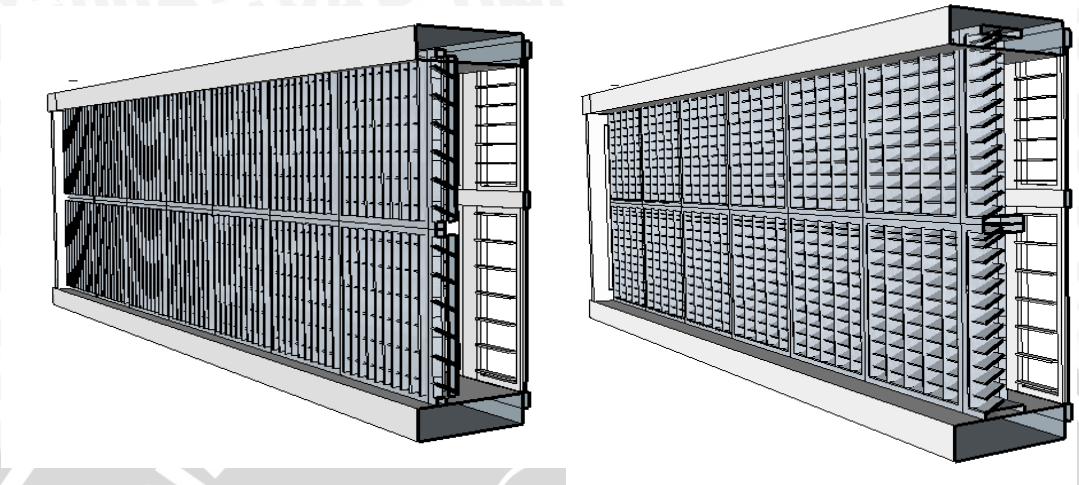


Gambar 4.39 Perspektif *egg crate louver* A pada lantai 2
Sumber : desain pribadi 2015



Gambar 4.40 Perspektif *egg crate louver* B pada lantai 1
Sumber : desain pribadi 2015

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Gambar 4.41 Potongan *louver egg crate* A (kiri) dan *egg crate B* (kanan)
Sumber : desain pribadi 2015

Gambar 4.42 Pemasangan *louver* / sirip pada dinding bangunan
Sumber : desain pribadi 2015