



UNIVERSITAS INDONESIA

**SIMULASI DAN MODELLING ALIRAN UDARA
MENGUNAKAN CFD PADA LANTAI DUA MASJID
AT-TAUHID ARIEF RAHMAN HAKIM UI SALEMBA**

SKRIPSI

**SUHENDRA
04 04 08 02 77**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
GANJIL 2008/2009
DEPOK
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

**SIMULASI DAN MODELLING ALIRAN UDARA
MENGUNAKAN CFD PADA LANTAI DUA MASJID
AT-TAUHID ARIEF RAHMAN HAKIM UI SALEMBA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**SUHENDRA
04 04 08 02 77**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
GANJIL 2008/2009
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

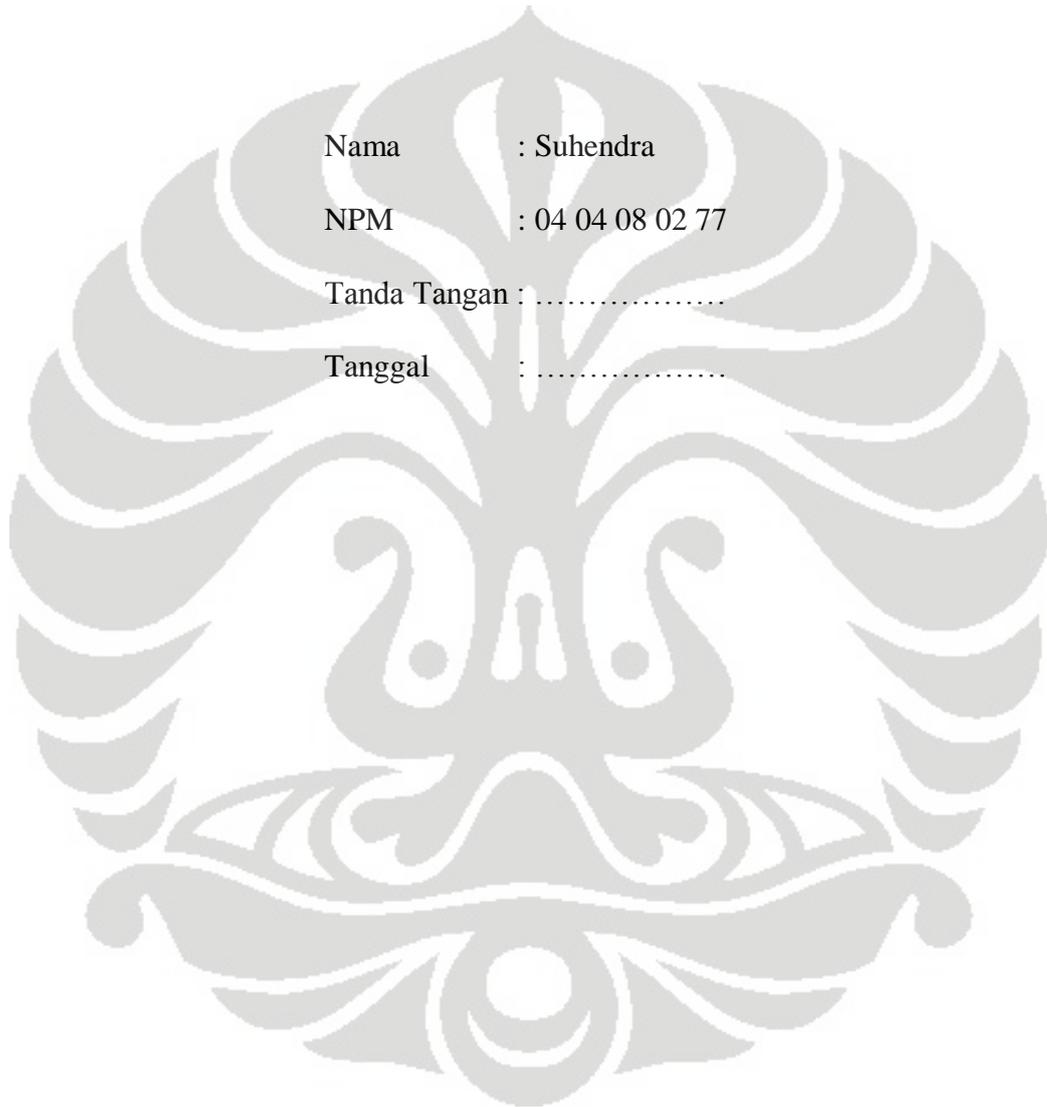
Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Suhendra

NPM : 04 04 08 02 77

Tanda Tangan :

Tanggal :



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Suhendra
NPM : 04 04 08 02 77
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul Skripsi : Simulasi Dan Modelling Aliran Udara
Menggunakan CFD Pada Lantai Dua Masjid At-
Tauhid Arief Rahman Hakim UI Salemba

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : ()
Pembimbing : ()
Penguji : ()
Penguji : ()
Penguji : ()

Ditetapkan di :

Tanggal :

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perkapalan Departemen Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Rusdy Malin, MME. dan Dr. Ir. Ahmad Indra Siswantara selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
3. Mas Udiyono dan segenap staff karyawan Departemen Teknik Mesin;
4. Mas Apri dan Mas Herman sebagai staff proyek Masjid At-tauhid ARH; dan
5. Rekan skripsi (Rahmat Agung Sanjaya), dan teman-teman dari Teknik Mesin-Perkapalan angkatan 2004 yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini;

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 25 Desember 2008

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Suhendra
NPM : 04 04 08 02 77
Program Studi : Teknik Perkapalan
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

SIMULASI DAN MODELLING ALIRAN UDARA MENGGUNAKAN CFD
PADA LANTAI DUA MASJID AT-TAUHID ARIEF RAHMAN HAKIM UI
SALEMBA

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 25 Desember 2008

Yang menyatakan

(Suhendra)

ABSTRAK

Nama : Suhendra
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul : Simulasi Dan Modelling Aliran Udara Menggunakan CFD Pada Lantai Dua Masjid At-Tauhid Arief Rahman Hakim UI Salemba

Bangunan yang baik, bukanlah bangunan yang sekedar indah, namun juga harus memperhatikan aspek kenyamanan secara termis, visual dan akustik. Dalam hal ini masjid sebagai ruang ibadah juga harus mempertimbangkan aspek kenyamanan tersebut dalam pembangunannya.

Pada pengerjaan skripsi kali ini bertujuan untuk melakukan modeling dan simulasi numerik serta menganalisis distribusi udara dan temperatur untuk mengetahui karakteristik visualisasi pada ruangan ibadah menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamics), dalam hal ini menggunakan program flovent. Dan objek yang dipilih dalam penelitian ini berlokasi di majid At-tauhid Arief Rahman Hakim UI salemba.

Simulasi pada program akan divalidasikan dengan keadaan aktual pada hasil pengukuran. Dari analisa pengukuran data dilapangan yang dilakukan dan dengan simulasi menggunakan program CFD, disimpulkan bahwa temperatur ruang ibadah tersebut diatas rekomndasi temperatur standar acuan kenyamanan termis, tetapi secara keseluruhan ruang ibadah tersebut dinilai baik (memberikan sensasi sejuk dan netral) berdasarkan kuesioner yang dilakukan, ini terjadi karena angin yang masuk atau diberikan melalui bukaan-bukaan dan kipas angin yang ada di ruangan tersebut.

Kata kunci : Masjid, distribusi aliran udara dan temperatur, kenyamanan termis, CFD

ABSTRACT

Name : Suhendra
Study Program : Teknik Perkapalan
Title : Simulation and Modelling Air Flow with CFD at 2nd floor
Mosques At-Tauhid Arief Rahman Hakim UI

The good building, is not only luxurious, but also have to pay attention and most important comfortable aspect by thermal, visual and acoustic in process build-up. In this Case mosque as prayer room have to consider the comfortable aspect in its development.

This research studied analysis is using simulation and modeling of numeric analysis air distribution and temperature to get information about of characteristic visualization thermal condition inside the prayer room with CFD (Computational Fluid Dynamics), in this case using FLOVENT. And as a research object chosen the At-Tauhid Arief Rahman Hakim mosque located in UI Salemba to collect for CFD model simulation.

This program will be used to modeling and simulate thermal condition inside the prayer room and the result will be compared with the actual research for validation, before being compared with the comfort room standard. As the result, this research studied of thermal condition inside the prayer room by measurement of field data and using simulation program CFD will be concluded that air temperature at inside the prayer room above thermal comfort based on recommendation reference standard temperature, but as a whole the prayer room assessed goodness (giving neutral and cool sensation) according to questionnaire, because wind which enter or given to ventilation natural and mechanical exist in the prayer room.

Keywords : mosques, distribution airflow and temperature, thermal comfort, CFD

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
HALAM PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	2
1.4 PEMBATAAN PENELITIAN	3
1.5 METODE PENELITIAN	3
1.6 SISTEMATIKA PENELITIAN	4
BAB 2 LANDASAN TEORI	6
2.1 ALIRAN UDARA	6
2.1.1 Penjelasan Umum	6
2.1.2 Mekanisme Aliran Udara	7

2.2	VENTILASI	9
2.2.1	Penjelasan Umum	9
2.2.2	Jenis-jenis Ventilasi	10
2.3	PERPINDAHAN PANAS (HEAT TRANSFER)	13
2.4	KENYAMANAN TERMIS (THERMAL COMFORT) ...	16
2.4.1	Penjelasan Umum	16
2.4.2	Faktor-faktor Yang Berpengaruh Terhadap Kenyamanan Termis	17
2.4.3	Pengukuran Tingkat Kenyamanan Termis	18
2.4.4	Permasalahan Kenyamanan termis	20
2.4.5	Acuan Kenyamanan Termis	22
2.5	COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)	23
2.5.1	Penjelasan Umum	23
2.5.2	Komponen Utama CFD	24
2.5.3	Program yang digunakan dalam CFD	26
2.6	STATISTIK	27
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN, PENGAMBILAN DATA, PEMODELAN DAN SIMULASI	31
3.1	METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1.1	Pendahuluan	31
3.1.2	Objek, Tempat dan Waktu Penelitian	32
3.1.3	Peralatan dan Alat Ukur	32
3.1.4	Alur Kerangka Penelitian	33

3.2	PENGAMBILAN DATA	33
3.2.1	Data Bangunan	33
3.2.2	Data Kuesioner	35
3.3	PEMODELAN	36
3.3.1	Cara dan Hasil Pengukuran	37
3.2.2	Hasil Pengukuran	38
3.4	SIMULASI	42
3.4.1	Pembuatan Simulasi pada FLOVENT	43
3.4.2	Validasi Model Simulasi	46
BAB 4	HASIL DAN ANALISA PENELITIAN	49
4.1	HASIL PENGUKURAN	49
4.1.1	Hasil Pengukuran Eksperimen	49
4.1.2	Hasil Simulasi CFD	53
4.1.3	Hasil Kuesioner	59
4.2	ANALISA HASIL PENGUKURAN DAN SIMULASI ..	60
4.3	ANALISA HASIL KUESIONER	63
4.4	BEBAN PENDINGINAN YANG DIBUTUHKAN	64
BAB 5	KEIMPULAN DAN SARAN	65
5.1	KESIMPULAN	65
5.2	SARAN	67
	DAFTAR PUSTAKA	68
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Aliran udara karena faktor angin	7
Gambar 2.2 Aliran udara karena faktor suhu	8
Gambar 2.3 Aliran udara karena bentuk bangunan	8
Gambar 2.4 Aliran udara karena peralatan mekanik yang digunakan	9
Gambar 2.5 Contoh proses perpindahan panas konduktif	13
Gambar 2.6 Contoh proses perpindahan panas konvektif	14
Gambar 2.7 Contoh proses perpindahan panas radiatif	15
Gambar 2.8 Contoh proses Absorpsi	15
Gambar 2.9 Grafik hubungan PMV dan PPD	19
Gambar 2.10 Proses simulasi dan visualisasi pada FLOVENT	27
Gambar 2.11 Skema umum dalam melakukan estimasi mean populasi	29
Gambar 3.1 Skema alur kerangka penelitian	33
Gambar 3.2 Data bangunan yang diberikan dalam program Sketcup 5	34
Gambar 3.3 Data bangunan lantai dua kondisi aktual pada AutoCAD	34
Gambar 3.4 Form kuesioner	35
Gambar 3.5 Lokasi titik-titik pengukuran	36
Gambar 3.6 Skema alur pemodelan	36
Gambar 3.7 Skema proses (a) pembuatan geometri dan simulasi (b) pada FLOVENT	42
Gambar 4.1 Grafik data distribusi kecepatan udara pada setiap lokasi pengukuran	48

Gambar 4.2	Grafik distribusi temperature Udara	49
Gambar 4.3	Grafik data distribusi kelembaban udara	50
Gambar 4.4	Grafik-grafik data distribusi temperature dan kelembaban pada setiap titik-titik lokasi pengukuran	51
Gambar 4.5	Gambar pada bidang, distribusi temperatur pada setiap titik-titik lokasi pengukuran yang untuk divalidkan dengan data pengukuran	52
Gambar 4.6	Distribusi dan vektor kecepatan temperature secara horizontal (pada bidang Y dengan ketinggian 1,7 m)	53
Gambar 4.7	Gambar distribusi dan vektor kecepatan temperatur secara vertikal (pada bidang X dan Z) pada lokasi-lokasi pengukuran	54
Gambar 4.8	Gambar aliran dan distribusi kecepatan udara secara bidang ($Y = 1,7\text{m}$) dan lintasan yang berasal dari bukaan-bukaan yang ada	55
Gambar 4.9	Gambar PMV dan PPD pada bidang $Y = 1,7\text{ m}$	56
Gambar 4.10	Grafik hasil kuesioner pada hari Jumat, tanggal 5 Desember 2008 Keadaan cuacanya cerah	57
Gambar 4.11	Grafik hasil kuesioner pada Jumat, tanggal 19 Desember 2008 Keadaan Cuaca berawan (pagi s.d siang) ; Sore hujan ringan	58
Gambar 4.12	Nilai ukur dan simulai serta error temperature udara	59
Gambar 4.13	Beban pendinginan yang dibutuhkan	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Skala PMV	19
Tabel 3.1	Distribusi sensasi termis dari seluruh responden	35
Tabel 3.2	Data Laju kecepatan udara dan temperature (dari anemometer)	38
Tabel 3.3	Data laju kelembaban udara dan temperatur (dari Hygrometer)	39
Tabel 3.4	Data temperatur dan Kelembaban udara	41
Tabel 4.1	Data distribusi kecepatan udara	47
Tabel 4.2	Data distribusi Temperatur Udara	48
Tabel 4.3	Data distribusi Kelembaban Udara	49
Tabel 4.4	Nilai ukur dan simulai serta error temperatur udara	59

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Bangunan yang baik, bukanlah bangunan yang sekedar indah, namun juga harus memperhatikan aspek kenyamanan. Dalam hal ini masjid sebagai ruang ibadah juga harus mempertimbangkan aspek kenyamanan tersebut dalam pembangunannya. Unsur kenyamanan meliputi kenyamanan termis, akustik, dan visual termasuk kualitas udara dalam ruangan yang dipengaruhi oleh semua elemen yang berada dalam ruangan itu sendiri, termasuk fungsi ruangan dan sistem tata udaranya.

Untuk memenuhi segala jenis kenyamanan tersebut, sistem tata udara pada bangunan mempunyai peran yang sangat penting dalam mengendalikan suhu, kelembaban udara, kualitas udara dan pergerakan udara dan suhu sehingga kondisi kenyamanan dalam hal ini dari segi kenyamanan termis yang dibutuhkan pada suatu ruangan dapat terpenuhi sesuai standar yang berlaku dan diinginkan.

Dengan adanya sistem tata udara dalam hal ini tata udara yang tidak dikondisikan (ventilasi alami) memungkinkan terjadinya pergerakan atau pergantian udara dari dalam ke luar ruangan atau sebaliknya yang dapat mengendalikan tingkat kenyamanan pada ruangan tersebut. Dengan udara yang selalu bergerak tersebut diharapkan kondisi udara di dalam ruangan akan sesuai yang standard dan diinginkan serta bertambah baik, meliputi kenyamanan dan kualitasnya. Untuk menghasilkan distribusi aliran udara dan suhu dalam ruang yang standard dan diinginkan, diperlukan analisis sifat dan pola aliran serta distribusi udara dalam ruang tersebut.

Untuk pemecahan analisis aliran udara dan perpindahan kalor dalam ruangan dapat dilakukan dengan CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Metode CFD menggunakan analisis numerik yaitu kontrol volume sebagai elemen dari integrasi persamaan-persamaan yang terdiri atas persamaan keseimbangan massa, momentum dan energi, sehingga penyelesaian persamaan untuk benda dua atau tiga dimensi lebih cepat dan dapat dilakukan secara simultan/bersamaan. Dalam hal ini program yang digunakan dalam CFD untuk menyelesaikan permasalahan aliran udara dan perpindahan kalor pada ruangan tersebut yang digunakan yaitu dengan program FLOVENT.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Dari beberapa hal yang melatar belakangi permasalahan tersebut diatas, maka penulis ingin melakukan penelitian terhadap berbagai faktor-faktor sebagai parameter kondisi aspek kenyamanan dari segi nyaman termis pada bangunan masjid, khususnya ventilasi alami sebagai usaha mengkondisikan udara dalam bangunan masjid yang menjadi objek penelitian. Penelitian ini dilaksanakan melalui permodelan dengan simulasi komputer dengan menggunakan program yang berbasis CFD (*Computational Fluid Dynamics*) untuk mempelajari distribusi aliran udara dan temperatur serta kenyamanan termis pada ruangan. Dan untuk mendukung pernyataan atau hasil dari analisis penelitian ini serta ingin mengetahui bagaimana pendapat orang terhadap kondisi thermal yang dirasakan dilakukan kuesioner terhadap orang yang melakukan aktivitas pada ruangan tersebut.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Melakukan modeling dan simulasi serta menganalisis sistem tata udara (ventilasi alami) dalam hal ini distribusi udara dan temperaturnya untuk mengetahui karakteristik visualisasi pada ruangan ibadah tersebut menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dalam hal ini menggunakan program FLOVENT.

UNIVERSITAS INDONESIA

1.4 PEMBATASAN PENELITIAN

Melakukan simulasi dan modeling distribusi udara dan temperatur, dengan objek yang menjadi penelitian adalah Masjid At-Tauhid Arif Rachman UI Salemba. Berdasarkan keadaan aktual dan pengambilan data pada tanggal 22 November 2008 sebagai input pada program CFD. Dan untuk mendukung pernyataan atau hasil dari analisis penelitian ini serta ingin mengetahui bagaimana pendapat orang terhadap kondisi thermal yang dirasakan dilakukan kuesioner terhadap orang yang melakukan aktivitas pada ruangan tersebut pada hari Jumat tanggal 5 Desember 2008 dan hari Jumat tanggal 19 Desember 2008.

Penelitian ini penulis lakukan bersama dengan seorang mahasiswa rekan skripsi, sehingga dengan demikian terdapat beberapa kesamaan dalam laporan skripsi yang diajukan ini. Pembahasan hasil simulasi program CFD akan difokuskan pada distribusi kecepatan aliran udara, pola aliran udara, dan distribusi temperatur udara di dalam ruangan pada lantai dua.

1.5 METODE PENELITIAN

Metode sumber dan pengumpulan data serta informasi sebagai berikut:

1. Sumber data dan informasi :

- Data dan informasi primer diperoleh dari staff pembangunan Masjid At-Tauhid Arif Rachman Salemba UI.
- Data dan informasi sekunder diperoleh dari Pengumpulan data dan informasi yang dilakukan antara lain berasal dari : pengamatan (observasi), wawancara, kuesioner, tinjauan kepustakaan yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas pada penulisan skripsi dengan membaca buku-buku, diktat, jurnal, dan literatur lainnya baik yang ada diperpustakaan maupun mencarinya melalui internet.

2. Pengambilan data dibagi menjadi dua yaitu: pengambilan data penelitian dan pengambilan data untuk masukkan data pada program CFD (Computational Fluids Dynamic).
3. Simulasi Numerik, simulasi dilakukan dengan menggunakan program *Flovent* sebagai perangkat lunak CFD (Computational Fluids Dynamic).

SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan skripsi ini adalah berdasarkan isi dari setiap bab yang terdapat pada skripsi ini, yaitu :

BAB I : Pendahuluan

Pada bab ini memuat latar belakang permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan yang digunakan.

BAB II : Landasan Teori

Pada bab ini membahas tentang penjelasan umum dan mekanisme tentang aliran udara, penjelasan umum jenis-jenis, kerugian dan keuntungan tentang ventilasi, penjelasan umum dan jenis-jenis perpindahan panas, penjelasan umum, faktor-faktor yang berpengaruh, pengukuran tingkat kenyamanan, permasalahan kenyamanan, acuan yang disyaratkan tentang kenyamanan termis dan penjelasan umum, komponen utama CFD dan program CFD yang digunakan dalam skripsi ini. Dan Statistik.

BAB III : Metodologi Penelitian, Pengambilan data, Pemodelan dan Simulasi

Pada bab ini membahas tentang bagaimana penelitian ini dilakukan, proses pengambilan data dan proses cara pembuatan model dan simulasi dilakukan. Dan data hasil kuesioner yang dilakukan.

BAB IV : Hasil dan Analisa

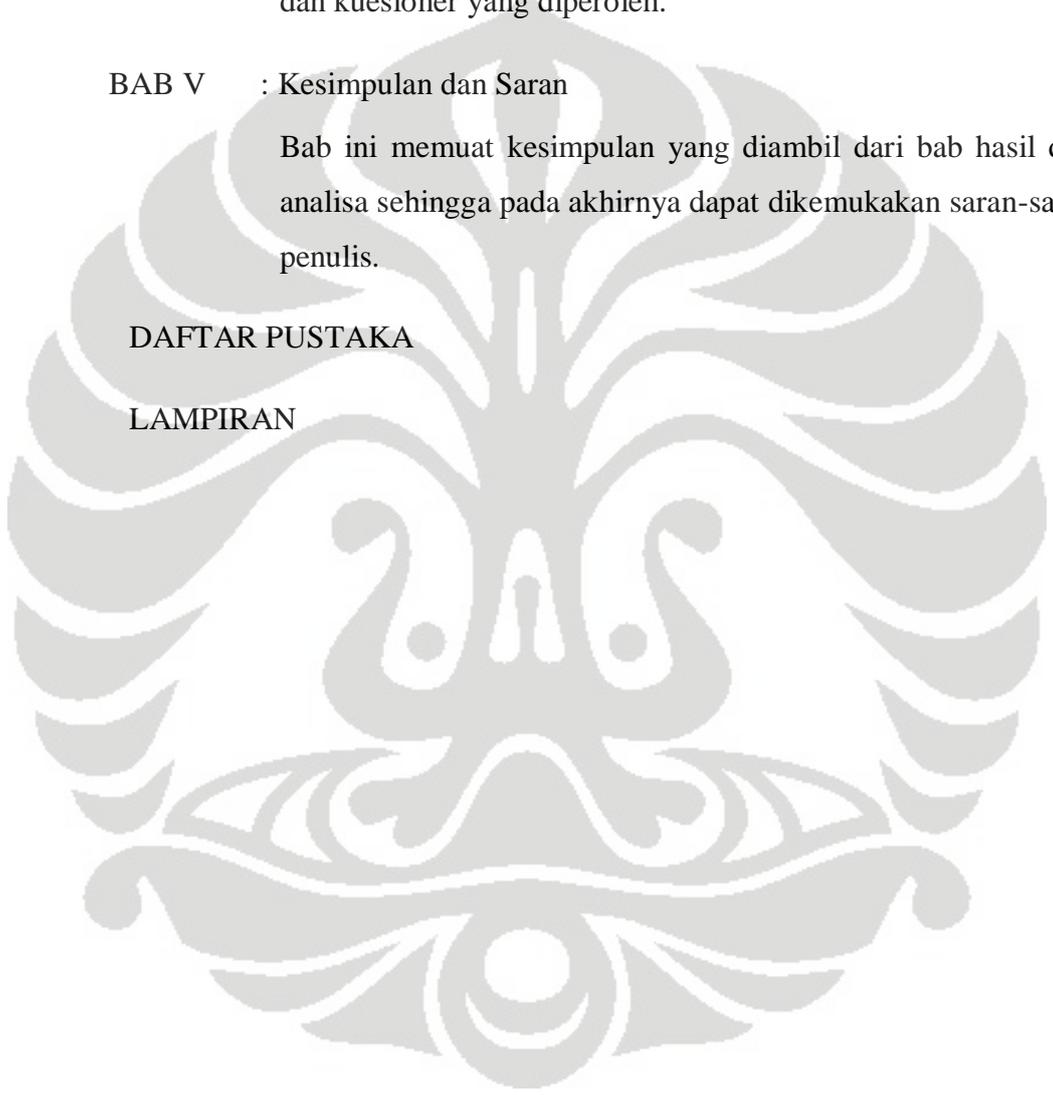
Pada bab ini memuat hasil-hasil dari proses simulasi pada program FLOVENT dan pengolahan data kuesioner, sedangkan analisa membahas dari hasil data aktual di bandingkan dengan hasil simulasi dan standar kenyamanan yang digunakan sebagai validasi data simulasi CFD tersebut dan kuesioner yang diperoleh.

BAB V : Kesimpulan dan Saran

Bab ini memuat kesimpulan yang diambil dari bab hasil dan analisa sehingga pada akhirnya dapat dikemukakan saran-saran penulis.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



UNIVERSITAS INDONESIA

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 ALIRAN UDARA

2.1.1 Penjelasan Umum

Udara merupakan elemen yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Tanpa ada udara manusia tidak dapat bertahan hidup. Ventilasi (Ventus, wind, angin) adalah aliran udara, baik di ruang terbuka maupun tertutup (di dalam ruangan), maka dengan adanya ventilasi di dalam ruangan akan memudahkan pergerakan udara dari luar ruang masuk ke dalam ruangan atau sebaliknya, sehingga ada pergantian udara, disamping itu ventilasi juga dapat mengendalikan suhu, kelembaban udara, kualitas udara dan pergerakan udara dan suhu sehingga kondisi kenyamanan termal yang dibutuhkan dapat terpenuhi.

Sistem ventilasi adalah masalah pergerakan udara dimana udara dalam ruangan selalu mengalir sehingga udara yang buruk selalu berganti dengan udara yang bersih. Dengan udara yang selalu bergerak diharapkan kondisi udara di dalam ruangan akan bertambah baik, meliputi kenyamanan dan kualitasnya. Ventilasi dapat berjalan secara alami (natural) ataupun mekanikal (buatan) dengan menggunakan bantuan alat.

Angin merupakan udara yang bergerak. Dan udara bergerak karena adanya gaya yang diakibatkan oleh perbedaan tekanan dan perbedaan suhu. Kedua pola ini dapat diatur dalam perancangan ruang-ruang yang harus saling mendukung dan tidak saling berlawanan. Besarnya tekanan angin pada bangunan tergantung pada banyak faktor, yaitu kecepatan angin itu sendiri, ukuran dan bentuk geometri dari bangunan serta sudut datangnya angin. Lubang ventilasi dan penempatannya harus dirancang demikian agar dapat memenuhi kebutuhan pengaturan udara dalam ruang. Gaya apung (buoyancy, stack effect) adalah gaya gerak udara ke atas akibat perbedaan suhu.

Aliran udara dalam bangunan dapat memberikan tingkat kenyamanan tanpa menggunakan sistem pendinginan udara aktif. Aliran udara mempengaruhi tingkat kenyamanan termis dengan menurunkan resiko pemanasan lokal dan memperbaiki tingkat evaporasi keringat. Gerakan udara menimbulkan pelepasan panas oleh permukaan kulit, selama temperatur udara lebih rendah dari temperatur kulit.

2.1.2 Mekanisme Aliran udara

Mekanisme aliran udara terjadi karena adanya beberapa faktor yang menyebabkan atau membentuk aliran itu terjadi, yaitu karena :

1. Faktor angin yaitu karena adanya perbedaan tekanan.

Angin yang bertiup atau menerpa dengan kecepatan dan arah tertentu pada bangunan dapat menimbulkan perbedaan tekanan pada lokasi yang berbeda dan menghasilkan distribusi tekanan pada bangunan, yang akan mengakibatkan tekanan positif maka akan terjadi aliran udara masuk melalui bukaan atau lubang-lubang pada bangunan bidang penerima angin datang, dan mengakibatkan tekanan negatif maka akan terjadi aliran udara keluar dari bangunan bidang yang berlawanan, dan pada bidang-bidang samping.

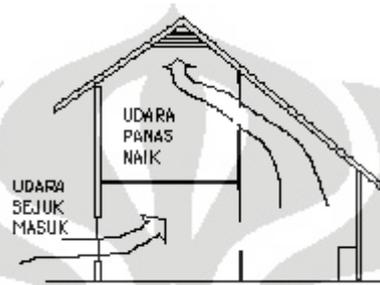


Gambar 2.1 Aliran udara karena faktor angin

2. Faktor termal yaitu karena adanya perbedaan temperatur dibawah dan atas ruangan dan diluar ruang dengan temperatur didalam ruangan.

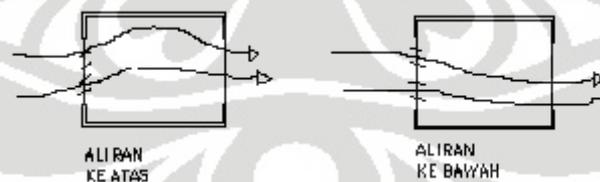
Aliran udara dalam ruang juga dapat terjadi karena perbedaan suhu udara, yang secara vertikal karena perbedaan temperatur di bawah dan diatas ruangan tersebut. Udara yang lebih dingin akan bergerak ke atas ruangan tersebut atau sebaliknya, karena perbedaan masa jenis udaranya. Secara

horizontal bila suhu udara dalam ruang lebih tinggi dari pada udara diluar, maka udara dari luar akan masuk melalui lubang-lubang atau bukaan yang ada. Bila yang terjadi adalah sebaliknya, maka udara didalam ruangan yang lebih panas ke luar bangunan melalui lubang-lubang atau bukaan yang ada.



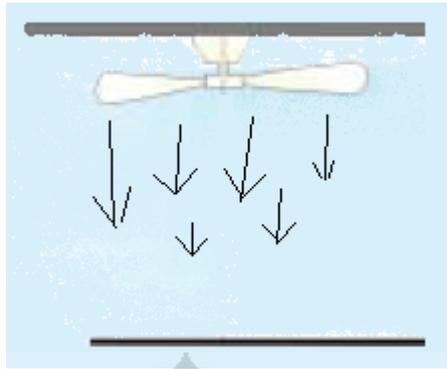
Gambar 2.2 Aliran udara karena faktor suhu

3. Faktor bentuk bangunan, yaitu karena adanya beragam bentuk yang dapat mempengaruhi atau membentuk aliran udara tersebut. Seperti contoh pada gambar 2.3 bentuk-bentuk yang berbeda pada lubang atau bukaan misalnya pada jendela akan mengasilkan pola atau mekanisme aliran udara yang berbeda-beda tergantung jenis bukaan tersebut.



Gambar 2.3 Aliran udara karena bentuk bangunan

4. Faktor atau bersumber dari peralatan mekanikal (buatan) yang digunakan pada ruangan tersebut. Misalnya kipas angin yang dipasang pada ruang akan menyebabkan atau terbentuk aliran udara dari kipas angin tersebut sesuai dari peralatan yang digunakan tersebut.



Gambar 2.4 Aliran udara karena peralatan mekanik yang digunakan

2.2 Ventilasi

2.2.1 Penjelasan Umum

Ventilasi yang dimaksud disini adalah proses pemasukan atau penggantian udara (bersih/segar) dari luar baik dan pengeluaran udara yang berkualitas buruk atau kurang baik dari dalam ruangan secara alami maupun dengan bantuan alat mekanis. Dengan udara yang selalu bergerak diharapkan kondisi udara di dalam ruangan akan bertambah baik, meliputi kenyamanan dan kualitasnya. Jadi dengan adanya Ventilasi digunakan untuk mengendalikan suhu, kelembaban udara, kualitas udara dan pergerakan udara dan suhu sehingga panas dalam ruangan dapat diminimalisir dan kondisi kenyamanan termal yang dibutuhkan dapat terpenuhi.

Ventilasi terjadi jika terdapat perbedaan tekanan udara. Ventilasi dengan tekanan udara tertentu dapat mempengaruhi kecepatan pergerakan udara, arah pergerakan, intensitas dan pola aliran serta rintangan setempat. Laju ventilasi diukur dengan satuan massa udara per unit waktu. Laju ventilasi minimum pada ruangan biasanya didasarkan pada kebutuhan pergerakan udara untuk kontrol kelembaban. Gangguan ventilasi udara berupa kurangnya udara segar yang masuk, serta buruknya distribusi udara dan kurangnya perawatan sistem ventilasi udara. Sehingga menyebabkan sirkulasi udara yang kurang lancar, suhu dan kelembaban udara yang tidak nyaman.

Dengan adanya ventilasi, dapat menciptakan atau memperoleh sensasi nyaman dan sejuk atau kualitas serta kenyamanan dalam ruangan bagi orang yang berada didalamnya karena memberikan hembusan angin yang mengenai kulitnya

UNIVERSITAS INDONESIA

ataupun mengambil panas (terjadi perpindahan panas) benda atau pun badan (kulit) tersebut ke udara dengan memanfaatkan aliran atau pergerakan angin secara alami maupun dengan bantuan peralatan (mekanik). Besar/jumlah angin dan pergerakan atau aliran angin tersebut bila prosesnya berlangsung terus menerus dapat menipu atau membuat perasaan kita tentang temperatur udara tersebut agar kita merasakan lebih nyaman dan sejuk, walaupun temperatur udaranya sama atau tinggi (terhadap kondisi acuan temperatur kenyamanan thermal) di dalam ruangan tersebut ataupun dapat menurunkan temperatur udara dalam ruangan tersebut.

2.2.2 Jenis-Jenis Ventilasi

Ventilasi dapat berjalan secara alami (natural) ataupun mekanikal (buatan) dengan menggunakan bantuan alat.

1. Ventilasi alami

Adalah pergantian udara secara alami (tidak melibatkan peralatan mekanis, seperti mesin penyejuk udara yang dikenal dengan air conditioner (AC), kipas angin, penghisap dsb). Ventilasi alami menawarkan ventilasi yang sehat, nyaman, dan tanpa energi tambahan.

Ventilasi alami dipicu oleh perbedaan tekanan karena pergerakan angin di luar bangunan dan/atau perbedaan suhu dalam ruang. Sehingga banyak tergantung pada kekuatan angin dan perbedaan tekanan udara serta temperatur di luar dan di dalam ruangan dan untuk ventilasi alami, diperlukan lubang-lubang ventilasi guna memasukan atau mengeluarkan udara dalam ruangan. Laju pertukaran udara pada ventilasi dipengaruhi oleh total luas bukaan, arah bukaan, kecepatan angin dan perbedaan temperatur di luar dan di dalam ruangan. Sehingga mempengaruhi atau membentuk pola aliran dan distribusi udara dalam ruangan yang dapat menentukan besarnya distribusi suhu dan kelembaban udara serta temperatur dalam ruangan.

Tentang ventilasi alami dalam bangunan-bangunan tropis lembab (Indonesia), beberapa aspek yang diteliti adalah : perilaku aliran

UNIVERSITAS INDONESIA

udara dalam ruangan akibat arah dan kecepatan angin di luar bangunan di zone bebas, pengaruh konfigurasi bukaan (inlet dan outlet), bentuk atap dan peletakan aksesoris bukaan seperti posisi dan jenis jendela serta bentuk dan peralatan yang ada di dalam ruangan tersebut. Kontrol manual sistem ventilasi alami dapat dilakukan dengan pembukaan dan penutupan lubang ventilasi serta pengaturan bukaan pada dinding. Pengaturan ventilasi alami agar tetap kontinu sulit dilakukan karena proses aliran udara dipengaruhi oleh temperatur, kecepatan dan arah angin yang tidak mudah dikendalikan.

Namun untuk merancang ventilasi alami perlu dipikirkan syarat awal, yaitu : (1) tersedianya udara luar yang sehat (bebas dari bau, debu, dan polutan lain yang mengganggu), (2) suhu udara luar tidak terlalu tinggi (maksimal 28 °C), (3) tidak banyak bangunan disekitar yang akan menghalangi aliran udara horizontal (sehingga angin berhembus lancar), dan (4) lingkungan tidak bising. Jika syarat awal tidak dipenuhi, maka sebaiknya tidak dipaksakan memakai ventilasi alami karena justru akan merugikan.

Kerugian dan keuntungan ventilasi alami

Ventilasi alami mempunyai beberapa kerugian diantaranya : (1) suhu, kecepatan angin (pertukaran atau aliran udara) dan kelembaban tidak mudah diatur karena adanya pertukaran udara dan kecepatan angin yang tidak konstan/berubah-ubah (2) kualitas udara tidak mudah diatur (debu, bau, polusi lain dsb), (3) gangguan lingkungan (kebisingan, serangga, debu dsb) sulit dicegah, (4) aliran udara kedalam ruang yang terlalu dalam atau terdapat halangan dan ruang-ruang yang berjajar pada arah melebar atau arah tebal ruangan, biasanya tidak mungkin terjadi atau sampai.

Dari beberapa kerugian atau keterbatasan dari ventilasi alami diatas dapat dibantu dengan ventilasi buatan secara mekanik (dengan menggunakan

peralatan), guna tetap menjaga dan mengontrol kualitas dan kenyamanan dalam ruangan tersebut.

Ventilasi alami mempunyai beberapa keuntungan diantaranya : (1) biayanya relative lebih murah dibandingkan dengan ventilasi mekanik, (2) tidak dibutuhkan ruangan untuk peralatan mekanik, (3) pemeliharaan yang relative mudah dan dapat dikatakan sangat minim atau hampir tidak ada, dsb.

2. Ventilasi buatan (mekanik)

Adalah pergantian udara yang tidak secara alami atau melibatkan peralatan mekanis, (seperti mesin penyejuk udara yang dikenal dengan air conditioner (AC), fan, blower, exhaust dsb). Ventilasi buatan dapat membantu atau menyediakan dan mengontrol serta memasukan atau pun mengisap aliran udara ke dalam bangunan (ruangan) dimana ventilasi secara alami tidak dapat memberikan atau karena keterbatasannya tersebut, sehingga kualitas dan kenyamanan dalam ruangan tersebut dapat terpenuhi. Ada juga ventilasi buatan yang dapat mengurangi panas udara dalam ruangan dengan cara menghisap udara panas yang ada dalam ruangan sehingga panas tersebut dapat diminimalisir. Namun dengan ventilasi buatan ini memberikan atau memperhitungkan menambah biaya operasiaonal, biaya pemeliharaan dan biaya penggantian dalam penggunaannya.

Kerugian dan keuntungan ventilasi buatan

Ventilasi buatan mempunyai beberapa kerugian diantaranya : (1) Mahal dan memerlukan biaya yang lebih besar dibandingkan dengan ventilasi alami disebabkan membutuhkan peralatan mekanik/bantuan dan memperhitungkan biaya pemasangan, operasional, pemeliharaan dan pergantian dalam penggunaannya, (2) karena ventilasi buatan menggunakan atau memerlukan dinding-dinding partisi atau celing (langit-langit) dalam penggunaannya menyebabkan dapat menghalangi

aliran udara dan membutuhkan ruangan untuk peralatannya dalam ruangan tersebut.

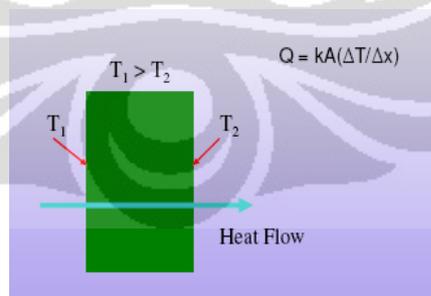
Keuntungan ventilasi buatan yaitu dapat mengendalikan pertukaran atau menyediakan serta menjaga aliran udara dan temperatur sehingga kualitas dan kenyamanan dalam ruangan tersebut dapat terpenuhi.

2.3 Perpindahan panas (Heat transfer)

Adalah proses perpindahan kalor dari benda yang lebih panas ke benda lain yang kurang panas. Suatu Bangunan dalam hal ini ruangan akan mendapatkan perolehan dan kehilangan panas dan massa dari dan ke lingkungan sekitarnya melalui proses perpindahan panas dan massa secara konduksi, konveksi dan radiasi yang mengakibatkan adanya distribusi udara dan suhu dalam bangunan.

1. Perpindahan panas konduktif (Conductive heat transfer) adalah perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas melalui kontak (sentuhan).

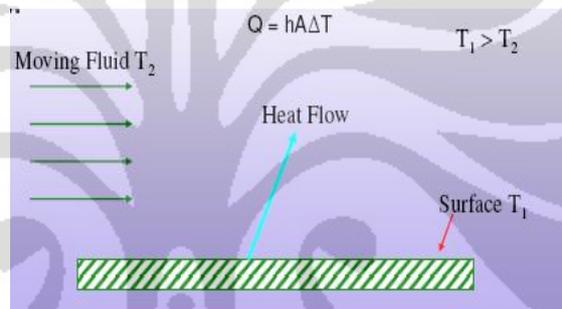
Pada bangunan Perpindahan panas secara konduksi terjadi diantaranya pada penutup/kerangka (atap, dasar/lantai, dinding, sekat/pembatas dsb) bangunan. Perpindahan panas konduksi dipengaruhi oleh konduktivitas bahan, suhu lingkungan, konduktivitas bahan, tebal bahan dan waktu. Semakin besar nilai konduktivitasnya, bahan tersebut semakin cepat merambatkan panas.



Gambar 2.5 Contoh proses perpindahan panas konduktif

2. Perpindahan panas konvektif (Convective heat transfer) adalah perpindahan panas dari benda lebih panas ke benda yang kurang panas melalui aliran angin (atau zat alir lainnya).

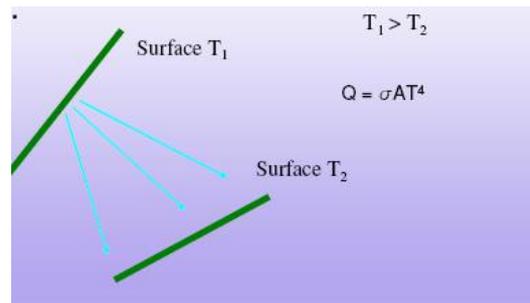
Pada bangunan Perpindahan panas secara konvektif terjadi diantaranya pada atap bangunan, manusia, lantai, serta bangunan penopangnya seperti dinding, kerangka dan peralatan lainnya serta aliran udara yang masuk dan keluar melalui bukaan ventilasi. Perpindahan panas konveksi dipengaruhi oleh koefisien konveksi udara, kecepatan angin, suhu lingkungan, waktu dan luasan daerah konveksi. Semakin besar nilai koefisien konveksi dan kecepatan angin, maka akan semakin cepat keseimbangan panas dalam ruangan konveksi.



Gambar 2.6 Contoh proses perpindahan panas konvektif

3. Perpindahan panas radiatif (Radiative heat transfer) adalah perpindahan panas dari benda yang lebih panas ke benda yang kurang panas dengan cara pancaran.

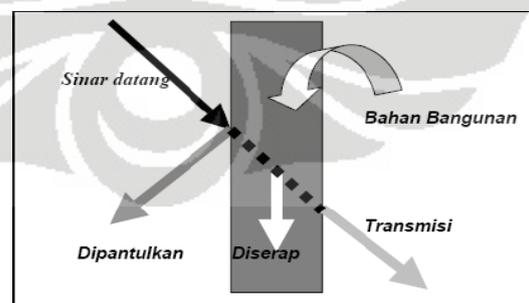
Pada bangunan Perpindahan panas secara radiatif terjadi diantaranya pada radiasi yang dipancarkan oleh matahari, manusia dan bangunan itu sendiri satu sama lain terhadap lingkungan di sekitarnya. Pindah panas secara radiasi dipengaruhi oleh besarnya radiasi matahari atau bahan, kecepatan angin dan suhu lingkungan. Panas lainnya yang ditimbulkan oleh penghuni atau peralatan yang ada di dalam bangunan/ruangan juga harus dapat diperhitungkan.



Gambar 2.7 Contoh proses perpindahan panas radiatif

4. Absorpsi (absorption, penyerapan)

Adalah kemampuan benda menyerap radiasi matahari. Bilangan serap (α) menunjukkan berapa bagian radiasi yang datang di serap. Sebagai contoh, $\alpha=0,7$ menunjukkan bahwa 0,7 bagian radiasi akan diserap dan 0,3 akan dipantulkan. Radiasi matahari (gelombang pendek) yang diserap ini akan menjadi panas dan menyebabkan suhu benda bertambah. Panas ini akan dibuang (dipancarkan) kembali dalam bentuk gelombang panjang. Kemampuan bahan untuk memancarkan panas kembali dinamakan *emisivitas*, biasanya diberi notasi e . Misalnya, sebuah bahan memiliki $e=0,8$ berarti 0,8 panas akan dipancarkan kembali ke lingkungan sekitar. Proses ini akan menyebabkan suhu turun. Oleh karena itu, sebenarnya panas yang tertahan benda adalah $(\alpha)(1-e)$, dimana : α = Bagian radiasi yang diserapi dan e = Kemampuan bahan untuk memancarkan kembali ke lingkungan (*emisivitas*).



Gambar 2.8 Contoh proses Absorpsi

2.4 Kenyamanan Termis (thermal comfort)

2.4.1 Penjelasan Umum

Dalam bahasa Inggris kata comfort (nyaman) diartikan sebagai bebas dari rasa sakit atau bebas dari masalah, sedangkan pengertian, kenyamanan termis (suhu) yaitu suatu kondisi perasaan (merasa tidak kepanasan atau kedinginan serta perasaan yang tidak menyebabkan ketidaknyamanan) dalam pikiran manusia yang menggambarkan kepuasan terhadap lingkungan termis disekelilingnya. Kenyamanan dan perasaan nyaman adalah penilaian komprehensif seseorang terhadap lingkungannya. Oleh karena itu, kenyamanan tidak dapat diwakili oleh satu angka (parameter atau faktor) tunggal, melainkan banyak faktor untuk dapat penilaian terhadap kondisi tersebut dan juga lebih menyangkut pada penghuni bukan pada bangunannya.

Ilmu kenyamanan termis juga hanya membatasi pada kondisi udara tidak ekstrim (moderate thermal environment), dimana manusia masih dapat mengantisipasi dirinya terhadap perubahan suhu udara di sekitarnya. Dalam kondisi yang tidak ekstrim ini terdapat daerah suhu dimana manusia tidak memerlukan usaha apapun, seperti halnya menggigil atau mengeluarkan keringat, dalam rangka mempertahankan suhu tubuhnya agar tetap berkisar pada 37° C. Daerah suhu inilah yang kemudian disebut dengan suhu netral atau nyaman. dinyatakan bahwa suhu nyaman diperlukan manusia untuk mengoptimalkan produktifitas kerja. Dalam kenyamanan termis, manusia merasakan sensasi panas atau dingin sebagai wujud respon dari sensor perasa pada kulit terhadap stimuli suhu di sekitarnya. Apabila suhu udara di sekitar tubuh manusia lebih tinggi dari suhu nyaman yang diperlukan, aliran darah pada permukaan tubuh atau anggota badan akan meningkat dan ini akan meningkatkan suhu kulit. Peningkatan suhu ini bertujuan untuk

UNIVERSITAS INDONESIA

melepaskan lebih banyak panas secara radiasi dari dalam tubuh ke udara di sekitarnya. Proses pengeluaran keringat akan terjadi pada suhu udara yang lebih tinggi lagi, sebagai tindak lanjut dari usaha pelepasan panas tubuh melalui proses penguapan. Pada situasi dimana suhu udara lebih rendah dari yang diperlukan tubuh, peredaran darah ke permukaan tubuh atau anggota badan dikurangi. Hal ini merupakan usaha tubuh untuk mengurangi pelepasan panas ke udara disekitarnya. Pada situasi ini pada umumnya tangan atau kaki menjadi dingin dan pucat. Otot-otot akan berkontraksi dan tubuh akan meinggigil pada suhu udara yang lebih rendah lagi. Hal ini merupakan usaha terakhir tubuh untuk memperoleh tambahan panas melalui peningkatan proses metabolisme. Pada kondisi lebih ekstrim, baik terlalu panas ataupun terlalu dingin, manusia mungkin tidak lagi mampu bertahan untuk hidup. Dan karena tubuh manusia memiliki variasi antara satu dengan yang lainnya, seperti halnya gemuk, kurus, kekar dsb, ada kecenderungan bahwa suhu nyaman yang dimiliki oleh tiap-tiap individu berbeda. Untuk itu, secara teori tidak akan pernah terjadi bahwa sekelompok manusia dapat merasakan nyaman seluruhnya apabila ditempatkan dalam suatu ruang yang memiliki suhu yang sama.

2.4.2 Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kenyamanan termis.

Dalam penilaian tentang kenyamanan termis, menurut teori Fanger dinyatakan bahwa kondisi kenyamanan termis hanya ditentukan oleh 6 faktor kenyamanan termis (4 faktor iklim/lingkungan dan 2 faktor manusia/individu). Faktor iklim/lingkungan yang mempengaruhi terdiri dari suhu udara, kecepatan angin, kelembaban udara serta suhu rata-rata permukaan ruang (Mean Surface Radiant Temperatur), sedangkan faktor manusia/individu yang menentukan keadaan suhu nyaman yaitu laju metabolisme (jenis aktivitas) manusia tersebut dan jenis pakaian yang dikenakan. Dan menurut teori ini bahwa diluar ke 6 faktor tersebut, semua faktor lain (seperti

UNIVERSITAS INDONESIA

usia, jenis kelamin, bangsa, etnik, letak geografi, bentuk tubuh (kurus/gemuk), perubahan suhu, adaptasi dsb) tidak berpengaruh secara nyata (statistically significant) terhadap pemilihan suhu nyaman manusia. Dengan demikian pada kondisi dimana ke 6 faktor tersebut sama untuk sekelompok manusia sehat (tidak dalam keadaan sakit) tanpa memandang ke 6 faktor tersebut akan menyatakan tingkat (derajat) kenyamanan atau sensasi termis yang sama. Dengan teori ini dianggap dapat digunakan oleh siapa saja dan dimana saja atau dengan kata lain dapat digunakan secara universal untuk memprediksi tingkat kenyamanan dari sekelompok manusia yang berada pada ruang tertentu.

Namun, kenyamanan dan perasaan nyaman adalah penilaian komprehensif seseorang terhadap lingkungannya. Oleh karena itu, kenyamanan tidak dapat diwakili oleh satu angka (parameter atau faktor) tunggal, melainkan banyak faktor untuk dapat penilaian terhadap kondisi tersebut agar kondisi nyaman terpenuhi diantaranya parameter-parameter lain yang mempengaruhi diantaranya yaitu aliran/pergerakan udara, kualitas udara, suara/kebisingan, bau, pencahayaan, pengaruh radiasi, area dimana berada, bahan material yang digunakan, tata letak peralatan dan konstruksi, peralatan mekanik, jumlah sumber panas yang didalam ruangan tersebut dsb.

2.4.3 Pengukuran tingkat kenyamanan Termis

Untuk mengukur atau menilai dalam menyatakan tingkat kenyamanan termis suatu kondisi termis tertentu ukuran (index) atau parameter (suatu satuan/besaran (unit) dalam bentuk angka/skala dengan yang dapat digunakan untuk memperkirakan (memprediksi) dan mewakili ukuran rasa (sensasi) termis yang dialami oleh seseorang tau sekelompok orang dalam ruang atau lingkungan termis tertentu) yang digunakan yakni Prediksi Sensasi Termis Rata-rata

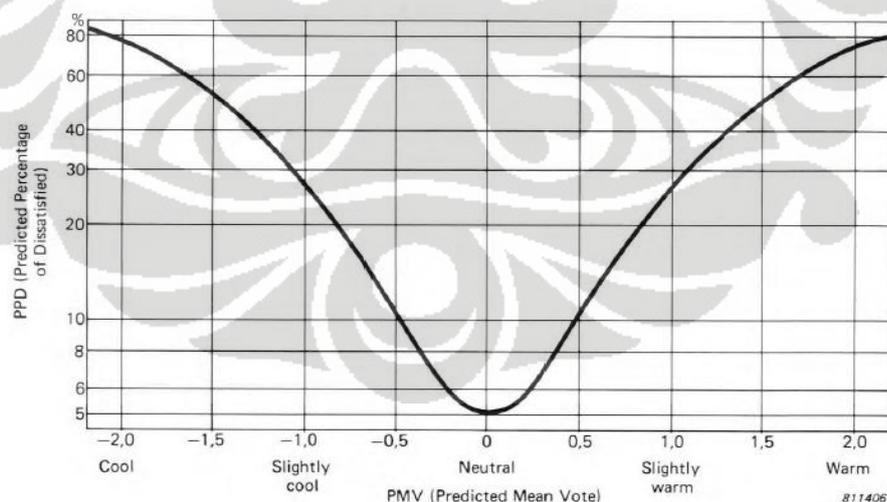
(Predicted Mean Vote (PMV)) dan Prediksi Prosentase Ketidaknyamanan (Predicted Percentage Dissatisfied (PPD)).

Skala index PMV ini digunakan untuk memperkirakan sejauh mana sensasi termik dari suatu kumpulan atau sekelompok manusia merasa nyaman atau tidak nyaman yang mengenakan pakaian sejenis atau dengan tahanan yang kurang lebih sama, melakukan aktifitas serupa atau tertentu yang sama dan berada pada suatu ruang tertentu atau yang secara termis dianggap homogen. Nilai PMV berkisar antara -3 dan +3 (dapat berupa angka pecahan).

Tabel 2.1 Skala PMV

Hot	Warm	Slightly warm	Neutral	Slightly Cool	Cool	Cold
Panas	Agak Panas	Hangat	Netral	Sejuk	Agak Dingin	Dingin
+3	+2	+1	0	-1	-2	-3

PPD memberikan prediksi nilai dari proporsi (dalam prosentase) dari sekelompok manusia yang diperkirakan akan merasa tidak nyaman secara termis ketika mereka berada dalam suatu ruang tertentu.



Gambar 2.9 Grafik hubungan PMV dan PPD

Berdasarkan grafik diatas pada kondisi termis apapun prosentase PPD tidak akan mencapai 0 % atau prosentase yang merasa nyaman

UNIVERSITAS INDONESIA

tidak mungkin mencapai 100 %, meskipun nilai $PMV = 0$ disana masih terdapat sekitar 5 % dari populasi manusia dalam kelompok tersebut yang masih merasa tidak nyaman, secara teori mungkin disebabkan karena adanya perbedaan variasi individu seperti usia, berat badan dsb dalam kelompok tersebut. Sementara itu rentang suhu nyaman dicapai apabila nilai PMV berada diantara + 0,5 hingga - 0,5 dimana pada kondisi ini PPD mencapai 10 % atau prosentase yang nyaman mencapai 90 %.

2.4.4 Permasalahan Kenyaman Termis

Seseorang dapat merasa ketidaknyamanan (discomfort) walupun kondisi termis sekelilingnya (lingkungannya) netral untuk tercapainya udara ruang yang nyaman atau memenuhi persyaratan kenyamanan. Keadaan semacam ini biasanya disebut dengan istilah ketidaknyamanan setempat (local discomfort).

Faktor-faktor yang menyebabkan kondisi ketidaknyamanan setempat tersebut diantaranya disebabkan oleh sebagai berikut :

1. Hembusan Udara Kencang (Draught)

Jika hembusan atau aliran udara yang mengenai hanya sebagian dari tubuh atau secara lokal kita dimana bagian tubuh yang lain tidak terkena serta memiliki ambang kecepatan diatas ambang tertentu (cukup kencang) dapat mengakibatkan efek ketidaknyamanan setempat meskipun sebagian besar tubuh yang lain merasa nyaman, karena Bertambahnya kecepatan aliran udara dan menurunnya temperatur dapat menghasilkan ketidaknyamanan. fenomena ini dipengaruhi oleh besarnya kecepatan udara rata-rata yang mengalir, turbulensi aliran udara atau nilai fluktuasi kecepatan udara yang mengalir dan besarnya temperatur udara yang mengalir.

2. Radiasi Panas Tidak Merata (Asymmetric Thermal Radiation)

Radiasi yang tidak merata yang mengenai sebagian dari tubuh manusia akan menyebabkan ketidaknyamanan setempat, meskipun ruang tersebut sebetulnya nyaman. Contohnya terjadi apabila langit-langit (ceiling) menerima panas dari penutup atap dan menyebabkan suhu bahan untuk ceiling tersebut akan naik. Akibat kenaikan suhu tersebut, ceiling akan memancarkan radiasi panas pada ruang yang berada dibawahnya. Manusia yang kebetulan sedang berada pada ruang tersebut akan menerima radiasi terutama pada bagian kepala atau bagian tubuhnya. Dalam keadaan ini akan terjadi perbedaan radiasi yang diterima oleh tubuh antara bagian atas dan bagian bawah dari tubuh manusia tersebut akibat panas radiasi yang tidak mengenai bagian tubuhnya yang tidak merata dan ini akan menimbulkan ketidaknyamanan termis pada manusia tersebut. Beberapa eksperimen membuktikan bahwa kondisi dengan langit-langit yang panas dengan jendela yang dingin menyebabkan ketidaknyamanan yang paling besar, sedangkan untuk langit-langit dingin dan jendela panas menghasilkan ketidaknyamanan yang paling kecil. Selama eksperimen, permukaan lainnya pada ruangan dibuat sedemikian rupa sehingga temperatur pada permukaan-permukaan tersebut besarnya sama.

3. Perbedaan Suhu Udara Secara Vertikal.

Secara umum dapat dikatakan bahwa suhu udara pada setiap titik dalam ruangan akan meningkat sesuai dengan ketinggian titik tersebut terhadap lantai. Ini terjadi karena udara panas akan berada di atas karena berat jenisnya lebih besar dari pada udara dingin yang berat jenisnya lebih rendah (gaya apung udara/ buoyancy). Karena perbedaan tersebutlah terjadi perbedaan suhu secara vertikal yang mengenai tubuh manusia tersebut, ini akan

menyebabkan ketidaknyaman setempat, meskipun secara keseluruhan tubuh dalam keadaan nyaman. Misalnya bagian kepala manusia tersebut akan merasakan panas (tidak nyaman), sedangkan bagian kakinya akan merasa dingin (tidak nyaman). Dari penelitian didapat bahwa manusia lebih toleran terhadap ketidaknyaman apabila suhu udara dibagian kaki lebih tinggi dibandingkan udara di sekitar kepala, disbanding jika keadaan berlawanan. Eksperimen-eksperimen telah menunjukkan bahwa perbedaan temperature yang paling baik antara kepala dan kaki tidak lebih dari 3°C . Perbedaan temperatur antara kepala dan kaki sebesar 3°C hanya menghasilkan tingkat ketidakpuasan sebesar 5% dan nilai ini sebagai tingkat yang dapat diterima untuk level aktivitas dimana kebanyakan pengguna ruangan melakukan aktivitasnya dengan duduk (belajar/bekerja).

4. Temperatur Lantai (Floor Temperature)

Ketidaknyamanan setempat dapat terjadi apabila lantai terlalu dingin atau terlalu panas. Besarnya energi panas yang hilang dipengaruhi oleh konduktivitas termal dan kapasitas panas dari material lantai dan alas kaki. Perbedaan temperature lantai yang dapat diterima berkisar antara 19°C s/d 29°C yang hanya menimbulkan 10% ketidakpuasan.

2.4.5 Acuan Kenyaman yang di Syaratkan

Indonesia (tropis lembab) diantaranya mempunyai cirri-ciri iklim dan cuaca yaitu sebagai berikut Suhu udara pada umumnya tinggi diantara $24^{\circ} - 34^{\circ}\text{C}$ dengan amplitude suhu siang-malam kecil ($24^{\circ} - 32^{\circ}\text{C}$), kelembaban udara juga tinggi yaitu antara 60 - 95%, kecepatan angin rendah (terutama pada pagi dan malam hari), sedangkan siang hari pada umumnya angin berhembus cukup kencang, radiasi matahari cukup tinggi, walaupun sering juga tertutup mendung dsb.

UNIVERSITAS INDONESIA

Dan sebagai rekomendasi acuan praktis untuk tingkat kenyamanan apabila memenuhi kondisi-kondisi sebagai berikut : Dalam hal kenyamanan termis (suhu) menurut Tri Harso Karyono yaitu $26,4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ suhu udara atau $26,7^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ suhu operasi sedangkan menurut ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineer) yaitu suhu efektif $23^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$, kelembaban udara relatif (RH) antara 30% – 60% dan kecepatan angin 0,1 - 1,5 m/s menurut ASHRAE dengan indeks PMV antara - 0,5 s.d + 0,5 atau nilai PPD berkisar diantara 0% s.d 10%.

2.5 Computational Fluid Dynamics (CFD)

2.5.1 Penjelasan Umum

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah suatu metode analisis sistem yang meliputi aliran fluida, pindah panas dan massa, serta fenomena lain (seperti reaksi kimia, aliran rokok, aliran partikel dsb) dengan menggunakan simulasi berbasis komputer.

Dengan metode CFD ini dapat menganalisis dan memprediksi simulasi distribusi pola aliran udara dan temperatur di dalam maupun diluar pada suatu bangunan agar menghasilkan aliran udara dan suhu yang baik atau dapat diterima dalam merancang suatu bangunan sesuai standar dan diinginkan (efektif) di dalam maupun diluar bangunan dengan biaya murah dan waktu yang relatif singkat dibandingkan dengan metode eksperimen. Metode CFD menggunakan analisis numerik yaitu kontrol volume sebagai elemen dari integrasi persamaan-persamaan yang terdiri atas persamaan keseimbangan massa, momentum dan energi, sehingga penyelesaian persamaan untuk benda dua atau tiga dimensi lebih cepat dan dapat dilakukan secara simultan/bersamaan.

Simulasi adalah teknik penyusunan dari kondisi nyata (sistem) dan kemudian melakukan percobaan pada model yang dibuat dari

sistem. Simulasi merupakan alat yang fleksibel dari model atau kuantitatif. Simulasi cocok diterapkan untuk menganalisa interaksi masalah yang rumit dari sistem. Simulasi dapat dilakukan dengan pembuatan model persamaan matematika, program komputer, dan pembuatan model atau prototipe sehingga sistem yang akan disimulasikan dapat terwakili oleh model yang disimulasikan. Simulasi analisis distribusi suhu dan udara (ventilasi natural) pada bangunan dapat dilakukan dengan persamaan matematika, dan program komputer. Parameter yang harus diperhitungkan dalam simulasi analisis distribusi udara dan temperature pada bangunan diantaranya yaitu temperatur lingkungan (luar bangunan), temperatur udara dalam bangunan, radiasi matahari dan atau pencahayaan, kecepatan angin, sistem dan besaran (dimensi/geometri) ventilasi, bahan-bahan bangunan (konduktivitas panas, emisivitas, koefisien pindah panas, absorpsivitas), suhu manusia (jenis aktivitas) dan pakaian yang dikenakan dsb.

2.5.2 Komponen utama CFD

Computational Fluid Dynamics (CFD) mengandung tiga komponen utama, yaitu : pre-processor, solver dan post-processor.

1. Pre-processor

Komponen pre-processor merupakan komponen data input atau parameter dari permasalahan aliran ke dalam program CFD dengan menggunakan interface yang memudahkan operator (pengguna), berfungsi sebagai transformer input berikutnya ke dalam bentuk yang sesuai dengan pemecahan oleh solver. Pada tahapan pre-processor, dapat dilakukan hal-hal sebagai berikut: 1) mendefinisikan sistem dan geometri daerah yang dikehendaki (perhitungan domain dan subdomain) ; 2) pembentukan geometri dan peralatan atau sumber yang ada serta grid (mesh) pada setiap domain dan subdomain ; 3) pemilihan fenomena fisik dan kimia

UNIVERSITAS INDONESIA

(perpindahan kalor, kalor radiasi, turbulensi dsb) yang dibutuhkan ; 4) menentukan sifat-sifat fluida (konduktivitas, viskositas, panas jenis, massa jenis dsb) ; 5) menentukan kondisi batas yang sesuai dengan keperluan. Ketepatan aliran dalam geometri yang dibentuk dalam CFD ditentukan oleh jumlah sel di dalam grid yang dibangun. Semakin besar jumlah sel, ketepatan atau ketelitian dari hasil pemecahan semakin baik. Mesh optimal tidak harus selalu seragam, dapat dilakukan dengan memperhalus mesh pada bagian yang memiliki variasi cukup besar dan semakin kasar untuk bagian yang relatif tidak banyak mengalami perubahan.

Prose Pre-processor inilah yang paling membutuhkan waktu yang lama dalam pengerjaan CFD dibandingkan dengan proses yang lain, walaupun proses solution (menjalankan (running)) bila proses Pre-processor telah selesai itu pun tergantung kekompleksitasan simulasi dan kesalahan yang dibuat sewaktu membuat atau dalam Pre-processor tersebut. Untuk itu untuk memaksimalkan produktifitas atau mengefisienkan waktu kita dapat menggunakan model-model yang sudah ada atau mengimport dari dari program CAD yang lain untuk membuat geometri yang kompleks atau mendownload dari website atau mengansumsikan penyederhanakan bentuk model/geometri yang akan dibuat tetapi membuat model/geometri tersebut tetap memberikan informasi yang lengkap pada tingkatan ketepatan yang diperlukan.

2. Solver

Proses pada solver merupakan proses pemecahan dalam CFD secara matematika melalui analisis numerik tiga dimensi dengan metode volume hingga melalui memisalkan variable-variabel aliran yang belum diketahui ke dalam fungsi-fungsi sederhana, diskretisasi dengan cara menggantikan pemisalan tadi menjadi persamaan aliran atur dan menguraikan persamaan matematis tersebut dan

menyelesaikan persamaan matematis tersebut dengan metode iterasi (membuat sebuah tebakan nilai variabel-variabel dan terus dilakukan sampai selisih antara ruas kiri dengan ruas kanan persamaan mendekati nol (konvergen)). Solution adalah tahap penyelesaian masalah berupa proses iterasi hingga mencapai harga yang diinginkan atau mendekati nol (konvergen),

3. Post-processor

Hasil yang diperoleh dari proses yang berada dalam pre-processor dan solver akan ditampilkan dalam post-processor atau merupakan penampilan hasil serta analisa terhadap hasil yang telah diperoleh.

Tampilan tersebut dapat berupa : 1) tampilan geometri domain/subdomain dan grid ; 2) plot vector, contour ; 3) plot permukaan dua dan tiga dimensi ; 4) pergerakan partikel ; 5) manipulasi pandangan; 6) output warna ; 7) validasi dan verifikasi dsb.

2.5.3 Program yang digunakan dalam CFD

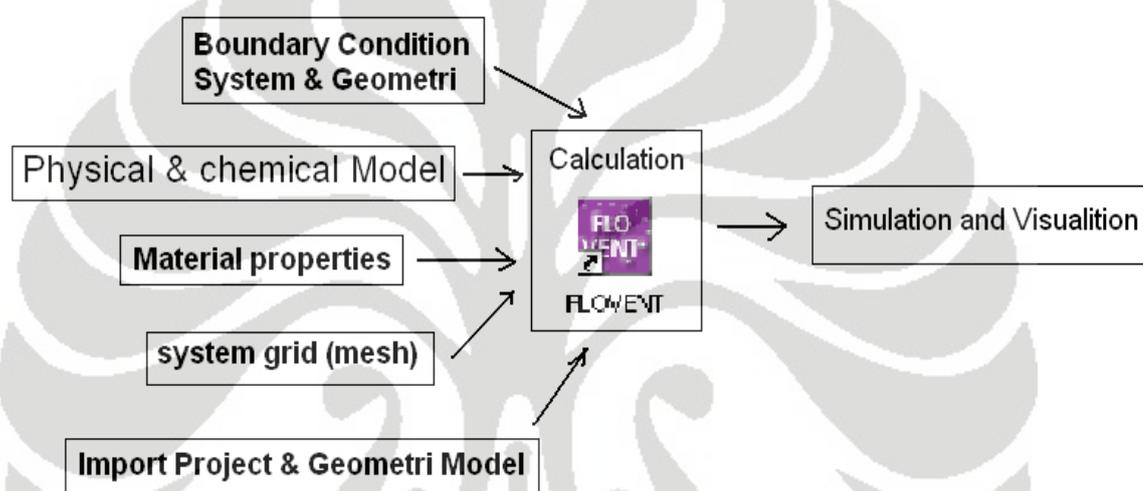
Ada beberapa program yang digunakan dalam CFD untuk menyelesaikan permasalahan aliran udara dan temperature (Fluent, EFD, Pheonics, Cosmis dsb) pada bangunan yaitu dalam hal ini penelitian ini menggunakan program FLOVENT.

FLOVENT adalah program komputer yang menggunakan teknik CFD untuk menganalisis dan memprediksi serta menyelesaikan distribusi/pergerakan aliran udara (yang disebabkan faktor angin, termal/buoyancy, bentuk dan peralatan yang digunakan) dan perpindahan kalor (perbedaan temperature sumber/benda, konduksi, konveksi dan radiasi) dalam suatu bangunan dalam dua dan tiga dimensi. Dengan FLOVENT dapat memberikan kecepatan, keakuratan, keefektifan dan biaya yang murah dalam memprediksi

UNIVERSITAS INDONESIA

lingkungan termal dalam dan luar bangunan, sebagai alternatif atau penambahan percobaan fisik dibandingkan dengan metode eksperimen.

Contoh-contoh aplikasi penggunaan Flovent yaitu : naturally ventilated, mechanically ventilated and air-conditioned solutions, Office Environment and Comfort Modeling, Cleanrooms and Contaminant distribution in three-dimensional spaces Modeling, External Flow and Dispersion Modeling dsb.



Gambar 2.10 Proses simulasi dan visualisasi pada FLOVENT

2.6 Statistik

Dengan statistik kita berusaha atau dapat memungkinkan untuk menyimpulkan populasi. Untuk itu kelakuan atau estimasi populasi dipelajari berdasarkan data yang diambil baik secara sampling ataupun sensus. Dalam kenyataannya, mengingat berbagai faktor (dana, waktu, kondisi dan situasi, dsb) untuk keperluan tersebut diambil sebuah sample yang representatif (mewakili) lalu berdasarkan pada analisis terhadap data sample, kesimpulan mengenai populasi dibuat. Dengan menggunakan berdasarkan data sample dapat untuk diestimasi nilai dari suatu parameter (misalnya rata-rata, simpangan baku, persen/varian) dari nilai populasi yang tidak diketahui tersebut. Jadi nilai parameter populasi

tersebut yang sebenarnya tetapi tidak diketahui itu akan ditaksir/diestimasi berdasarkan statistic sample yang diambil dari populasi yang bersangkutan. Kelakuan populasi yang akan ditinjau disini hanyalah mengenai parameter populsi dan sample yang digunakan adalah sample acak.

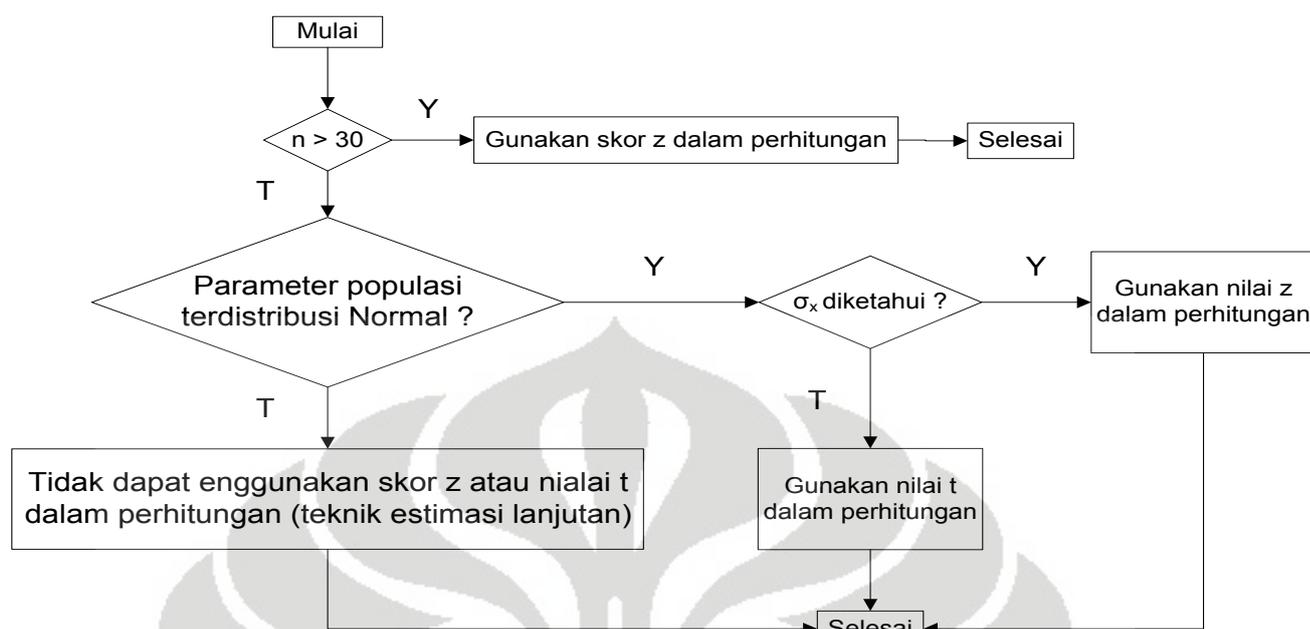
Secara umum parameter populasi misalnya dilambangkan E dan parameter sampel dilambangkan \hat{E} . Maka jika E, yang tidak diketahui harganya dapat ditaksir/diestimasi oleh \hat{E} . Jelas bahwa sangat dikehendaki $\hat{E} = E$, yaitu bisa mengatakan nilai E yang sebenarnya. Tetapi ini merupakan keinginan yang boleh dibilang ideal sifatnya. Kenyataan yang terjadi adalah menaksir/mengestimasi E oleh \hat{E} terlalu tinggi atau menaksir/mengestimasi E oleh \hat{E} terlalu rendah..

Dalam menaksir/mengestimasi terdapat dua jenis yaitu estimasi titik (point estimate) ialah suatu angka tunggal dari sample yang dapat dianggap sebagai nilai masuk akal bagi nilai populasi, dan estimasi interval (interval estimate) ialah estimasi nilai parameter sebuah populasi diantara dua batas nilai. Estimasi titik untuk sebuah parameter populasi (misalnya rata-rata), nialainya akan bergantung pada nilai parameter (rata-rata) sample yang didapat dari sample-sample yang diambil. Karenanya orang sering merasa kurang yakin atau kurang percaya atas penaksiran/estimasi macam ini. Sebagai gantinya digunakan estimasi interval untuk dapat menaksir parameter populasi tersebut berdasarkan parameter sample tersebut yang memungkinkan hasilnya lebih dipercaya. Dalam prakteknya harus dicari estimasi interval yang sempit dengan derajat/tingkat kepercayaan (level of confidence) yang memuaskan terhadap penaksiran-penaksiran interval yang dibuat.

Menaksir atau mengestimasi mean (rata-rata) populasi

Dalam melakukan estimasi terhadap mean populasi dengan menggunakan data yang diperoleh dari sample terdapat beberapa hal yang terlebih dahulu harus diperhatikan yaitu : (1) ukuran sample (apakah besarnya > 30 atau kecil < 30) ; (2) informasi tentang distribusi populasinya (apakah distribusi normal atau tidak); (3) Devisiasi standard populasinya (diketahui atau tidak) dan (4) pemilihan jenis distribusi yang menjadi dasar estimasi.

UNIVERSITAS INDONESIA



Gambar 2.11 Skema umum dalam melakukan estimasi mean populasi

Mengestimasi mean populasi jika deviasi standard populasi tidak diketahui dan jumlah data/ukuran sample lebih dari 30 ($n > 30$)

Dalam kebanyakan situasi, bukan hanya mean populasi, deviasi standard populasi pun tidak diketahui. Jadi deviasi standard populasi harus diestimasi juga bersama-sama dengan mean populasinya.

Estimasi interval dari mean populasi dapat dibentuk sebagai berikut :

$$\bar{x} - z \hat{\sigma}_{\bar{x}} < \mu_x < \bar{x} + z \hat{\sigma}_{\bar{x}}$$

Tanda (^) di atas symbol error standard menunjukkan bahwa nilainya adalah suatu nilai estimasi. \bar{x} = mean sample dan z = nilai skor (distribusi) z

Dengan :

jika anggota populasi tak terhingga : $\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$; s = deviasi standard sample

jika anggota populasi terhingga sejumlah N : $\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$

Mengestimasi mean populasi jika deviasi standard populasi tidak diketahui dan jumlah data/ukuran sample kurang dari 30 ($n < 30$)

Apabila sample yang digunakan berukuran kecil ($n < 30$) maka estimasi dengan prosedur diatas tidak bisa dipakai. Berdasarkan gambar 2.11 , estimasi memang masih dimungkinkan dengan distribusi normal z jika distribusi populasinya bisa dipastikan normal dan deviasi standard populasitelah diketahui. Namun, untuk kebanyakan situasi, hal ini sulit sekali dipenuhi. Jika distribusi populasinya bisa dipastikan normal namun deviasi standard populasi tidak diketahui maka distribusi mean sampling akan mengikuti distribusi-t (sering disebut distribusi student-t). Sementara jika populasinya tidak bisa dipastikan terdistribusi normal maka baik distribusi z maupun distribusi t tidak bisa digunakan.

Estimasi interval dari mean populasi dapat dibentuk sebagai berikut :

$$\bar{x} - t_{\alpha/2, v} \sigma_{\bar{x}} < \mu_x < \bar{x} + t_{\alpha/2, v} \sigma_{\bar{x}}$$

dimana :

$t_{\alpha/2, v}$ = nilai kritis t yang tergantung pada tingkat kepercayaan dan derajat kebebasan

α = 1 – tingkat kepercayaan (sering disebut chance of error)

v = derajat kebebasan (df) = n – 1

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN, PENGAMBILAN DATA, PEMODELAN DAN SIMULASI

3.1 METODOLOGI PENELITIAN

3.1.1 Pendahuluan

Metodologi penelitian yang digunakan dalam skripsi ini yaitu pengambilan data di lapangan untuk mendapatkan geometri ruangan, material dan spesifikasi peralatan yang digunakan serta melihat langsung objek penelitian supaya mengetahui keadaan yang sebenarnya, mengukur kecepatan aliran udara, mengukur temperatur udara, mengukur kelembaban udara serta tingkat pencahayaan atau radiasi matahari pada objek penelitian tersebut dengan menggunakan alat ukur, yang nantinya akan dilakukan tahap lebih lanjut yaitu pensimulasian objek penelitian tersebut dengan menggunakan program FLOVENT serta melakukan kuesioner terhadap persepsi orang terhadap kenyamanan pada objek penelitian. Tujuan pensimulasian ini untuk mengetahui karakteristik visualisasi yaitu bagaimana arah dan laju serta pola atau distribusi aliran udara, distribusi temperatur, kelembaban udara dan kecepatan angin pada objek penelitian tersebut sebagai validasi dari data yang telah diambil di lapangan. Batasan penelitian ini yaitu : melakukan simulasi dan modeling distribusi udara dan temperatur pada lantai dua objek penelitian tersebut.

3.1.2 Objek, Tempat dan Waktu Penelitian

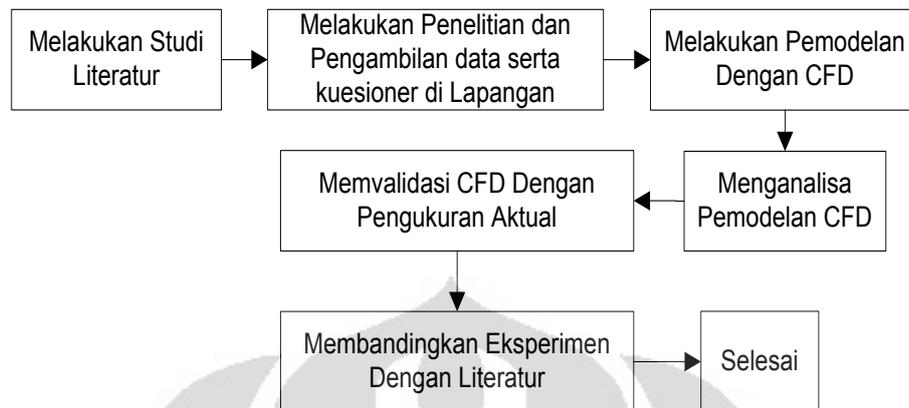
Objek penelitian ini yaitu lantai dua pada Masjid At-Tahuid Arief Rachman Hakim yang berlokasi di Salemba UI. Dan Waktu penelitian atau pengambilan data yaitu pada hari Sabtu tanggal 22 November 2008, sedangkan pengambilan kuesioner dilakukan pada hari Jumat tanggal 5 dan 19 Desember 2008 setelah shalat jumat dilangsungkan.

3.1.3 Peralatan dan Alat Ukur

Pada penelitian ini peralatan dan alat ukur yang digunakan sebagai yaitu sebagai berikut :

1. Hygrometer, yang digunakan untuk mengukur kelembaban udara serta mengukur temperatur udara
2. Anemometer, yang digunakan untuk mengukur laju kecepatan aliran udara serta mengukur temperatur udara.
3. Lux meter, yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya atau radiasi matahari pada ruangan tersebut.
4. Meteran, yang digunakan untuk lokasi pengambilan data dan geometri ruang.
5. Kamera digital, yang digunakan sebagai dokumentasi pada ruangan tersebut
6. Personal Computer (PC) dengan program Sketchup 5, AutoCad 2007, Inventor 11, FLOMCAD dan FLOVENT, yang digunakan untuk penggambaran modeling dan simulasi objek penelitian tersebut.

3.1.4 Alur Kerangka Penelitian



Gambar 3.1 Skema alur kerangka penelitian

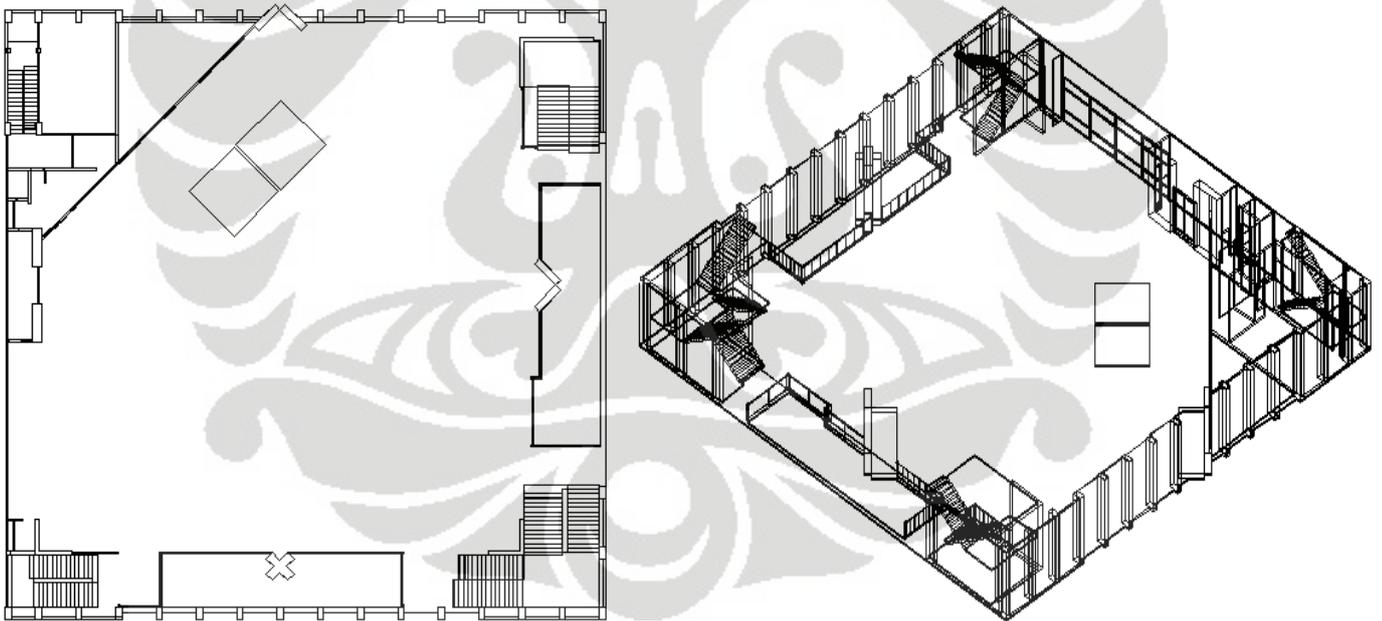
3.2 PENGAMBILAN DATA

3.2.1 Data Bangunan

Data yang diambil diperoleh dari staff pembangun masjid At-Tahuid ARH UI yang meliputi data geometri bangunan, material dan spesifikasi peralatan (sistem tata udara dan elektrikalnya) yang digunakan berdasarkan pada hari Sabtu tanggal 22 November 2008. Data tersebut adalah data aktual yang sudah dikerjakan oleh staf pembangunan mesjid tersebut dan data geometri bangunan tersebut diberikan dalam bentuk softcopy pada program Sketcup 5 (3D) dan AutoCad (2D), sedangkan data material dan spesifikasi peralatan (sistem tata udara dan elektrikalnya) dalam bentuk Microsoft World.



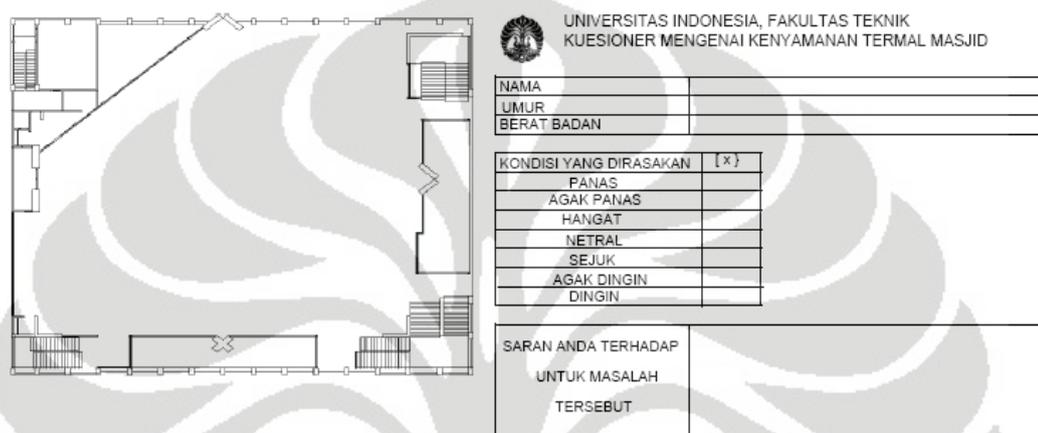
Gambar 3.2 Data bangunan yang diberikan dalam program Sketcup 5



Gambar 3.3 Data bangunan lantai dua kondisi aktual pada AutoCAD

3.2.2 Data Kuesioner

Kuesioner ini diambil untuk mendapatkan persepsi penilaian orang tentang kenyamanan termis yang melakukan aktivitas di dalam ruang tersebut dalam hal ini pada lantai dua. Kuesioner ini diambil pada hari Jumat tanggal 5 dan 19 Desember 2008 setelah orang tersebut melakukan shalat jumat.



UNIVERSITAS INDONESIA, FAKULTAS TEKNIK
KUESIONER MENGENAI KENYAMANAN TERMAL MASJID

NAMA	
UMUR	
BERAT BADAN	

KONDISI YANG DIRASAKAN	{x}
PANAS	
AGAK PANAS	
HANGAT	
NETRAL	
SEJUK	
AGAK DINGIN	
DINGIN	

SARAN ANDA TERHADAP
UNTUK MASALAH
TERSEBUT

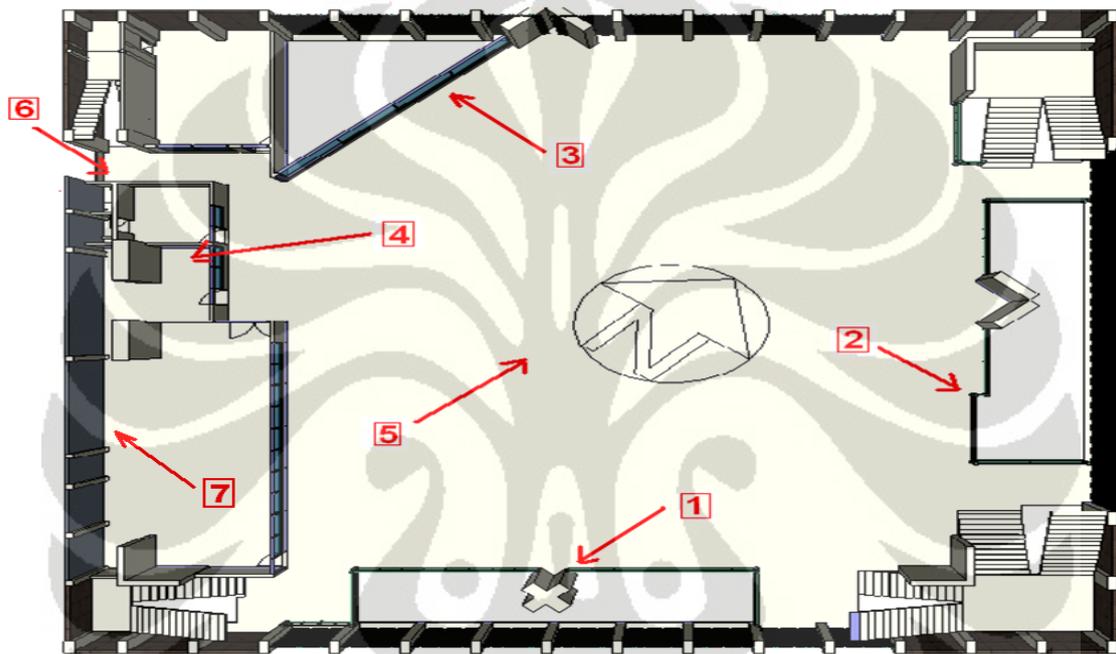
Gambar 3.4 Form kuesioner

Tabel 3.1 Distribusi sensasi termis dari seluruh responden

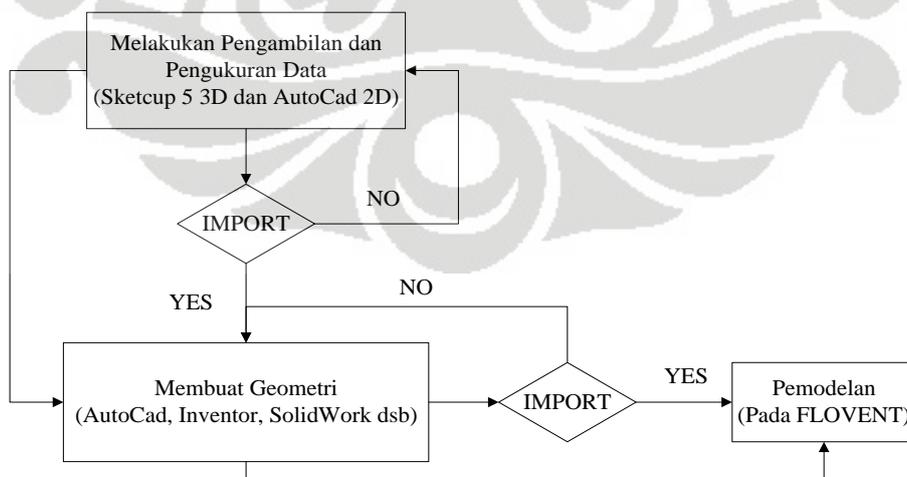
Sensasi termis yang dirasakan	Jumlah Responden (org)	
	Tanggal 5/12/08	Tanggal 19/12/08
PANAS (3)	0	0
AGAK PANAS (2)	1	0
HANGAT (1)	0	0
NETRAL (0)	1	16
SEJUK (-1)	5	18
AGAK DINGIN (-2)	0	1
DINGIN (-3)	0	0
Total jumlah	7	35

3.3 PEMODELAN

Pada tahap ini yang dilakukan yaitu Pembuatan geometri bangunan dan pengukuran terhadap parameter-parameter yang diperlukan sebagai input dalam Program FLOVENT. Parameter-parameter yang diukur antara lain temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan intensitas cahaya atau radiasi matahari dengan alat ukur pada hari Sabtu tanggal 22 November 2008 yang dilakukan pada lantai dua.



Gambar 3.5 Lokasi titik-titik pengukuran



Gambar 3.6 Skema alur pemodelan

3.3.1 Cara dan Hasil Pengukuran

1. Pengukuran Kecepatan Aliran Udara

Pengukuran kecepatan aliran udara ini akan digunakan sebagai input dan data pembanding ke dalam program FLOVENT, serta juga akan digunakan untuk validasi hasil simulasi dari program tersebut. Untuk mengukur kecepatan aliran udara didalam ruang, alat ukur yang digunakan adalah anemometer.

Proses pengambilan data adalah sebagai berikut:

- Menyalakan anemometer, pastikan kipas dari anemometer dalam keadaan diam terlebih dahulu.
- Memastikan bahwa bagian yang digunakan adalah bagian depan kipas dari anemometer.
- Hadapkan bagian depan dari anemometer tersebut ke titik yang ingin diukur kecepatan aliran udaranya. Arah aliran yang ingin diambil harus tegak lurus dengan bagian depan dari anemometer.
- Pencatatan hasil pengukuran.
- Pengambilan data ini dilakukan sebanyak lima kali pengulangan dan dalam selang waktu rata-rata 2 – 3 jam serta ketinggiannya sekitar ketinggian orang pada saat pengukuran, pada setiap lokasi titik-titik pengukuran.

2. Pengukuran Temperatur Udara dan Pengukuran Kelembaban Udara

Pengukuran temperatur dan kelembaban udara dilakukan sama dengan pengukuran kecepatan aliran udara, bedanya hanya data yang dicatat adalah temperatur dan kelembaban udara, dengan alat yang digunakan yaitu hygrometer.

Proses pengambilan data adalah sebagai berikut:

Menyalakan hygrometer pada setiap lokasi titik-titik pengukuran, lalu mencatat hasil yang tertera pada alat tersebut. Pengambilan data ini dilakukan sebanyak lima kali pengulangan dan dalam selang waktu rata-rata 1 – 3 jam serta ketinggiannya sekitar ketinggian orang pada saat pengukuran, pada setiap lokasi titik-titik pengukuran.

3.3.2 Hasil Pengukuran

Hari Sabtu tanggal 22 November 2008, dengan keadaan cuaca cerah

Tabel 3.2 Data laju kecepatan udara dan temperatur (dari anemometer)

Lokasi	Waktu (h:m)		1	2	3	4	5	Avg.
1	10:41	Kecepatan (m/s)	0	0	0	0	0	0
		Temperatur (°C)	30.6	30.6	30.8	30.8	31	30.76
	14:58	Kecepatan (m/s)	0.02	0.07	0.02	0.95	1.08	0.428
		Temperatur (°C)	30.5	30.6	30.8	30.7	30.7	30.66
	17:12	Kecepatan (m/s)	0	0	0	0	0	0
		Temperatur (°C)	30.1	30.2	30.2	30.3	30.4	30.24
2	10:44	Kecepatan (m/s)	0	0.43	0.45	0.69	0.68	0.45
		Temperatur (°C)	31.4	31.6	31.6	31.7	31.8	31.62
	15:05	Kecepatan (m/s)	0	0	0	1.21	0.05	0.252
		Temperatur (°C)	30.5	30.8	30.9	30.4	30.7	30.66
	17:15	Kecepatan (m/s)	0.43	0.36	0.24	0.39	0.45	0.374
		Temperatur (°C)	30.6	30.7	30.8	30.7	30.7	30.7
3	10:51	Kecepatan (m/s)	0.46	0.57	0.68	1.03	0.52	0.652

		Temperatur (°C)	31.7	31.8	31.4	31.4	31.8	31.62
	15:12	Kecepatan (m/s)	0	0	0	0.43	0.49	0.184
		Temperatur (°C)	30.8	30.9	30.9	31	31.1	30.94
	17:20	Kecepatan (m/s)	0	0	0	0	0	0
		Temperatur (°C)	31	31.1	31.2	31.1	30.9	31.06
4	11:00	Kecepatan (m/s)	0	0	0	0	0	0
		Temperatur (°C)	31.5	31.6	31.6	31.8	31.8	31.66
	15:19	Kecepatan (m/s)	0	0	0	0	0	0
		Temperatur (°C)	31.1	31.1	31	31.1	31.1	31.08
	17:28	Kecepatan (m/s)	0	0	0	0	0	0
		Temperatur (°C)	30.7	30.8	30.9	30.9	30.9	30.84
5	11:10	Kecepatan (m/s)	0	0	0	0	0	0
		Temperatur (°C)	31.1	31.2	31.2	31.2	31.3	31.2
	15:21	Kecepatan (m/s)	0	0	0	0	0	0
		Temperatur (°C)	30.9	31.1	31.3	31	31.4	31.14
	17:35	Kecepatan (m/s)	0	0	0	0	0	0
		Temperatur (°C)	30.7	30.8	30.9	31	31	30.88
6	11:15	Kecepatan (m/s)	0	0.38	0.38	0.21	0.17	0.228
		Temperatur (°C)	31.3	31.2	30.1	30.1	30.9	30.72
	15:32	Kecepatan (m/s)	0.24	0.42	0.47	0.42	0.55	0.42
		Temperatur (°C)	31	30.9	30.9	30.9	30.8	30.9
	17:08	Kecepatan (m/s)	0.36	0.44	0.44	0.44	0.47	0.43
		Temperatur (°C)	29.8	29.8	29.8	29.9	29.9	29.84

Tabel 3.3 Data laju kelembaban udara dan temperatur (dari Hygrometer)

Lokasi	Waktu (h:m)		1	2	3	4	5	Avg.
1	10:41	RH (%)	60	60	60	60	60	60
		Temperatur (°C)	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2
	14:58	RH (%)	68	68	67	67	67	67.4
		Temperatur (°C)	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5
	17:12	RH (%)	70	70	70	70	70	70
		Temperatur (°C)	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2
2	10:44	RH (%)	59	58	57	57	57	57.6
		Temperatur (°C)	31.5	31.5	31.5	31.5	31.6	31.52
	15:05	RH (%)	67	67	67	67	67	67

		Temperatur (°C)	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6
	17:15	RH (%)	68	68	67	67	67	67.4
		Temperatur (°C)	30.5	30.5	30.6	30.6	30.7	30.58
3	10:51	RH (%)	58	58	58	59	59	58.4
		Temperatur (°C)	31.6	31.7	31.7	31.7	31.7	31.68
	15:12	RH (%)	68	68	68	68	68	68
		Temperatur (°C)	30.8	30.8	30.8	30.9	30.9	30.84
	17:20	RH (%)	69	66	65	64	64	65.6
		Temperatur (°C)	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8
4	11:00	RH (%)	57	57	57	57	57	57
		Temperatur (°C)	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7
	15:19	RH (%)	60	66	66	66	66	64.8
		Temperatur (°C)	30.9	30.8	30.8	30.8	30.8	30.82
	17:28	RH (%)	65	66	67	66	66	66
		Temperatur (°C)	30.8	30.6	30.8	30.8	30.9	30.78
5	11:10	RH (%)	58	59	59	59	59	58.8
		Temperatur (°C)	31.4	31.4	31.4	31.3	31.3	31.36
	15:21	RH (%)	67	68	68	68	68	67.8
		Temperatur (°C)	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8
	17:35	RH (%)	65	65	65	65	65	65
		Temperatur (°C)	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9
6	11:15	RH (%)	58	59	59	60	60	59.2
		Temperatur (°C)	32.9	32.8	32.8	32.7	32.7	32.78
	15:32	RH (%)	66	66	66	66	66	66
		Temperatur (°C)	31	31	31	31	31	31
	17:08	RH (%)	71	70	70	69	69	69.8
		Temperatur (°C)	30	30	30	30	30	30

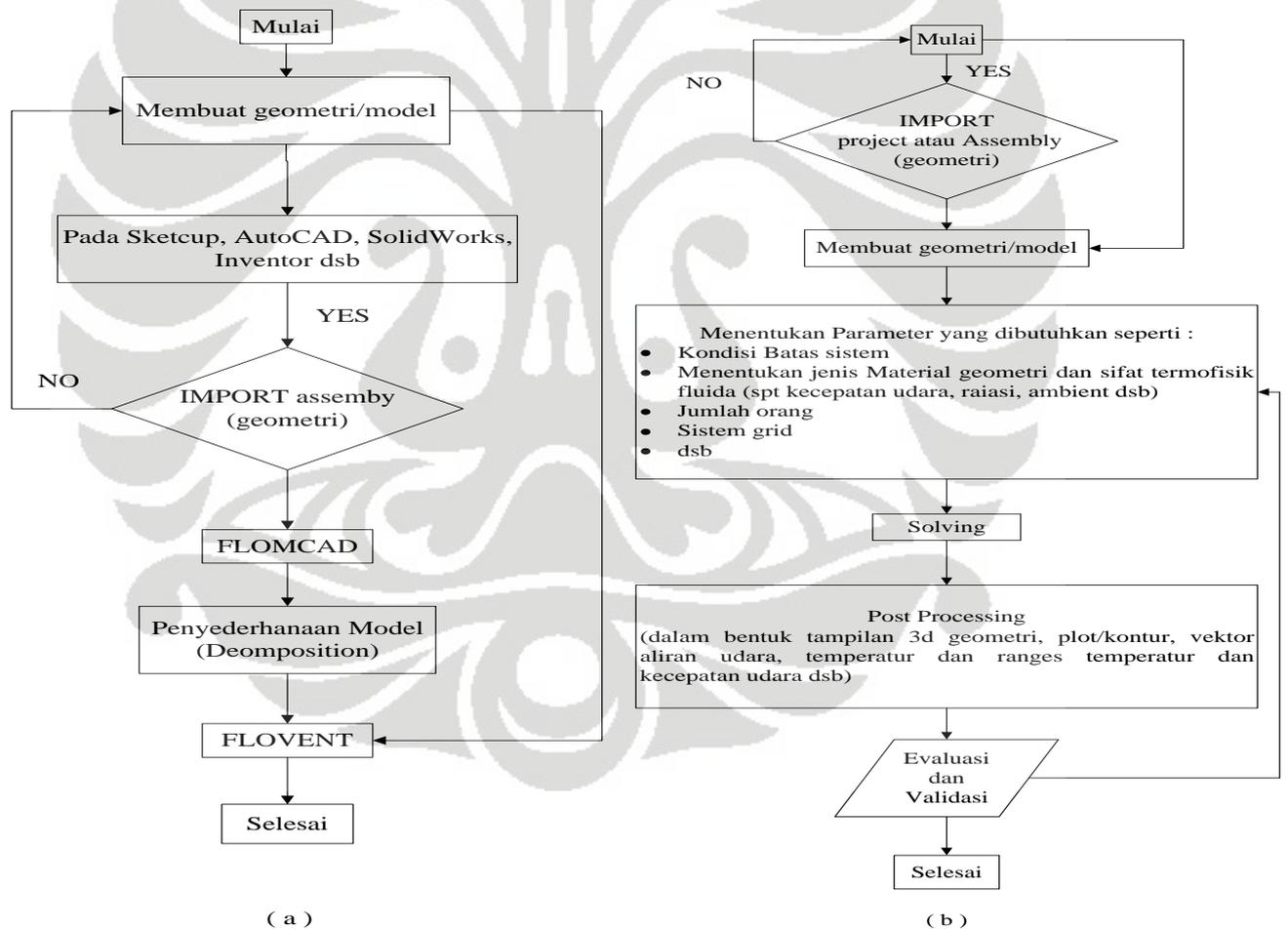
Hari Jumat tanggal 19 Desember 2008 dengan keadaan cuaca cerah berawan (pagi s.d siang) ; Sore hujan ringan.

Tabel 3.4 Data temperatur dan Kelembaban udara

Lokasi	Waktu (h:m)	Temperatur (°C)	RH (%)
1	11:30	31.3	80
	1:30	31.1	79
	2:30	32.3	67
	3:30	31.9	66
	4:30	30.8	81
2	11:30	31.2	80
	1:30	31.1	73
	2:30	32.3	68
	3:30	32.4	69
	4:30	30.7	80
3	11:30	31.1	79
	1:30	31.1	72
	2:30	32.1	70
	3:30	32.4	69
	4:30	30.8	80
4	11:30	31.2	80
	1:30	31	71
	2:30	31.8	66
	3:30	31.9	68
	4:30	30.7	80
5	11:30	31.3	80
	1:30	31.1	73
	2:30	32.2	67
	3:30	32.2	71
	4:30	30.8	81
6	11:30	31.1	80
	1:30	31.3	79
	2:30	31.8	64
	3:30	32	67
	4:30	31.7	80
7	11:30	31.2	80
	1:30	31.1	74
	2:30	32.2	67
	3:30	31.9	68
	4:30	30.7	80

3.4 SIMULASI

Pada dasarnya tahap ini yang dilakukan yaitu untuk menentukan input geometri yang akan diproses atau disimulasikan pada CFD dalam hal ini digunakan program FLOVENT. Input geometri tersebut berdasarkan dari import dari program CAD lain atau membuatnya langsung dalam program FLOVENT tersebut. Setelah geometri tersebut jadi lalu selanjutnya menentukan parameter-parameter (seperti sifat thermofisiknya dan fluidanya, kondisi batasnya, system gridnya dsb) yang diperlukan setelah itu baru dilakukan proses terhadap hasil yang telah dibuat. Hasil simulasi tersebut diantaranya berupa tampilan geometri, plot/contour dan vektor aliran udara, range kecepatan udara dan temperature dsb



Gambar 3.7 Skema proses (a) pembuatan geometri dan simulasi (b) pada FLOVENT

3.4.1 Pembuatan Simulasi Pada FLOVENT

Pada tahap ini yang dilakukan yaitu simulasi pada lantai dua masjid pada program FLOVENT. Asumsi yang digunakan dalam simulasi menggunakan CFD ini antara lain sebagai berikut : udara bergerak dalam kondisi Steady, Udara tidak terkompresi (incompressible) ρ konstan, Panas jenis, konduktivitas dan viskositas udara konstan (udara 20° C), Udara lingkungan dianggap konstan selama simulasi dan radiasi matahari dianggap konstan (23° C). Kondisi batasnya angin yaitu tidak memasukan atau tanpa diberi masukan input kecepatan udara yang berasal dari luar ruangan (asumsi kondisi minimum yaitu pada saat tidak ada angin yang masuk dan peralatan mekanikal tidak dihidupkan), kondisi batas thermalnya (heat source) dari orang saja dan tidak memasukan dari peralatan mekanikalnya (seperti kipas angin, sound sistem, lampu dsb) dan seluruh geometri (dinding, jendela, lantai, atap dsb) thermal dianggap melakukan konduksi dan tanpa diberi panas (power = 0 Watt) sedangkan radiasi dianggap single (seluruh permukaan dianggap sama temperaturnya yang diakibatkan radiasi). Dan aliran modelingnya bersifat turbulen.

Pembuatan simulasi ini berdasarkan fasilitas yang ada di program tersebut lebih lengkapnya terdapat dilampiran.

Langkah-langkah pembuatannya yaitu sebagai berikut :

- Membuat dan mengatur sistem pada posisi (0,0,0) dengan ukuran (39,74;5,02;40,22); mengatur sistem global yaitu tekanan 1 atm, External radiant temperature 23° C, External ambient temperature 31,2° C, Lingkungan 31,2° C, Fluida air (udara) 20° C.
- Membuat ruangan dengan menggunakan dua buah enclosure. Enclosure pertama : posisi (9,93;0;0) dengan ukuran (30,23;5,02;40,22) dengan ketebalan 0,15 m kecuali pada sisi Ylaw

0,12 m dan Y_{high} 0,07 m. Enclosur kedua : posisi (0;0;0) dengan ukuran (9,93;5,02;40,22) dengan ketebalan 0,15 m

- Membuat lubang- lubang pada kedua enclosure tersebut pada setiap sisi-sisinya dengan menggunakan hole sebagai bukaan atau masuknya angin. Pada enclosure pertama sebanyak 6 buah hole (pada sisi Y_{low} dan Y_{high}), satu buah hole (pada sisi X_{high}) dan satu buah hole (pada sisi Z_{low}) dan pada enclosure kedua sebanyak 4 hole (pada sisi Y_{low} dan Y_{high}) dan dua buah hole (pada sisi Z_{low} dan Z_{high})
- Membuat dua buah cuboid. Pada posisi cuboid satu (36,17;0;20,56) dengan ukuran (1,71;5,02;1,83) dan posisi cuboid dua (16,45;0;4,31) dengan ukuran (3,32;5,02;1,31)
- Membuat 8 buah cuboid. Pada posisi cuboid satu (39,76;0,29;34) dengan ukuran (0,39;5,02;0,39) lalu untuk membuat 7 cuboid lagi dengan cara mengcopy cuboid satu lalu pilih klik edit setelah itu masukan angka - 2,66 pada Z sampai 7 cuboid tersebut terbentuk
- Membuat dua buah cuboid. Posisi cuboid satu (33,52;0;5,37) dengan ukuran (2,39;5,03;0,3) dan cuboid kedua pada posisi (35,62;0;5,67) dengan ukuran (0,3;5,02;2,09)
- Membuat 4 buah cuboid. Pada cuboid satu (35,7;0;32,26) dengan ukuran (0,3;5,02;7,48), cuboid dua pada posisi (33,52;0;37,45) dengan ukuran (2,09;5,02;0,3), cuboid tiga pada posisi (33,67;0;39,1) dengan ukuran (1,94;5,02;1,94) dan cuboid 4 pada posisi (33,52;0;38,62) dengan ukuran (0,15;5,02;1,11)
- Membuat dua cuboid. Pada cuboid satu (1,74;0;0,78) dengan ukuran (0,3;5,02;4,89) dan cuboid dua pada posisi (2,04;0;5,37) dengan ukuran (2,99;5,02;0,3)

- Membuat 4 cuboid. Pada cuboid satu (21,7;0;37,93) dengan ukuran (0,15;5,02;0,66), cuboid dua pada posisi (19,35;0;37,28) dengan ukuran (2,49;5,02;0,64), cuboid tiga pada posisi (16,88;0;37,45) dengan ukuran (2,47;5,02;0,15), dan cuboid 4 pada posisi (14,39;0;37,28) dengan ukuran (2,49;5,02;0,64)
- Membuat 6 cuboid. Cuboid satu (14,39;0;38,82) dengan ukuran (0,15;5,02;0,91), cuboid dua pada posisi (12,55;0;39,10) dengan ukuran (1,83;0,15;1,83), cuboid tiga pada posisi (12,4;0;38,2) dengan ukuran (0,15;5,02;1,48), cuboid 4 pada posisi (10,4;0;33,66) dengan ukuran (0,15;5,02;6,08), cuboid 5 pada posisi (10,55;0;37) dengan ukuran (0,85;5,02;0,85) dan cuboid 6 pada posisi (10,55;0;38,05) dengan ukuran (2,2;5,02;0,15)
- Membuat 5 buah cuboid. Cuboid satu (0,79;0;32,26) dengan ukuran (9,28;5,02;0,15), cuboid dua pada posisi (0,79;0;37,46) dengan ukuran (8,23;5,02;0,15), cuboid tiga pada posisi (8,08;0;32,41) dengan ukuran (0,15;5,02;3,94), cuboid 4 pada posisi (8,23;0;35,21) dengan ukuran (2,17;5,02;0,15) dan cuboid 5 pada posisi (8,23;0;39,54) dengan ukuran (2,17;1,5;0,15)
- Membuat dua buah hole pada cuboid. Cuboid satu pada posisi (10,40;0;37,20) dengan ukuran (0,15;3,24;0,8) dan hole dua pada posisi (1,17;0;37,46) dengan ukuran (0,69;3,24;0,15)
- Membuat dua buah prism (segitiga) untuk menambal atau membuat lubang menjadu segi tiga. Segitiga satu pada posisi (0,79;5,02;23,11) dengan ukuran (9,13;9,14) dengan ketebalan 0,07 dan segitiga kedua dengan posisi (0,79;0;23,11) dengan ukuran (9,13;9,14) dengan ketebalan 0,12.
- Membuat 4 buah sloping blok untuk membuat cuboid yang miring. Caranya dengan mendrag lalu membuat sama dengan ukuran agar

tidak berlubang dengan ketebalan 0,15 dan 10 buah sloping block untuk pembuatan tangga.

- Dan membuat source (jumlah orang) yang dibuat dalam bentuk cuboid sebanyak 700 orang dengan aktivitas medium.
- Membuat material, thermal dan radiant untuk setiap masing-masing komponen tersebut
- Mengatur sistem gridnya yang sesuai

3.4.2 Validasi Model Simulasi

Validasi dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran dengan hasil pada model pada lokasi titik-titik tertentu yang diinginkan atau ditentukan pada pengukuran. Besarnya error (%) antara hasil pengukuran dengan hasil simulasi. Besarnya error dihitung dengan persamaan :

$$Error (\%) = \left[\frac{C_{pengukuran} - C_{model}}{C_{pengukuran}} \right] \times 100$$

BAB 4

HASIL DAN ANALISA

4.1 HASIL DAN PENGOLAHAN DATA PENELITIAN

4.1.1 Hasil Pengukuran Eksperimen

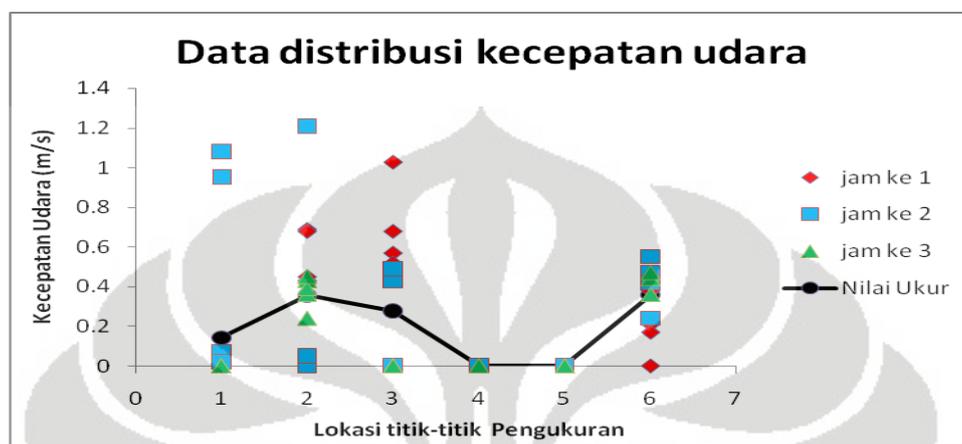
Dari pengukuran yang telah dilakukan pada Masjid At-Tahuhid ARH UI dalam hal ini pada lantai dua, didapatkan data-data hasil pengukuran aktual berdasarkan data yang diambil pada hari Sabtu tanggal 22 November 2008 dan Jumat tanggal 19 Desember 2008 pada setiap titik-titik lokasi pengukuran. Data Sabtu tanggal 22 November 2008 digunakan sebagai data input dan untuk validasi terhadap simulasi yang dibuat, sedangkan pada hari Jumat tanggal 19 Desember 2008 digunakan sebagai pembandingan pada pengukuran sebelumnya untuk analisis penelitian.

Hasil pengolahan data pada hari Sabtu tanggal 22 November 2008

Tabel 4.1 Data distribusi kecepatan udara

Posisi	Jam	Waktu Pengukuran ke	Nilai pada pengukuran					avg	SD	SDavg	Nilai ukur
			1	2	3	4	5				
1	10:41	1	0	0	0	0	0	0	0	0.179	0.1427
	14:58	2	0.02	0.07	0.02	0.95	1.08	0.43	0.5382		
	17:12	3	0	0	0	0	0	0	0		
2	10:44	1	0	0.43	0.45	0.69	0.68	0.45	0.2799	0.3	0.3587
	15:05	2	0	0	0	1.21	0.05	0.25	0.5360		
	17:15	3	0.43	0.36	0.24	0.39	0.45	0.37	0.0826		
3	10:51	1	0.46	0.57	0.68	1.03	0.52	0.65	0.2262	0.16	0.2787
	15:12	2	0	0	0	0.43	0.49	0.18	0.2528		
	17:20	3	0	0	0	0	0	0	0		
4	11:00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15:19	2	0	0	0	0	0	0	0		
	17:28	3	0	0	0	0	0	0	0		
5	11:10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

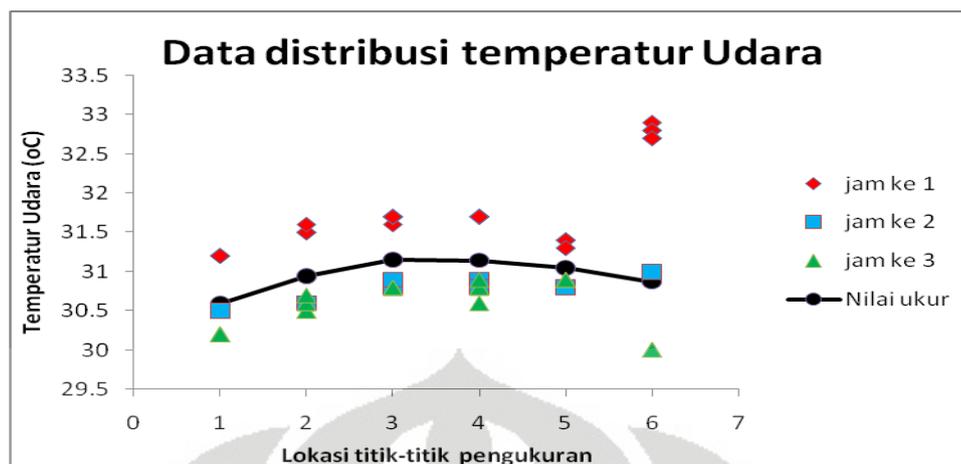
	15:21	2	0	0	0	0	0	0	0		
	17:35	3	0	0	0	0	0	0	0		
6	11:15	1	0	0.38	0.38	0.21	0.17	0.23	0.1596	0.105	0.3593
	15:32	2	0.24	0.42	0.47	0.42	0.55	0.42	0.1138		
	17:08	3	0.36	0.44	0.44	0.44	0.47	0.43	0.0412		



Gambar 4.1 Grafik data distribusi kecepatan udara pada setiap lokasi pengukuran

Tabel 4.2 Data distribusi Temperatur Udara

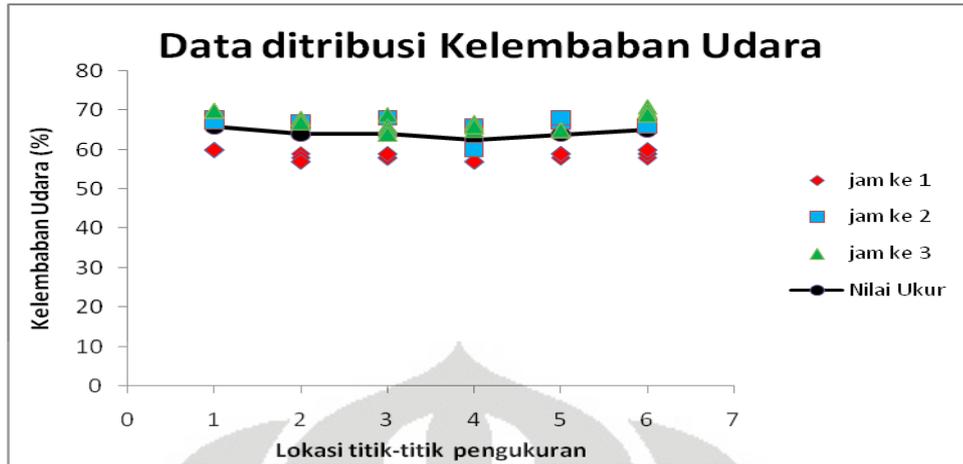
Posisi	Jam	Waktu Pengukuran ke	Nilai pada pengukuran					avg	SD	SDavg	Nilai ukur
			1	2	3	4	5				
1	10:41	1	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	0	0	30.5933
	14:58	2	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	0		
	17:12	3	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	0		
2	10:44	1	31.5	31.5	31.5	31.5	31.6	31.5	0.0447	0.043	30.9467
	15:05	2	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	0		
	17:15	3	30.5	30.5	30.6	30.6	30.7	30.6	0.0837		
3	10:51	1	31.6	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	0.0447	0.033	31.1567
	15:12	2	30.8	30.8	30.8	30.9	30.9	30.8	0.0548		
	17:20	3	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	4E-07		
4	11:00	1	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	0	0.051	31.14667
	15:19	2	30.9	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	0.0447		
	17:28	3	30.8	30.6	30.8	30.8	30.9	30.8	0.1095		
5	11:10	1	31.4	31.4	31.4	31.3	31.3	31.4	0.0548	0.018	31.04667
	15:21	2	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	30.8	4E-07		
	17:35	3	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	0		
6	11:15	1	32.9	32.8	32.8	32.7	32.7	32.8	0.0837	0.028	30.8733
	15:32	2	31	31	31	31	31	31	0		
	17:08	3	30	30	30	30	30	30	0		



Gambar 4.2 Grafik distribusi temperature Udara

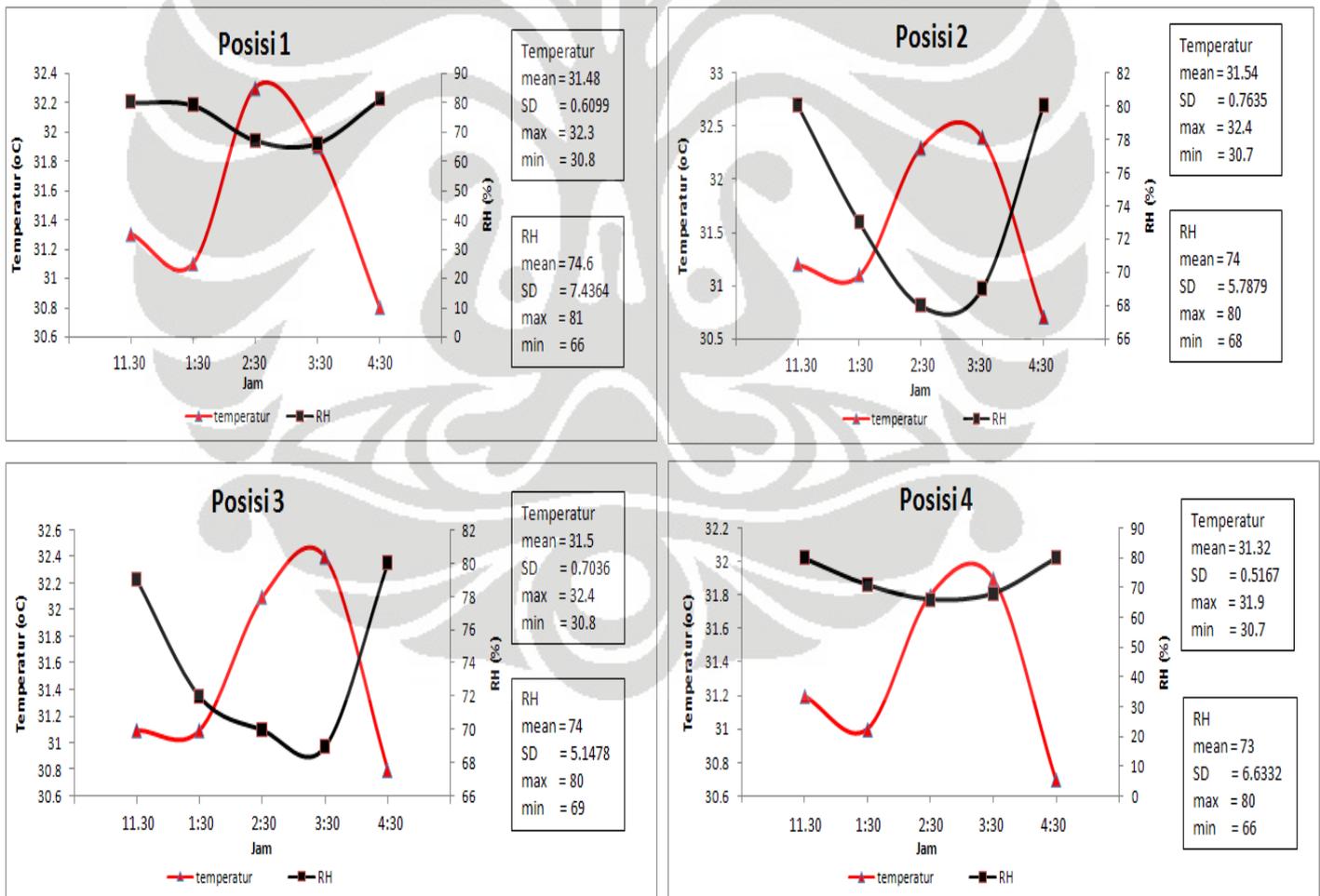
Tabel 4.3 Data distribusi Kelembaban Udara

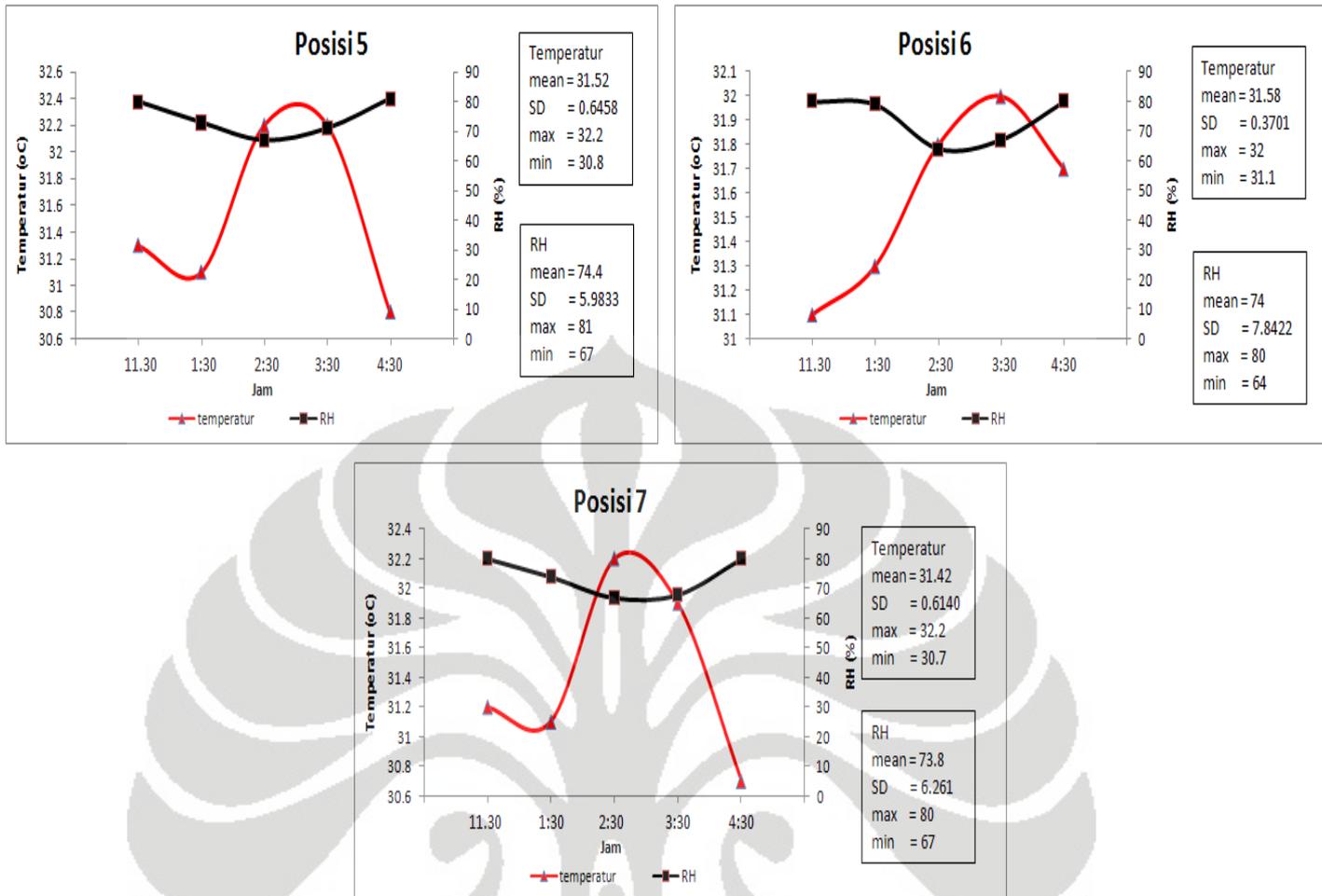
Posisi	Jam	Waktu Pengukuran ke	Nilai pada pengukuran					avg	SD	SDavg	Nilai ukur
			1	2	3	4	5				
1	10:41	1	60	60	60	60	60	60	0	0.183	65.8
	14:58	2	68	68	67	67	67	67.4	0.5477		
	17:12	3	70	70	70	70	70	70	0		
2	10:44	1	59	58	57	57	57	57.6	0.8944	0.481	64
	15:05	2	67	67	67	67	67	67	0		
	17:15	3	68	68	67	67	67	67.4	0.5477		
3	10:51	1	58	58	58	59	59	58.4	0.5477	0.874	64
	15:12	2	68	68	68	68	68	68	0		
	17:20	3	69	66	65	64	64	65.6	2.0736		
4	11:00	1	57	57	57	57	57	57	0	1.13	62.6
	15:19	2	60	66	66	66	66	64.8	2.6833		
	17:28	3	65	66	67	66	66	66	0.7071		
5	11:10	1	58	59	59	59	59	58.8	0.4472	0.298	63.8667
	15:21	2	67	68	68	68	68	67.8	0.4472		
	17:35	3	65	65	65	65	65	65	0		
6	11:15	1	58	59	59	60	60	59.2	0.8367	0.558	65
	15:32	2	66	66	66	66	66	66	0		
	17:08	3	71	70	70	69	69	69.8	0.8367		



Gambar 4.3 Grafik data distribusi kelembaban udara

Hasil pengolahan data pada hari Jumat tanggal 19 desember 2008



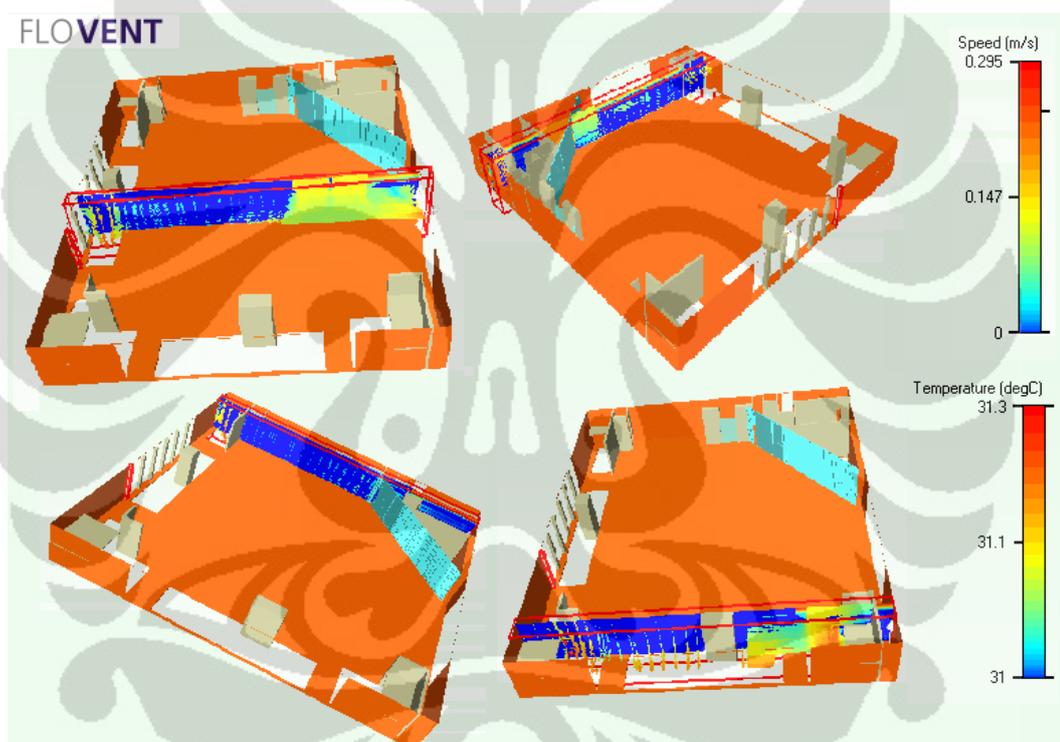


Gambar 4.4 Grafik-grafik data distribusi temperature dan kelembaban pada setiap titik-titik lokasi pengukuran

4.1.2 Hasil Simulasi CFD

Berikut adalah hasil simulasi CFD pada lantai dua Masjid At-Tahuid ARH UI dengan menggunakan FLOVENT, yang di simulasikan seperti keadaan aktual yaitu pada saat ruang kosong dan tanpa sumber panas yang ada seperti dari orang dan peralatan mekanikalnya serta tanpa diberi masukan input kecepatan udara yang berasal dari luar ruangan tersebut berdasarkan data input yang diambil pada hari sabtu tanggal 22 November 2008. Hasil simulasi tersebut berupa distribusi temperatur dalam bentuk bidang di dalam ruangan tersebut pada setiap lokasi titik-titik pengukuran, yang

digunakan untuk validasi apakah sudah sesuai atau tidak dengan aktualnya. Setelah itu baru dilakukan variasi simulasi yaitu dengan menambahkan atau memasukan jumlah orang yang berada didalamnya sebanyak 700 orang dan tidak memasukan sumber panas lainnya peralatan mekanikalnya seperti dari lampu, kipas angin, sound sistem dsb serta tidak memasukan tanpa diberi masukan input kecepatan udara yang berasal dari luar ruangan (asumsi kondisi minimum yaitu pada saat tidak ada angin yang masuk dan peralatan mekanikal tidak dihidupkan), untuk mengetahui bagaimana pola dan distribusi aliran udaranya dan temperature pada kondisi tersebut.

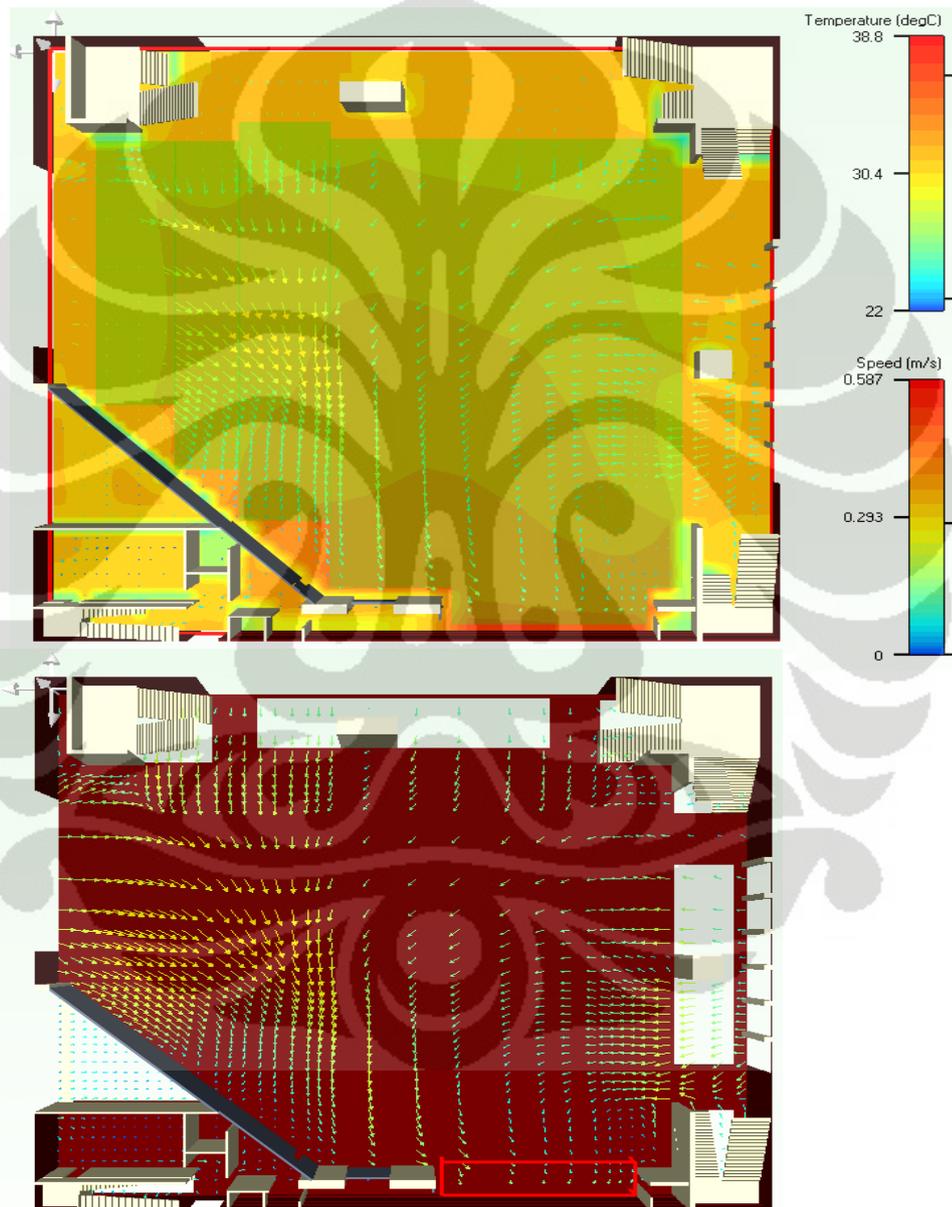


Gambar 4.5 Gambar pada bidang, distribusi temperatur pada setiap titik-titik lokasi pengukuran yang untuk divalidkan dengan data pengukuran.

Dari gambar diatas besar nilai temperatur pada semua titik-titik pengukuran besarnya hampir sama yaitu 31°C , dan besar temperatur tersebut hampir sama dengan temperatur di luar ruangannya yaitu sebesar $31,2^{\circ}\text{C}$. Ini disebabkan karena pengaruh yang disebabkan dari adanya bukaan (ventilasi

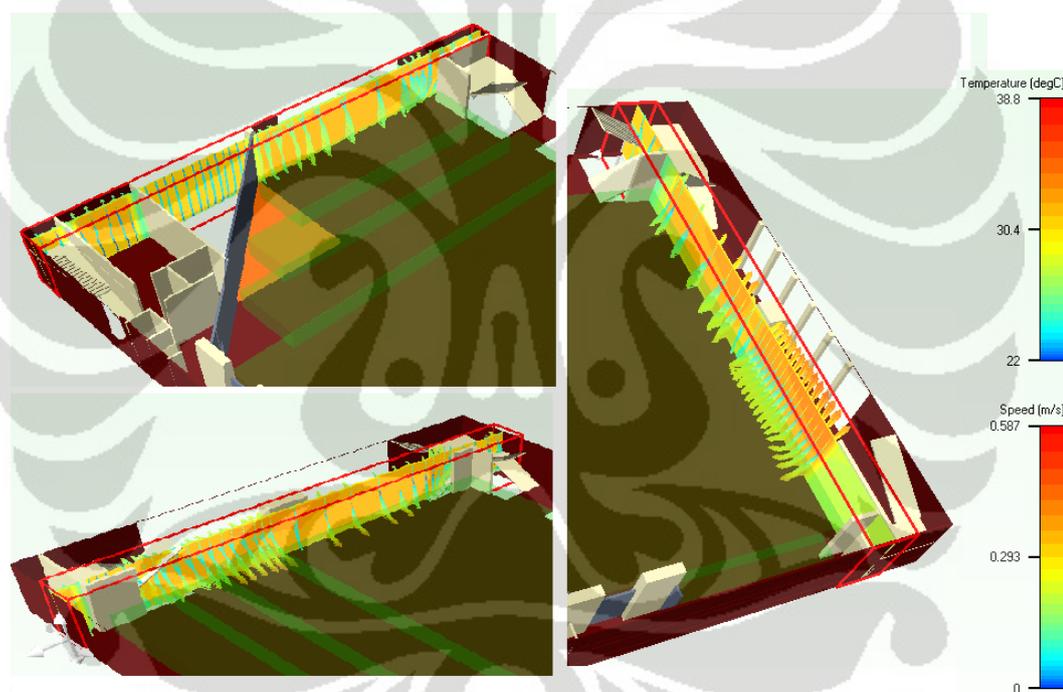
alami) tersebut yang didekatnya. Dan arah vektor kecepatannya menuju keluar ruangan atau ke lubang/bukaan yang didekatnya yang disebabkan karena perbedaan temperatur di dalam dengan diluar yang lebih besar.

Hasil simulasi pada kondisi ruangan diisi dengan orang dan tanpa peralatan mekanikal lainnya seperti lampu, kipas angin dsb dan tanpa di beri masukan angin dari luar ruangan.



Gambar 4.6 Distribusi dan vektor kecepatan temperature secara horizontal (pada bidang Y dengan ketinggian 1,7 m)

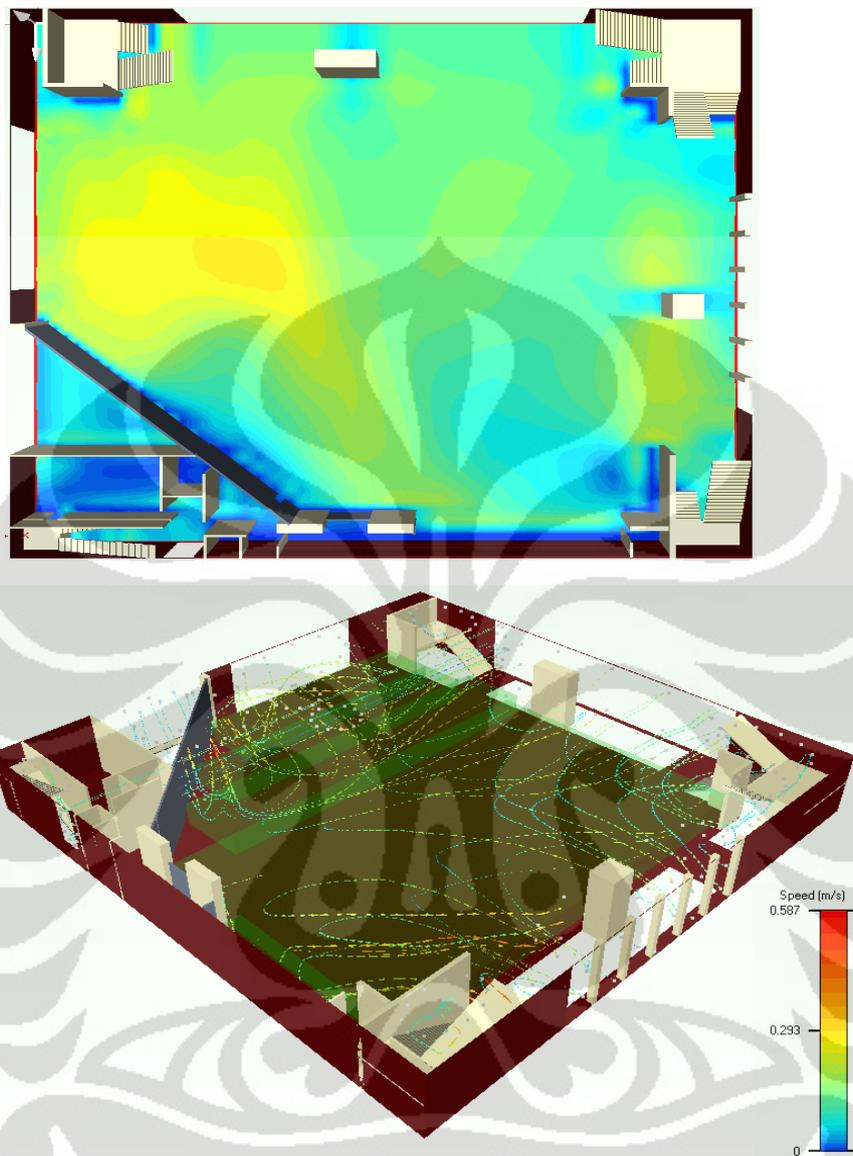
Dari gambar diatas terlihat bahwa vektor kecepatan aliran udara dan temperaturnya dari luar ruangan akan masuk menuju kedalam ruangan tersebut melalui bukaan yang ada. Ini disebabkan karena perbedaan temperature luar yang besarnya $31,2^{\circ}\text{C}$ dan temperature dalam yang lebih besar yaitu $31,3^{\circ} - 31,8^{\circ}\text{C}$ pada dekat-dekat lubang-lubang bukaan sedangkan ditengah-tengah ruangan sebesar $33,5^{\circ}\text{C}$ yang diberasal dari panas tubuh orang yang berada didalam tersebut dan daerah disekitar titik pengukuran ke 7 juga besar, karena lokasinya yang jauh dari bukaan-bukaan yang ada sedangkan ruangan-ruangan yang berada didekat lokasi pengukuran ke 6 temperaturnya hampir sama dengan luar ruangan yaitu sebesar $31,3^{\circ}\text{C}$ ini disebabkan karena dekat dengan lubang yang ada di lokasi pengukuran ke 6 tersebut.



Gambar 4.7 Gambar distribusi dan vektor kecepatan temperatur secara vertikal (pada bidang X dan Z) pada lokasi-lokasi pengukuran

Dari gambar terlihat vektor kecepatan anginnya akan bergerak dari bawah menuju ke atas ini disebabkan karena perbedaan temperatur di bawah lebih kecil dengan di atas efek gaya buoyancy/apung. Pada daerah bawah vector kecepatannya dari luar ruangan menuju ke dalam sedangkan pada daerah atas atau semakin menuju keatas vektor kecepatannya akan menuju keluar ruangan melalui

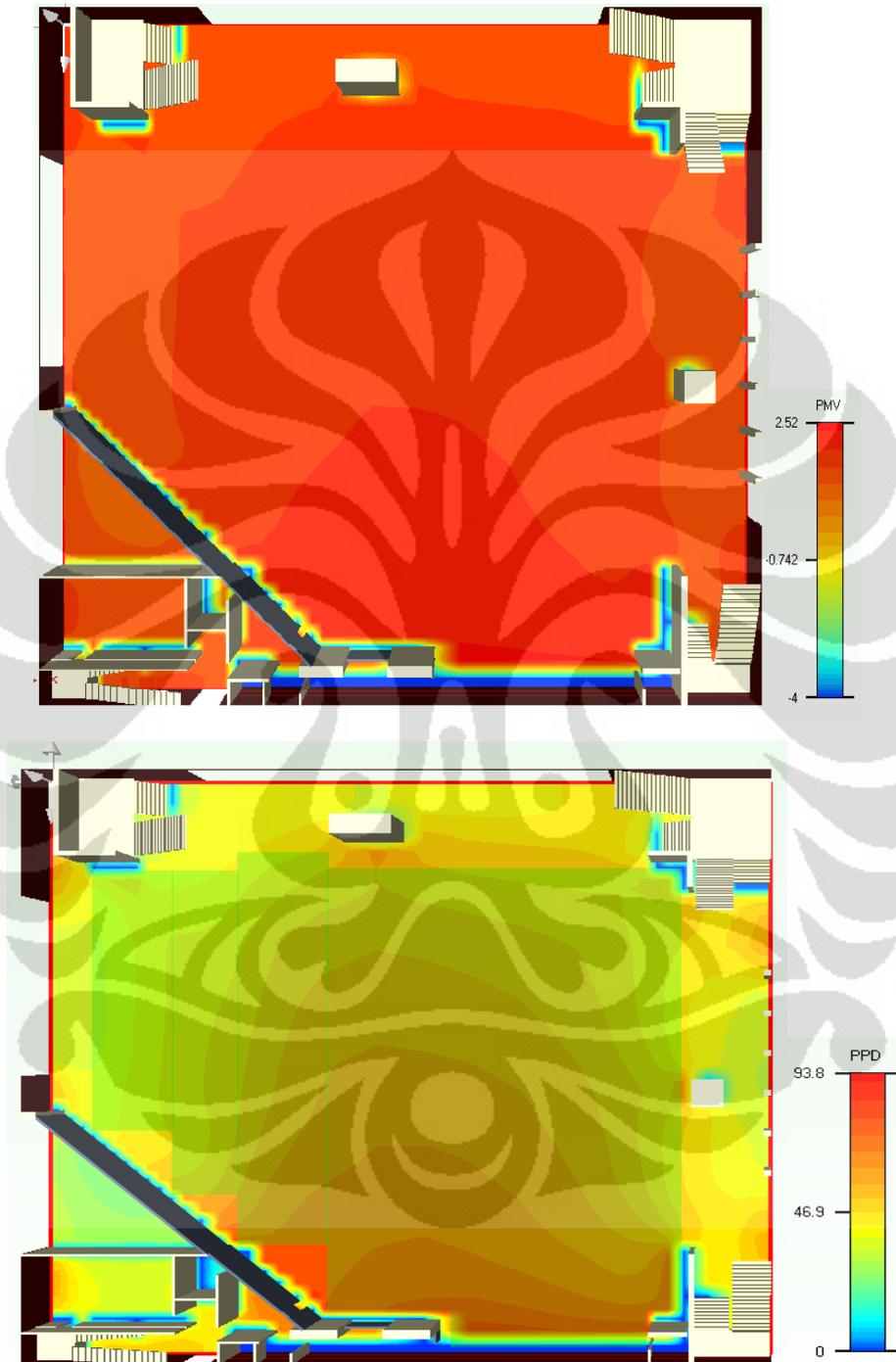
bukaan-bukaan yang ada. Dan di daerah tangga vektor kecepatannya sesuai dengan bentuk tangga tersebut dan menuju ke bukaan dan keatas.



Gambar 4.8 Gambar aliran dan distribusi kecepatan udara secara bidang ($Y = 1,7\text{m}$) dan lintasan yang berasal dari bukaan-bukaan yang ada

Gambar diatas menunjukkan jalur atau track aliran yang berasal dari bukaan-bukaan yang ada. Terlihat dari bidang dan jalur aliran tersebut ada bagian dari lokasi-lokasi tertentu yang ada diruangn tersebut yang tidak dilalui oleh aliran tersebut, ini disebabkan letaknya yang jauh dari bukaan-bukaan yang ada dan karena terhalang atau ada penghalang yang ada. Aliran ini terjadi karena

perbedaan temperatur didalam dan di luar ruangan. Aliran tersebut bergerak secara vertical dan horizontal serta ada yang laminar dan turbulen.

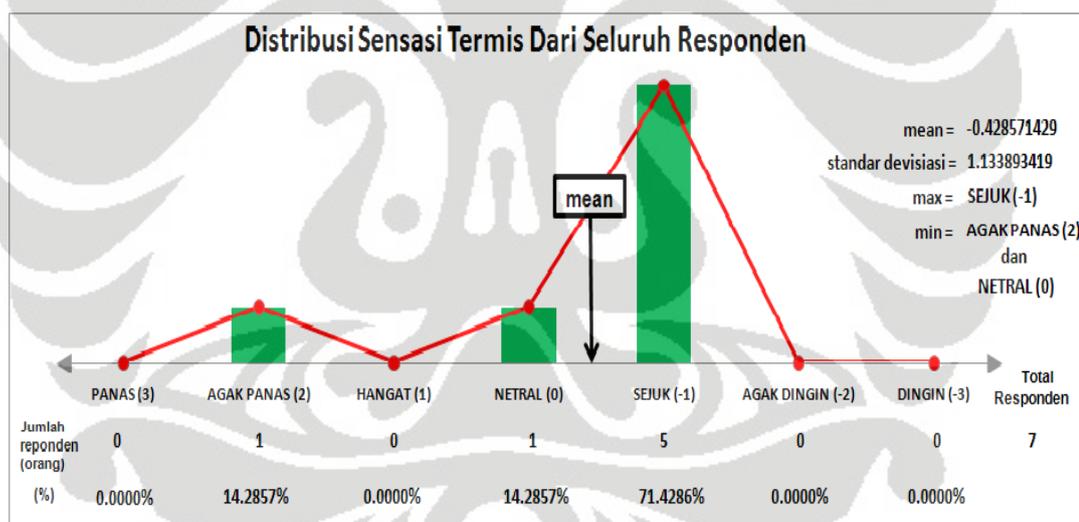


Gambar 4.9 Gambar PMV dan PPD pada bidang $Y = 1,7$ m

Gambar diatas yaitu hasil perhitungan dan simulasi untuk Prediksi Sensasi Termis Rata-rata (Predictd Mean Vote (PMV)) dan Prediksi Prosentase Ketidaknyamanan (Predicted Percentage Dissatisfied (PPD) pada FLOVENT. Dari gambar tersebut nilai PMV rata-rata ruangan atau sebagian besar berada pada interval hangat (Slightly warm) +1 sampai dengan agak panas (warm) +2. Ini disebabkan temperature rata-rata ruangan tersebut bekisar 31,2° C atau diatas acuan kenyamanan thermal dari ASHRAE, karena FLOVENT menghitung index PMV tersebut berdasarkan rumus standar tersebut. Sedangkan untuk besar nilai PPD rata-ratanya pada interval 30% – 60%, ini menunjukkan bahwa kira-kira ada 30% – 60% yang merasa tidak nyaman di lokasi tersebut.

4.1.3 Hasil Kuesioner

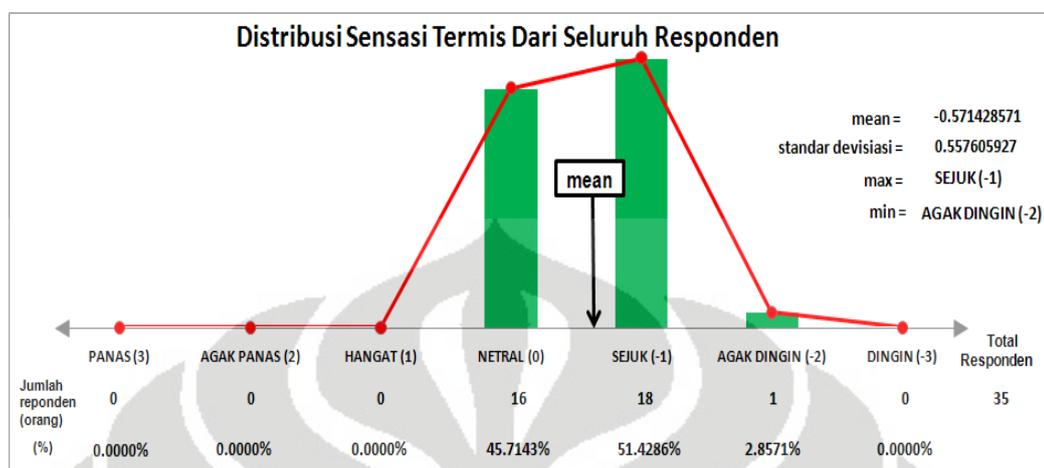
Berikut adalah hasil pengolahan data kuesioner yang dilakukan pada ruangan tersebut :



Gambar 4.10 Grafik hasil kuesioner pada hari Jumat, tanggal 5 Desember 2008
Keadaan cuacanya cerah

Dari grafik tersebut maksimum responden memilih sejuk (-1) sebanyak 5 orang dan minimal memilih agak panas (2) dan netral (0) sebanyak masing-masing 1 orang dari total responden 7 orang. Dari data-data tersebut rata-ratanya – 0,428571429 atau berada di daerah netral dan sejuk sedangkan standar deviasi data tersebut sebesar 1,3389. Pada saat pengambilan data belum ada kipas angin

yang dipasang atau dinyalakan dan orang yang melakukan shalat hanya kira-kira 3 shaft saja.



Gambar 4.11 Grafik hasil kuesioner pada Jumat, tanggal 19 Desember 2008
Keadaan Cuaca berawan (pagi s.d siang) ; Sore hujan ringan

Dari grafik tersebut maksimum reponden memilih sejuk (-1) sebanyak 18 orang dan minimum memilih agak dingin (-2) sebanyak 1 orang dari total reponden berjumlah 35 orang. Dan rata-rata pada hasil kuesioner ini -0,57142571 atau berada di interval netral (0) dengan sejuk (-1), sedangkan standar deviasi data tersebut sebesar 0.557605927. Pada saat pengambilan data kipas angin sudah terpasang dan di hidupkan semuanya dan orang yang melakukan shalat di ruangan tersebut hampir memenuhi dari kapasitas yang ada diruangan tersebut.

4.2 ANALISA HASIL PENGUKURAN DAN SIMULASI

Analisa simulasi ini meliputi menerangkan bahwa apakah hasil simulasi yang telah dibuat telah sesuai (valid) berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan pada hari sabtu tanggal 22 November 2008 atau sesuai keadaan aktual atau kondisi pada bangunan tersebut dengan simulasi yang dilakukan yaitu pada saat ruang kosong dan tanpa sumber panas yang ada seperti dari orang dan peralatan mekanikalnya serta tanpa diberi masukan input kecepatan udara yang berasal dari luar ruangan dan melakukan variasi simulasi yaitu dengan menambahkan jumlah orang pada rungan tersebut

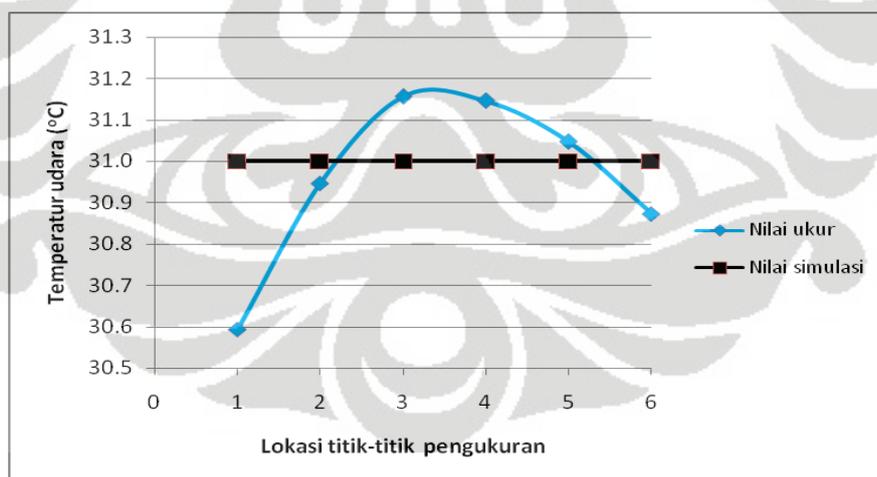
serta membandingkan hasil simulasi dengan data hasil kuesioner yang dilakukan pada lantai tersebut berdasarkan dua kali hasil pengambilan data kuesioner, apakah keadaannya telah sesuai dengan acuan kenyamanan dari segi termis yang telah disebutkan dalam dasar teori dan bagaimana persepsi/tanggapan orang yang melakukan kegiatan di ruangan tersebut.

Analisis Temperatur Udara

Berdasarkan hasil pengukuran sabtu tanggal 22 November 2008 dengan hasil simulasi yang dibuat (gambar 4.5) didapat sebagai berikut :

Tabel 4.4 Nilai ukur dan simulai serta error temperatur udara

Posisi	Nilai ukur (°C)	Nilai simulasi (°C)	Error (%)
1	30.5933	31	1.329266
2	30.9467	31	0.17234
3	31.1567	31	0.502835
4	31.1467	31	0.47089
5	31.0467	31	0.150311
6	30.8733	31	0.410279



Grafik 4.12 Nilai ukur dan simulai serta error temperature udara

Dari hasil ukur dan simulasi perbedaan (error) yang terjadi cukup kecil rata-rata dibawah dua persen untuk setiap titik-titik lokasi pengukuran, dari kedua hasil data diatas dapat dinyatakan bahwa data hasil simulasi yang

dilakukan telah sesuai dengan data hasil pengukuran. Dengan rata-rata temperatur pada pengukuran sebesar 30.9606°C sedangkan maksimum temperaturnya 31.1567°C dan minimum temperaturnya 30.5933°C . Dan untuk rata-rata temperature simulasinya sebesar 31°C .

Dan untuk selanjutnya dapat dilakukan variasi terhadap simulasi tersebut, yaitu memasukan jumlah orang. Berdasarkan simulasi (gambar 4.4), maka di dapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.5 hasil simulasi distribusi temperatur udara pada setiap titik-titik pengukuran jika ditambahkan orang

Posisi	Nilai simulasi ($^{\circ}\text{C}$)
1	31.6
2	31.5
3	29
4	33.4
5	31.5
6	32.3

Dari table diatas tersebut didapat bahwa temperatur rata-ratanya sebesar 31.55°C , sedangkan temperatur maksimumnya 33.4°C dan temperatur minimumnya 29°C . Serta berdasarkan hasil pengukuran hari jumat tanggal 19 Desember 2008 didapat bahwa rata-rata temperatur udara sebesar $31,48^{\circ}\text{C}$, sedangkan temperatur maksimumnya 32.4°C dan temperatur minimumnya 30.7°C .

Maka, berdasarkan dari acuan kenyamanan termis yang disyaratkan yaitu $26,5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ suhu udara atau suhu operasi menurut Tri Harso Karyo dan ASHRAE yaitu $23^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$, maka hasil yang diperoleh dari pengukuran dan simulasi lebih besar dari acuaan kenyamanan yang disyaratkan.

Analisis Kecepatan Udara

Berdasarkan data pengukuran table 4.1 pada hari Sabtu tanggal 22 November 2008, dengan rata-rata sebesar 0.19 m/s Dan berdasarkan simulasi gambar 4.8 didapat 0.121 m/s, karena nilainya berada diantara 0,1 m/s dan 1,5 m/s maka memenuhi standar ASHRAE untuk kecepatan ruang yang nyaman karena. Memang dari kedua hasil tersebut besar nilainya kecepatan udaranya masih rendah untuk kulit dapat merasakannya walaupun nilainya berada dalam kategori nyaman menurut ASHRAE, ini disebabkan pada pengukuran tersebut keadaannya memang tidak begitu banyak angin sedangkan pada simulasi belum dimasukkannya aliran udara yang masuk dan diberi kipas angin.

Analisa Kelembaban Udara

Berdasarkan table 4.2 dan gambar 4.3, didapat rata-rata kelembaban udara 64.2111%, dengan maksimum 65,8 % dan minimum 62,6% dan data pengukuran pada hari Jumat tanggal 19 Desember 2008 didapat rata-rata kelembaban udaranya sebesar 73.9714% dengan maksimum 81% dan minimum 64%, maka berdasarkan kedua data tersebut nilainya diatas kelembaban standar ASHRAE (30% - 60%) untuk ruangan yang nyaman. Ini terjadi karena pengaruh lingkungan dari bangunan tersebut. Maka pada kondisi panas dan lembab dimana tingkat kelembaban udara tinggi lebih dari 60% atau sesuai kondisi tersebut, untuk membuat nyaman maka diperlukan aliran udara dapat menjadi salah satu metode yang paling murah untuk memperoleh kenyamanan termis pada ruangan tersebut.

4.3 ANALISA HASIL KUESIONER

Berdasarkan data sample yang diperoleh tanggal 5 Desember 2008 tersebut, maka untuk menyimpulkan populasi tersebut dilakukan estimasi/penaksiran berdasarkan data parameter-parameter sample yang didapat tersebut. Hasilnya sebagai berikut :

Asumsi distribusi parameter populasi tersebut berdistribusi normal, maka untuk mengestimasi temperatur rata-rata (mean) sesungguhnya ruangan masjid tersebut berdasarkan data sample yang didapat dengan tingkat kepercayaan 95 %, karena jumlah data/ukuran sample berukuran kecil ($n < 30$), maka digunakan distribusi-t dalam perhitungannya.

Jumlah sample (n)	7
Rata-rata sample (mean)	-0.4286
standard deviasi smple (SD)	1.133893
Tingkat kepercayaan	0.95
α	0.05
df (v)	6
$t_{\alpha/2,v}$	2.447

Interval rata2 populasinya : -1.47729 < rata2 < 0.620143

Dari hasil tersebut bahwa rata-rata populasi dari ruangan tersebut berdasarkan data sample yang didapat rata-ratanya berada diantara netral dan sejuk.

Sedangkan Berdasarkan data sample yang diperoleh tanggal 20 Desember 2008 tersebut, maka untuk menyimpulkan populasi tersebut dilakukan estimasi/penaksiran berdasarkan parameter-parameter sample yang didapat. Hasilnya sebagai berikut :

Asumsi distribusi parameter populasi tersebut berdistribusi normal, maka untuk mengestimasi temperatur rata-rata (mean) sesungguhnya ruangan masjid tersebut berdasarkan data sample yang didapat dengan tingkat kepercayaan 99 %, karena jumlah data/ukuran sample berukuran besar ($n > 30$), maka digunakan distribusi-z dalam perhitungannya.

Jumlah populasi	(N)	700
Jumlah Sample	(n)	35
Rata-rata Sample	(mean)	-0.57143
Standard Deviasi Sample	(SD)	0.557606
Tingkat kepercayaan	99%	
maka skor	(z)	2.575
Interval rata-rata populasinya		
-0.80815	<	rata2 < -0.3347043

Jadi, dari hasil tersebut bahwa rata-rata populasi dari ruangan tersebut berdasarkan data sample yang didapat rata-ratanya berada di antara netral dan sejuk.

Jadi, berdasarkan dari hasil kuesioner yang diperoleh pada hari jumat 5 Desember 2008 rata-rata orang merasakan berada pada daerah netral dan sejuk interval dengan total 7 orang responden sedangkan pada hari jumat 19 Desember 2008 rata-rata orang merasakan juga berada pada daerah netral dan sejuk juga dengan total 35 orang responden. Ini terjadi disebabkan karena rata-rata orang tersebut beralasan karena ventilasi yang ada sudah memadai apalagi pada kuesioner yang dilakukan hari Jumat tanggal 20 Desember 2008 dihidupkannya kipas angin sehingga terjadinya aliran dan hembusan udara cukup nyaman yang mengenai tubuh orang tersebut dan luas bukaan-bukaan yang ada sudah cukup memadai. Ini terjadi karena aliran dan hembusan angin yang masuk atau diberikan melalui ventilasi alami maupun ventilasi buatan yaitu bukaan-bukaan dan kipas angin yang ada di ruangan tersebut sudah cukup memadai sehingga dapat menipu atau membuat perasaan kita tentang temperatur udara tersebut agar kita merasakan lebih nyaman dan sejuk, walaupun temperatur udaranya lebih besar (terhadap kondisi acuan temperatur kenyamanan thermal) di dalam ruangan tersebut ataupun dapat menurunkan temperatur udara dalam ruangan tersebut serta jumlah ventilasi baik alami maupun mekanikal dirasa sudah cukup untuk membuat nyaman dan sejuk. Dan temperatur dalam ruangan tersebut dipengaruhi oleh keadaan cuaca atau temperatur di luar ruangan karena di dalam ruangan terjadi kontak langsung dengan diluar ruangan (lingkungan). Dan juga karena lantainya memakai marmer sehingga akan membuat nyaman dan sejuk pada ruangan tersebut.

4.4 BEBAN PENDINGINAN YANG DIBUTUHKAN

Untuk mencari beban pendinginan yang dibutuhkan, maka digunakan program CoolPack untuk perhitungannya, berikut hasil perhitungannya :

COOLING DEMAND FOR AN AIR-CONDITIONED ROOM

HEAT TRANSFER THROUGH BUILDING PARTS

	k - value [W/(m ² ·K)]	T [°C]	A _{WIN} [m ²]	q _{WIN} [W/m ²]
WALL 1	0.25	31.4	0	50
WALL 2	0.25	31.1	1.5	60
WALL 3	0.25	31.9	2	50
WALL 4	0.25	31.6	0	0
FLOOR	0.25	10		
CEILING	0.25	30	0	80

WALL 2: $\dot{Q}_{TRANS} = -4.20$ [kW]

Room Parameters:
 T_{ROOM} [°C]: 28
 RH_{ROOM} [%]: 40
 Volume: 6171 [m³]
 Length [m]: 31.16 Width [m]: 40.17 Height [m]: 4.93

AIR CHANGE (infiltration)

T_{AIR,IN} [°C]: 31.2 RH_{AIR,IN} [%]: 64 Air Change Factor (ACF): 6 $\dot{Q}_{INFILT} = 9.97$ [kW]
 ACF: 6 [room vol. per 24 hour] Volume flow: 1543 [m³/h]

AUXILIARY LOADS

No. of persons [-]: 700 Work type: Medium $\dot{q} = 115$ [W/person] at T_{ROOM}: 28 [°C] $\dot{Q}_{AUX} = 97.39$ [kW]
 Fans [kW]: 0.350 Other heat developing equipment [kW]: 10.000
 Lighting: 6264 [W]

Summary: $\dot{Q}_{TOT} = 103.17$ [kW] SHR: 92 [%]

Gambar 4.13 Beban pendinginan yang dibutuhkan

Dari hasil perhitungan tersebut maka beban pendinginan yang dibutuhkan yaitu sebesar $103.17 \text{ kW} = 29.33299215 \text{ TR}$.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Simulasi dan modeling aliran udara dan temperatur yang dilakukan dengan FLOVENT dapat dianalisis karena menunjukkan hasil yang serupa atau hanya terjadi perbedaan (error) yang terjadi cukup kecil terhadap hasil pengukuran atau berdasarkan data yang diperoleh (kondisi aktual) pada hari sabtu tanggal 22 November 2008, dengan rata-rata dibawah satu persen atau validasi yang cukup tinggi untuk setiap titik-titik lokasi pengukuran.

Dalam penggambaran geometri atau model simulasi pada FLOVENT dapat dilakukan dengan program CAD apa saja lalu ditrasfer (import) ke FLOVENT melalui FLOMCAD setelah itu ditransfer ke FLOVENT dengan sebelumnya melalui proses penyederhanaan gambar yang telah dibuat tersebut., untuk mempercepat pembentukan geometri atau model yang diinginkan.

Dari hasil pengukuran dan simulasi disimpulkan bahwa temperatur diluar dan di dalam ruangan nilainya lebih besar dari acuan temperatur standar kenyamanan thermal. Tetapi secara keseluruhan ruang ibadah tersebut dinilai baik (memberikan sensasi sejuk dan netral) berdasarkan kuesioner yang dilakukan karena sebagian besar rata-rata reponden menjawab merasakan sensasi pada daerah netral dan sejuk. Ini terjadi karena aliran dan hembusan angin yang masuk atau diberikan melalui ventilasi alami maupun ventilasi buatan yaitu bukaan-bukaan dan kipas angin yang ada di ruangan tersebut sudah cukup memadai sehingga dapat menipu atau membuat perasaan kita tentang temperatur udara tersebut agar kita merasakan lebih nyaman dan sejuk, walaupun temperatur udaranya lebih besar (terhadap kondisi acuan temperatur nyaman thermal) di dalam ruangan tersebut ataupun dapat menurunkan temperatur udara dalam ruangan tersebut serta jumlah ventilasi baik alami maupun mekanikal dirasa sudah cukup untuk membuat nyaman dan sejuk. Dan temperatur dalam ruangan tersebut

dipengaruhi oleh keadaan cuaca atau temperatur di luar ruangan karena di dalam ruangan terjadi kontak langsung dengan diluar ruangan (lingkungan). Dan juga karena lantainya memakai marmer sehingga akan membuat nyaman dan sejuk pada ruangan tersebut.

Dari hasil pengukuran dan simulasi mengenai kecepatan udara yang di dapat disimpulkan bahwa memenuhi standar ASHRAE, tetapi hasil tersebut besar nilainya kecepatan udaranya masih rendah untuk kulit dapat merasakannya, agar terjadi penyejukan fisiologis (kecepatan udara antara 0,5 ~ 1 m/s). Hasil pengukuran lapangan menunjukkan bahwa permasalahan paling mendasar adalah kecepatan pergerakan udara dalam ruang yang terlalu rendah pada waktu pengukuran tersebut dilakukan. Maka untuk membuat menjadi nyaman dan sejuk dapat dilakukan dengan cara menaikkan kecepatan angin yaitu dengan memakai kipas angin agar memperbaiki kondisi tersebut.

Sedangkan dari hasil pengukuran terhadap kelembaban udara disimpulkan bahwa rata-rata kelembaban udara didalam dan di luar ruangan tersebut di atas acuan standar kenyamanan dari ASHRAE. Ini terjadi dari karena memang di Indonesia (tropis lembab) diantaranya mempunyai ciri-ciri iklim dan cuaca kelembaban udara juga tinggi yaitu antara 60 - 95%. Maka pada kondisi panas dan lembab dimana tingkat kelembaban udara tinggi lebih dari 60% atau sesuai kondisi tersebut, untuk membuat nyaman maka diperlukan aliran udara (ventilasi) dapat menjadi salah satu metode yang paling murah untuk memperoleh kenyamanan termis pada ruangan tersebut.

Dan hasil dari pengukuran, simulasi dan wawancara dari orang yang melakukan aktivitas di ruangan dan staff pembangunan masjid tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa secara keseluruhan bangunan tersebut dalam hal ini pada lantai dua dinilai sudah cukup baik dan dapat menimbulkan rasa atau sensasi nyaman dan sejuk, tetapi yang harus diperhatikan pada sisi sebelah barat masjid tersebut, dekat jendela kaca atau sekitarnya masih terasa panas karena radiasi panas dari matahari yang menyinari ketika matahari berada di sisi atau sudah sebelah barat.

5.2 SARAN

Untuk pembuatan simulasi pada FLOVENT agar membuat asumsi-asumsi untuk penyederhanaan model/geometri tersebut tetapi masih tetap mengizinkan model atau geometri tersebut dapat tetap memenuhi informasi yang cukup untuk tingkatan keakuratan bentuk yang diperlukan dan atau melakukan import geometri dari FLOMCAD lalu di transfer ke FLOVENT.

Memberikan tirai atau penghalang pada sisi sebelah barat masjid, sehingga bila terasa panas tirai tersebut dapat ditutup ataupun menanam pohon agar menghalangi sinar matahari secara langsung ketika matahari sudah atau berada di senalah barat. Atau pun meletakkan fan standing floor pada lokasi tersebut, atau mengganti ataupun merubah bentuk jendela kaca pada sisi sebelah barat masjid tersebut dengan material lain atau merubah bentuknya jendelanya.

Dan karena kenyamanan dan perasaan nyaman adalah penilaian komprehensif terhadap lingkungannya, maka salah satunya yaitu agar menciptakan suasana yang nyaman pada ruangan dan lingkungan disekelilingnya untuk membuat nyaman beraktivitas didalamnya seperti selalu menjaga dan merawat kebersihan ruangan dan lingkungan di sekelilingnya.

Memikirkan atau melakukan penelitian yang lebih lanjut terhadap nilai index atau sensasi kenyamanan thermal untuk orang Indonesia dalam hal ini kenyamanan thermal pada bangunan ruang ibadah (masjid) untuk dijadikan sebagai acuan nyaman termis.

Dan untuk memperoleh disain ruangan ibadah tersebut hasil simulasi ataupun hasil desain sebenarnya yang lebih baik, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan input parameter yang lebih lengkap seperti variasi kecepatan angin, variasi bentuk geometri dan bahan bangunan, peralatan yang digunakan, variasi jumlah orang dsb.

DAFTAR PUSTAKA

Adrianto, Dimas. 2007. Skripsi. *Investigasi Pola Aliran Udara Pada Sistem Ruang Bersih Farmasi*. Depok. DTM FTUI.

ASHRAE 2001 - HVAC Fundamentals Handbook. *Chapter 8 : Thermal Comfort*. March 28, 2008.

[http://rapidshare.de/files/22842749/ASHRAE 2001 HVAC Fundamentals hand book 4AH.rar](http://rapidshare.de/files/22842749/ASHRAE_2001_HVAC_Fundamentals_handbook_4AH.rar)

FLOVENT V6.1 Introductory Training Course. Tutorial Book.

Harinaldi. 2005. *Prinsip-prinsip Statistika Untuk Teknik dan Sains*. Jakarta : Erlangga.

<http://flomerics.com>

http://www.lumasense.dk/Comfort-Theory.thermal_comfort.0.html

Karyono, Tri Harso. 1998. *Teori dan Acuan Kenyamanan Termis dalam Arsitektur*. Jakarta : PT Catur Libra Optima.

Rendra, Septa. 1998. *Kualitas Udara Dalam Ruang*. DIKTI.

Satwiko, Prasasto. 2004. *Fisika Bangunan 1*. Edisi 1. Yogyakarta : ANDI.

Sudjana. 2002. *Metoda Statistika*. Bandung : Tarsito.

Sugini. Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. *The Effectiveness Of The PMV Model In Predicting The Quality Of Thermal Comfort In Learning Environments In a Warm Humid Tropical Zone*. October 18, 2008.

<http://www.fab.utm.my/download/ConferenceSemiar/SENVAR52004SPS105.pdf>

Soegijanto, FX Nugroho Soelami and Tata Yohana. Department of Engineering Physics ITB. *Study on Thermal Comfort in Istiqlal Mosque*. October 18, 2008.

<http://www.fab.utm.my/download/ConferenceSemiar/SENVAR52004SPS104.pdf>

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM. Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi Pada Bangunan Gedung. SK SNI T-14-1993-03. Bandung : Yayasan LPMP.

Tata Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara Pada Gedung.
October 18, 2008

<http://www.pu.go.id/balitbang/sni/buat%20web/RSNI%20CD/ABSTRAKS/Cipta%20Karya/Keselamatan/TATA%20CARA/SNI%2003-6572-2001.pdf>

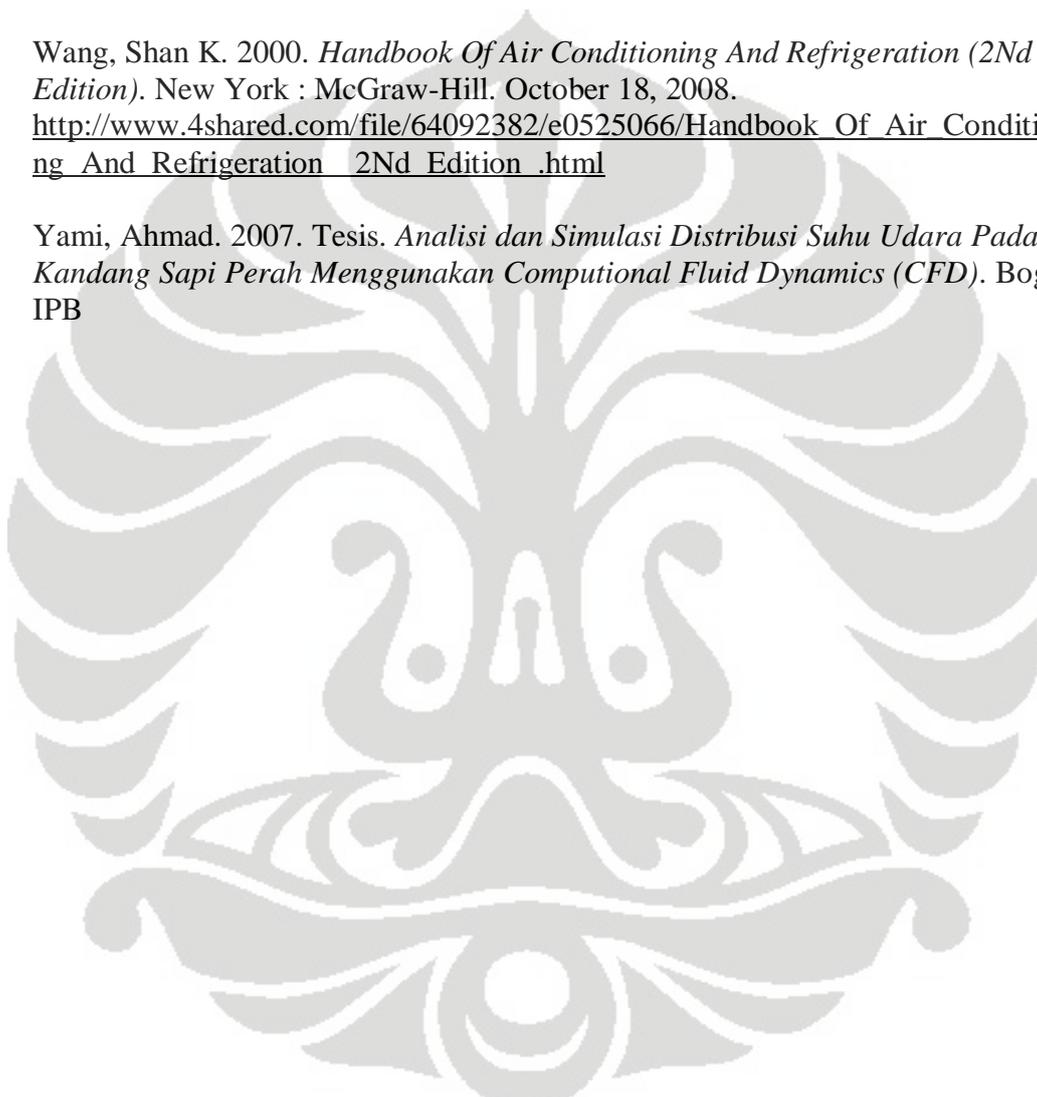
Universitas Indonesia. 2008. *Pedoman Teknis Penulisan Tugas Akhir Mahasiswa*.
December 21, 2008.

http://www.eng.ui.ac.id/download/SK_REKTOR_TENTANG_PEDOMAN_PENULISAN_AKHIR.pdf

Wang, Shan K. 2000. *Handbook Of Air Conditioning And Refrigeration (2Nd Edition)*. New York : McGraw-Hill. October 18, 2008.

http://www.4shared.com/file/64092382/e0525066/Handbook_Of_Air_Conditioning_And_Refrigeration_2Nd_Edition_.html

Yami, Ahmad. 2007. Tesis. *Analisi dan Simulasi Distribusi Suhu Udara Pada Kandang Sapi Perah Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Bogor : IPB



LAMPIRAN

A. MULAI MEMBUAT MODEL PADA PROGRAM FLOVENT

Untuk mengawali membuat sebuah gambar dengan FLOVENT, buka program dengan perintah :

Klik tombol Start → All Programs → Flomerics → FLOVENT 7.2 → FLOVENT 7.2

Atau langsung mendobel klik ikon  pada desktop.

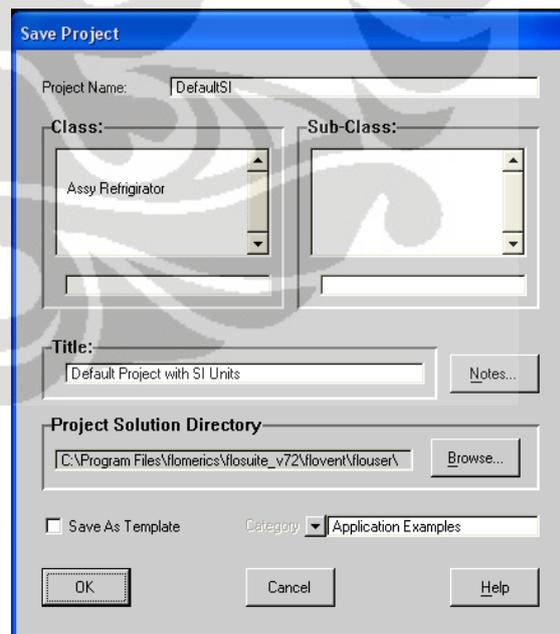
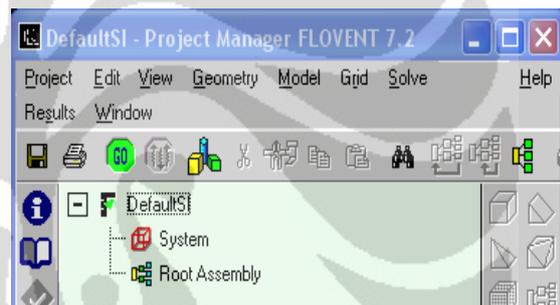
Maka akan muncul seperti tampak pada gambar disamping sebagai berikut :

Klik Project → Save As

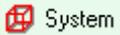
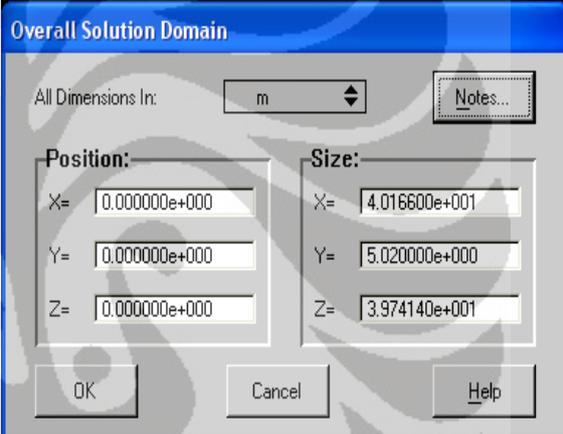
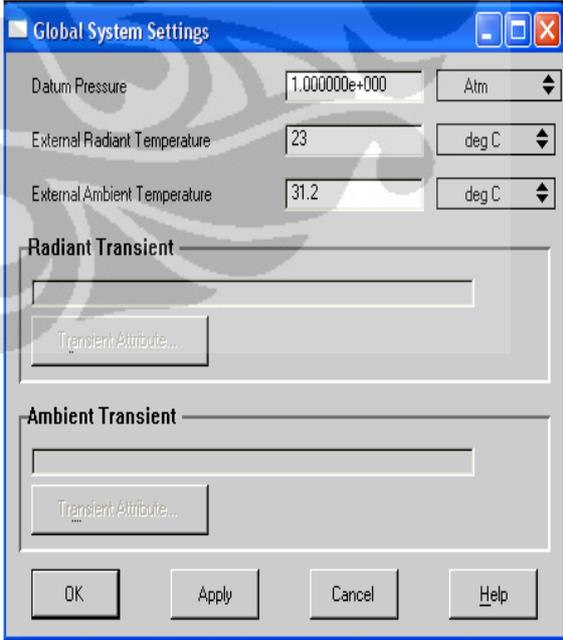
Maka akan muncul seperti tampak pada gambar disamping sebagai berikut :

Lalu isi sesuai yang diinginkan

Lalu klik OK



B. PRE PROCESSING

Mengatur Sistem	
<p>1. Letakan mouse pointer pada</p> 	
<p>Lalu klik kanan, maka akan tampak muncul seperti gambar disamping :</p>	
<p>2. Klik location, lalu masukan data sebagai berikut :</p> <p>Lalu klik OK</p>	
<p>3. Klik Global, lalu masukan data sebagai berikut :</p> <p>Lalu klik OK</p>	

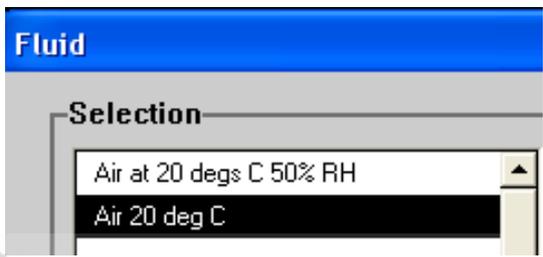
4. Klik Fluid → Library

Maka akan tampak dialog box Fluid Library, lalu klik (+) Fluid dan pilih Air 20 deg C

Lalu klik Load

Setelah itu pada dialog box Fluid pilih Air 20 deg C → klik Attach

Lalu klik Dismiss



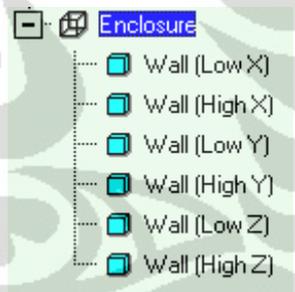
Membuat Model/Geometri

1. Letakan mouse pointer pada Root Assembly, lalu klik  Palette

Atau menekan tombol F7

2. Klik  Enclosure

maka akan tampak gambar sebagai berikut :



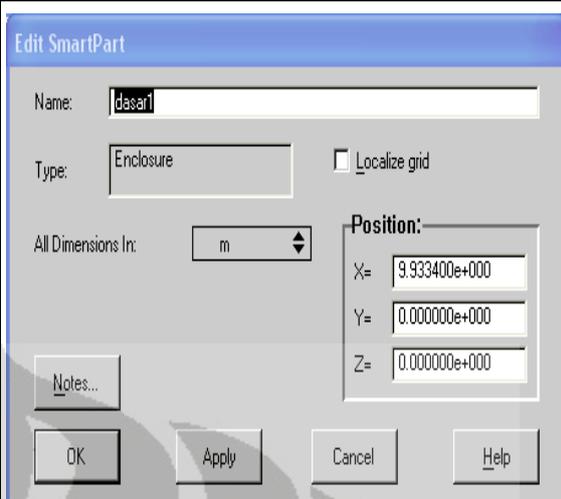
Letakan mouse pointer pada Enclosure tersebut, lalu klik kanan

Maka akan tampak seperti gambar berikut :



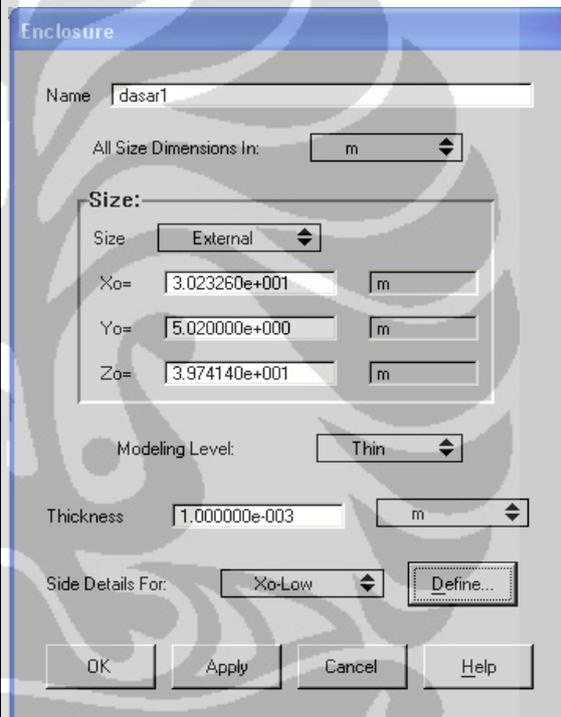
Klik Location, dan masukan data-data sebagai berikut :

Lalu klik OK



Dialog box 'Edit SmartPart' showing configuration for a SmartPart named 'dasar1'. The Type is 'Enclosure'. The 'All Dimensions In:' is set to 'm'. The 'Position:' fields are X= 9.933400e+000, Y= 0.000000e+000, and Z= 0.000000e+000. Buttons include 'Notes...', 'OK', 'Apply', 'Cancel', and 'Help'.

Klik Construction, dan masukan data-data sebagai berikut :



Dialog box 'Enclosure' showing configuration for 'dasar1'. 'All Size Dimensions In:' is 'm'. 'Size:' is 'External'. 'Xo=' is 3.023260e+001, 'Yo=' is 5.020000e+000, and 'Zo=' is 3.974140e+001. 'Modeling Level:' is 'Thin'. 'Thickness' is 1.000000e-003. 'Side Details For:' is 'Xo-Low'. A 'Define...' button is present. Buttons include 'OK', 'Apply', 'Cancel', and 'Help'.

Lalu pada Side Detail For, pilih Xo-Low dan klik tombol Define, maka akan muncul dialog box sebagai berikut :

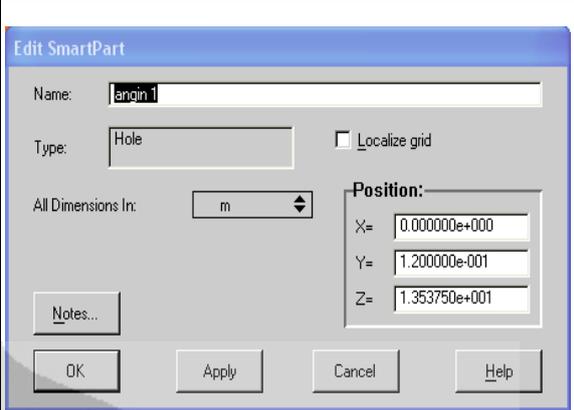


Dialog box 'Side of Enclosure' showing configuration for 'Side of Enclosure'. The 'Side Exists' checkbox is unchecked. 'Modeling Level:' is 'Enclosure Set'. Buttons include 'OK', 'Apply', 'Cancel', and 'Help'.

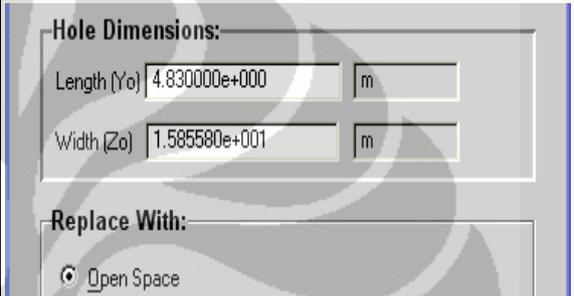
Lalu hilangkan tanda centang pada Side Exists

Klik Wall (High X), lalu klik tombol hole  , lalu masukan data sebagai berikut

Klik OK



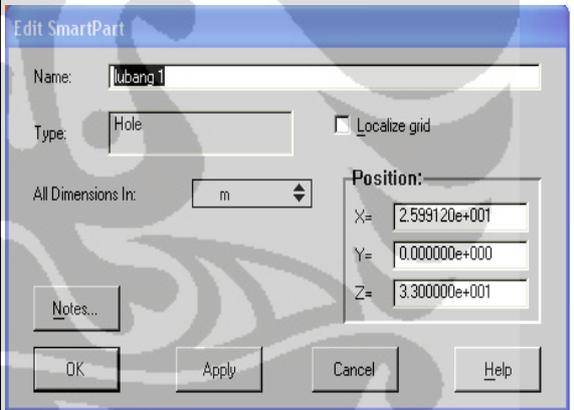
The 'Edit SmartPart' dialog box for a hole named 'Lubang 1'. The 'Type' is set to 'Hole'. The 'All Dimensions In:' unit is 'm'. The 'Position' fields are: X= 0.000000e+000, Y= 1.200000e-001, and Z= 1.353750e+001. There are buttons for 'Notes...', 'OK', 'Apply', 'Cancel', and 'Help'. A 'Localize grid' checkbox is present and unchecked.



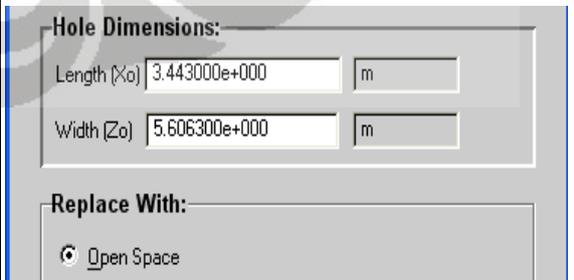
The 'Hole Dimensions' section shows 'Length (Yo)' as 4.830000e+000 m and 'Width (Zo)' as 1.585580e+001 m. The 'Replace With' section has the 'Open Space' radio button selected.

Klik Wall (Low Y), lalu buat 5 buah hole, dengan data-data sebagai berikut :

Lubang 1



The 'Edit SmartPart' dialog box for a hole named 'Lubang 1'. The 'Type' is set to 'Hole'. The 'All Dimensions In:' unit is 'm'. The 'Position' fields are: X= 2.599120e+001, Y= 0.000000e+000, and Z= 3.300000e+001. There are buttons for 'Notes...', 'OK', 'Apply', 'Cancel', and 'Help'. A 'Localize grid' checkbox is present and unchecked.



The 'Hole Dimensions' section shows 'Length (Xo)' as 3.443000e+000 m and 'Width (Zo)' as 5.606300e+000 m. The 'Replace With' section has the 'Open Space' radio button selected.

Lubang 2

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Hole Dimensions:

Length (Xo) m

Width (Zo) m

Replace With:

Open Space

Lubang 3

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Hole Dimensions:

Length (Xo) m

Width (Zo) m

Replace With:

Open Space

Lubang 4

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Hole Dimensions:

Length (Xo)

Width (Zo)

Replace With:

Open Space

Lubang 5

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Hole Dimensions:

Length (Xo)

Width (Zo)

Replace With:

Open Space

Klik Wall (High Y), lalu buat 5 buah hole, dengan data-data sebagai berikut :

Lubang 1

The 'Edit SmartPart' dialog box for 'Lubang 1' has the following settings:

- Name: lubang1
- Type: Hole
- Localize grid:
- All Dimensions In: m
- Position: X= 2.599120e+001, Y= 0.000000e+000, Z= 3.300000e+001
- Buttons: Notes..., OK, Apply, Cancel, Help

The 'Hole Dimensions' and 'Replace With' sections for 'Lubang 1' are as follows:

- Hole Dimensions:**
 - Length (Xo): 3.443000e+000 m
 - Width (Zo): 5.606300e+000 m
- Replace With:**
 - Open Space

Lubang 2

The 'Edit SmartPart' dialog box for 'Lubang 2' has the following settings:

- Name: lubang2
- Type: Hole
- Localize grid:
- All Dimensions In: m
- Position: X= 2.592210e+001, Y= 0.000000e+000, Z= 1.353750e+001
- Buttons: Notes..., OK, Apply, Cancel, Help

The 'Hole Dimensions' and 'Replace With' sections for 'Lubang 2' are as follows:

- Hole Dimensions:**
 - Length (Xo): 3.512100e+000 m
 - Width (Zo): 1.585580e+001 m
- Replace With:**
 - Open Space

Lubang 3

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Hole Dimensions:

Length (Xo)

Width (Zo)

Replace With:

Open Space

Lubang 4

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Hole Dimensions:

Length (Xo)

Width (Zo)

Replace With:

Open Space

Lubang 5

Klik Wall (Low Z), lalu buat satu buah hole, dengan data-data sebagai berikut :

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Hole Dimensions:

Length (Xo)

Width (Zo)

Replace With:

Open Space

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Hole Dimensions:

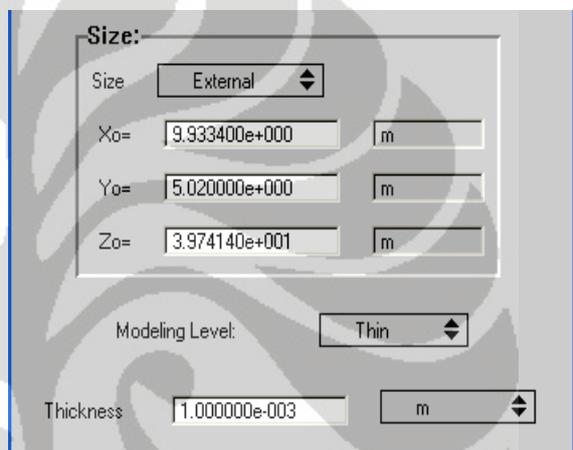
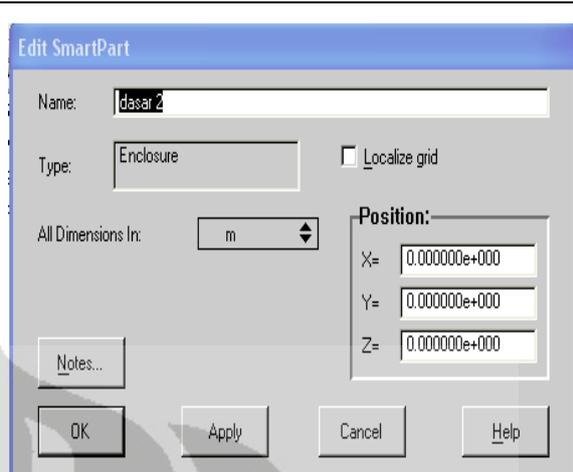
Length (Xo)

Width (Yo)

Replace With:

Open Space

3. Buat Enclosure lagi, dengan data-data sebagai berikut :



Lalu pada Side Detail For, pilih Xo-High dan klik tombol Define, maka akan muncul dialog box sebagai berikut :



Lalu hilangkan tanda centang pada Side Exists

Klik Wall (Low X), lalu buat dua buah hole dengan data-data sebagai berikut :

Lubang 1

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Hole Dimensions:

Length (Yo)

Width (Zo)

Replace With:

Open Space

Lubang 2

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Hole Dimensions:

Length (Yo)

Width (Zo)

Replace With:

Open Space

Klik Wall (Low Y), lalu buat 4 buah hole, dengan data-data sebagai berikut :

Lubang 1

The screenshot shows the 'Edit SmartPart' dialog box for a hole named 'Lubang 1'. The 'Name' field contains 'Lubang 1'. The 'Type' is set to 'Hole'. The 'All Dimensions In:' dropdown is set to 'm'. The 'Position' fields are: X= 2.045900e+000, Y= 0.000000e+000, and Z= 2.994000e-001. The 'Hole Dimensions' section shows Length (Xo) as 6.880000e+000 m and Width (Zo) as 5.078900e+000 m. The 'Replace With:' section has the 'Open Space' radio button selected. Buttons for 'Notes...', 'OK', 'Apply', 'Cancel', and 'Help' are visible.

Field	Value
Name	Lubang 1
Type	Hole
All Dimensions In:	m
Position X	2.045900e+000
Position Y	0.000000e+000
Position Z	2.994000e-001
Hole Length (Xo)	6.880000e+000 m
Hole Width (Zo)	5.078900e+000 m
Replace With	Open Space

Lubang 2

The screenshot shows the 'Edit SmartPart' dialog box for a hole named 'Lubang 2'. The 'Name' field contains 'Lubang 2'. The 'Type' is set to 'Hole'. The 'All Dimensions In:' dropdown is set to 'm'. The 'Position' fields are: X= 7.984000e-001, Y= 0.000000e+000, and Z= 2.311860e+001. The 'Hole Dimensions' section shows Length (Xo) as 9.135000e+000 m and Width (Zo) as 9.142000e+000 m. The 'Replace With:' section has the 'Open Space' radio button selected. Buttons for 'Notes...', 'OK', 'Apply', 'Cancel', and 'Help' are visible.

Field	Value
Name	Lubang 2
Type	Hole
All Dimensions In:	m
Position X	7.984000e-001
Position Y	0.000000e+000
Position Z	2.311860e+001
Hole Length (Xo)	9.135000e+000 m
Hole Width (Zo)	9.142000e+000 m
Replace With	Open Space

Lubang 3

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Hole Dimensions:

Length (Xa)

Width (Za)

Replace With:

Open Space

Lubang 4

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Hole Dimensions:

Length (Xa)

Width (Za)

Replace With:

Open Space

Klik Wall (High Y), lalu buat 4 buah hole, dengan data-data sebagai berikut :

Lubang 1

The 'Edit SmartPart' dialog box for 'Lubang 1' has the following settings:

- Name:
- Type:
- Localize grid:
- All Dimensions In:
- Position: X= Y= Z=
- Buttons: Notes..., OK, Apply, Cancel, Help

The 'Hole Dimensions' and 'Replace With' sections for 'Lubang 1' are as follows:

- Hole Dimensions:**
 - Length (Xo): m
 - Width (Zo): m
- Replace With:**
 - Open Space

Lubang 2

The 'Edit SmartPart' dialog box for 'Lubang 2' has the following settings:

- Name:
- Type:
- Localize grid:
- All Dimensions In:
- Position: X= Y= Z=
- Buttons: Notes..., OK, Apply, Cancel, Help

The 'Hole Dimensions' and 'Replace With' sections for 'Lubang 2' are as follows:

- Hole Dimensions:**
 - Length (Xo): m
 - Width (Zo): m
- Replace With:**
 - Open Space

Lubang 3

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Hole Dimensions:

Length (Xo) m

Width (Zo) m

Replace With:

Open Space

Lubang 4

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Hole Dimensions:

Length (Xo) m

Width (Zo) m

Replace With:

Open Space

Klik Wall (Low Z), lalu buat satu buah hole, dengan data-data sebagai berikut :

The 'Edit SmartPart' dialog box for 'Lengin2' shows the following settings:

- Name: Lengin2
- Type: Hole
- Localize grid:
- All Dimensions In: m
- Position: X= 8.782200e+000, Y= 1.200000e+001, Z= 0.000000e+000
- Buttons: Notes..., OK, Apply, Cancel, Help

The 'Hole Dimensions' and 'Replace With' sections for 'Lengin2' are as follows:

- Hole Dimensions: Length (Xo) 1.151200e+000 m, Width (Yo) 4.830000e+000 m
- Replace With: Open Space

Klik Wall (High Z), lalu buat sebuah hole, dengan data-data sebagai berikut :

The 'Edit SmartPart' dialog box for 'Lengin4' shows the following settings:

- Name: Lengin4
- Type: Hole
- Localize grid:
- All Dimensions In: m
- Position: X= 8.230800e+000, Y= 1.620000e+000, Z= 0.000000e+000
- Buttons: Notes..., OK, Apply, Cancel, Help

The 'Hole Dimensions' and 'Replace With' sections for 'Lengin4' are as follows:

- Hole Dimensions: Length (Xo) 2.175400e+000 m, Width (Yo) 3.330000e+000 m
- Replace With: Open Space

4. Membuat cuboid-cuboid, untuk membuat dinding-dinding yang terdapat pada bangunan tersebut dengan cara letakan mouse pointer pada Root Assembly, lalu klik



Lalu masukan data-data sebagai berikut :

Cuboid 1

The 'Edit Primitive' dialog box for 'Cuboid 1' shows the following settings:

Property	Value
Name	dinding X:0
All Dimensions In:	m
Position X=	3.585520e+001
Position Y=	0.000000e+000
Position Z=	2.062290e+001
Size X=	1.710000e+000
Size Y=	5.020000e+000
Size Z=	1.834800e+000
Collapse To:	No Collapse
Collapse Direction:	Xo
Localize grid	<input type="checkbox"/>

Cuboid 2

The 'Edit Primitive' dialog box for 'Cuboid 2' shows the following settings:

Property	Value
Name	Cuboid:0
All Dimensions In:	m
Position X=	1.645870e+001
Position Y=	0.000000e+000
Position Z=	2.940300e+000
Size X=	3.328800e+000
Size Y=	5.020000e+000
Size Z=	1.311600e+000
Collapse To:	No Collapse
Collapse Direction:	Xo
Localize grid	<input type="checkbox"/>

Cuboid 3

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Size:

X=

Y=

Z=

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 4

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Size:

X=

Y=

Z=

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 5

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Size:

X=

Y=

Z=

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 6

Edit Primitive

Name: kaca antara a & b

All Dimensions In: m Cuboid

Position:

X= 1.688810e+001
Y= 0.000000e+000
Z= 3.745730e+001

Size:

X= 2.470000e+000
Y= 3.420000e+000
Z= 1.500000e+001

Collapse To: No Collapse Collapse Direction: Xo

Localize grid Notes...

OK Apply Cancel Help

Cuboid 7

Edit Primitive

Name: kaca a1e

All Dimensions In: m Cuboid

Position:

X= 2.170300e+001
Y= 0.000000e+000
Z= 3.793230e+001

Size:

X= 1.500000e+001
Y= 3.420000e+000
Z= 7.128000e+001

Collapse To: No Collapse Collapse Direction: Xo

Localize grid Notes...

OK Apply Cancel Help

Cuboid 8

Edit Primitive

Name: sekatdalem

All Dimensions In: m Cuboid

Position:

X= 1.439310e+001
Y= 0.000000e+000
Z= 3.887880e+001

Size:

X= 1.500000e+001
Y= 5.020000e+000
Z= 8.626000e+001

Collapse To: No Collapse Collapse Direction: Xo

Localize grid Notes...

OK Apply Cancel Help

Cuboid 9

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="1.055580e+001"/>	X= <input type="text" value="2.200000e+000"/>
Y= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Y= <input type="text" value="5.020000e+000"/>
Z= <input type="text" value="3.805630e+001"/>	Z= <input type="text" value="1.500000e-001"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 10

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="8.080800e+000"/>	X= <input type="text" value="1.500000e-001"/>
Y= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Y= <input type="text" value="5.020000e+000"/>
Z= <input type="text" value="3.226060e+001"/>	Z= <input type="text" value="4.095700e+000"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 11

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	X= <input type="text" value="1.008300e+001"/>
Y= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Y= <input type="text" value="5.020000e+000"/>
Z= <input type="text" value="3.226060e+001"/>	Z= <input type="text" value="1.500000e-001"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 12

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="1.045800e+001"/>	X= <input type="text" value="1.500000e-001"/>
Y= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Y= <input type="text" value="5.020000e+000"/>
Z= <input type="text" value="3.805630e+001"/>	Z= <input type="text" value="1.685100e+000"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 13

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="1.040560e+001"/>	X= <input type="text" value="1.500000e-001"/>
Y= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Y= <input type="text" value="5.020000e+000"/>
Z= <input type="text" value="3.366030e+001"/>	Z= <input type="text" value="3.496000e+000"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 14

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="1.040560e+001"/>	X= <input type="text" value="1.500000e-001"/>
Y= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Y= <input type="text" value="5.020000e+000"/>
Z= <input type="text" value="3.366030e+001"/>	Z= <input type="text" value="3.496000e+000"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 15

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:

X=
Y=
Z=

Size:

X=
Y=
Z=

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 16

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:

X=
Y=
Z=

Size:

X=
Y=
Z=

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 17

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:

X=
Y=
Z=

Size:

X=
Y=
Z=

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 18

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:

X=
Y=
Z=

Size:

X=
Y=
Z=

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 19

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:

X=
Y=
Z=

Size:

X=
Y=
Z=

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 20

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:

X=
Y=
Z=

Size:

X=
Y=
Z=

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 21

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="3.562530e+001"/>	X= <input type="text" value="3.000000e-001"/>
Y= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Y= <input type="text" value="5.020000e+000"/>
Z= <input type="text" value="5.677700e+000"/>	Z= <input type="text" value="2.095700e+000"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 22

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="1.746500e+000"/>	X= <input type="text" value="3.000000e-001"/>
Y= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Y= <input type="text" value="5.020000e+000"/>
Z= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Z= <input type="text" value="5.677700e+000"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 23

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="2.045900e+000"/>	X= <input type="text" value="2.993900e+000"/>
Y= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Y= <input type="text" value="5.020000e+000"/>
Z= <input type="text" value="5.378300e+000"/>	Z= <input type="text" value="3.000000e-001"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 24

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	X= <input type="text" value="2.070800e+000"/>
Y= <input type="text" value="3.240000e+000"/>	Y= <input type="text" value="1.200000e-001"/>
Z= <input type="text" value="3.761950e+001"/>	Z= <input type="text" value="2.121900e+000"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 25

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="2.045300e+000"/>	X= <input type="text" value="2.993900e+000"/>
Y= <input type="text" value="2.570000e+000"/>	Y= <input type="text" value="1.200000e-001"/>
Z= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Z= <input type="text" value="5.378300e+000"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 26

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="3.592460e+001"/>	X= <input type="text" value="4.214000e+000"/>
Y= <input type="text" value="2.570000e+000"/>	Y= <input type="text" value="1.200000e-001"/>
Z= <input type="text" value="3.782950e+001"/>	Z= <input type="text" value="1.913900e+000"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 27

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="3.577070e+001"/>	X= <input type="text" value="4.395400e+000"/>
Y= <input type="text" value="2.570000e+000"/>	Y= <input type="text" value="1.210000e+001"/>
Z= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Z= <input type="text" value="5.494600e+000"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 28

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="3.976690e+001"/>	X= <input type="text" value="4.000000e+001"/>
Y= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Y= <input type="text" value="5.020000e+000"/>
Z= <input type="text" value="2.667590e+001"/>	Z= <input type="text" value="4.000000e+001"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 29

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="3.976690e+001"/>	X= <input type="text" value="4.000000e+001"/>
Y= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Y= <input type="text" value="5.020000e+000"/>
Z= <input type="text" value="2.400830e+001"/>	Z= <input type="text" value="4.000000e+001"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 30

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="3.976690e+001"/>	X= <input type="text" value="4.000000e-001"/>
Y= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Y= <input type="text" value="5.020000e+000"/>
Z= <input type="text" value="2.134070e+001"/>	Z= <input type="text" value="4.000000e-001"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 31

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="3.976690e+001"/>	X= <input type="text" value="4.000000e-001"/>
Y= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Y= <input type="text" value="5.020000e+000"/>
Z= <input type="text" value="1.867310e+001"/>	Z= <input type="text" value="4.000000e-001"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 32

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:	Size:
X= <input type="text" value="3.976690e+001"/>	X= <input type="text" value="4.000000e-001"/>
Y= <input type="text" value="0.000000e+000"/>	Y= <input type="text" value="5.020000e+000"/>
Z= <input type="text" value="1.600550e+001"/>	Z= <input type="text" value="4.000000e-001"/>

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 33

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Size:

X=

Y=

Z=

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 34

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Size:

X=

Y=

Z=

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Cuboid 35

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Lalu buat hole, dengan data-data sebagai berikut :

Cuboid 36

Block With Holes

All Dimensions In: m

Size:

Xo: 1.500000e-001 m

Yo: 5.020000e+000 m

Zo: 1.531000e+000 m

Hole Direction: Zo-Direction

Collapse To: No Collapse

OK Apply Cancel Help

Hole in Block

Name: Hole

All Dimensions In: m

Position:

Xo: 0.000000e+000 m

Yo: 0.000000e+000 m

Hole Dimensions:

Length (Xo): 1.500000e-001 m

Width (Yo): 3.420000e+000 m

Replace With:

Open Space

Edit SmartPart

Name: Cuboid6

Type: Block With Holes Localize grid

All Dimensions In: m

Position:

X= 0.000000e+000

Y= 0.000000e+000

Z= 3.746980e+001

Notes...

OK Apply Cancel Help

Lalu buat hole, dengan data-data sebagai berikut :

Block With Holes

All Dimensions In:

Size:

Xo	<input type="text" value="8.230800e+000"/>	<input type="text" value="m"/>
Yo	<input type="text" value="5.020000e+000"/>	<input type="text" value="m"/>
Zo	<input type="text" value="1.500000e-001"/>	<input type="text" value="m"/>

Hole Direction:

Collapse To:

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=	<input type="text" value="1.122700e+000"/>
Y=	<input type="text" value="0.000000e+000"/>
Z=	<input type="text" value="0.000000e+000"/>

Hole in Block

Name:

All Dimensions In:

Position:

Xo=	<input type="text" value="1.122700e+000"/>	<input type="text" value="m"/>
Yo=	<input type="text" value="0.000000e+000"/>	<input type="text" value="m"/>

Hole Dimensions:

Length (Xo)	<input type="text" value="7.984000e-001"/>	<input type="text" value="m"/>
Width (Yo)	<input type="text" value="3.420000e+000"/>	<input type="text" value="m"/>

Replace With:

Open Space

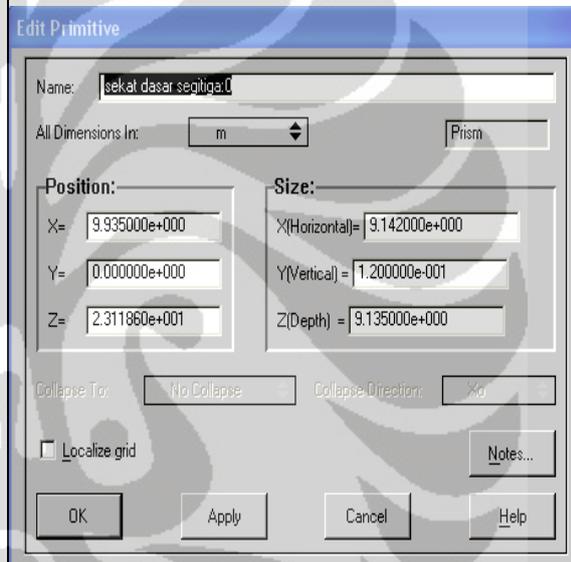
5. Membuat dua buah Prism, dengan cara klik Root Assembly, lalu klik drawing board dan klik



setelah itu drag mouse pointer pada view : 0 2D +Y

Dan masukan data-data sebagai berikut :

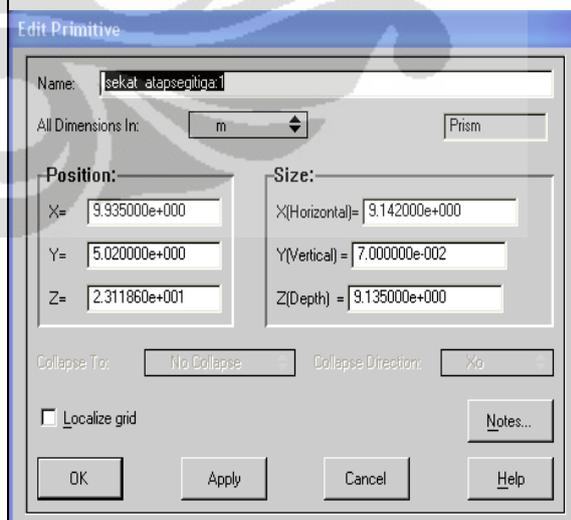
Prism 1



The dialog box is titled "Edit Primitive". It contains the following fields and options:

- Name:
- All Dimensions In: Prism
- Position:
 - X:
 - Y:
 - Z:
- Size:
 - X(Horizontal)=
 - Y(Vertical) =
 - Z(Depth) =
- Collapse To: Collapse Direction:
- Localize grid
- Buttons: OK, Apply, Cancel, Help, Notes...

Prism 2



The dialog box is titled "Edit Primitive". It contains the following fields and options:

- Name:
- All Dimensions In: Prism
- Position:
 - X:
 - Y:
 - Z:
- Size:
 - X(Horizontal)=
 - Y(Vertical) =
 - Z(Depth) =
- Collapse To: Collapse Direction:
- Localize grid
- Buttons: OK, Apply, Cancel, Help, Notes...

6. Membuat 14 buah Sloping Blok, dengan cara pada drawing board, klik



Lalu drag mouse pointer pada view yang sesuai, dan masukan data-data sebagai berikut :

Sloping Block 1

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Sloping Block

Name:

Thick All Dimensions In:

Size:

m

Use Angle

m

Angle deg

Use Sides

Opposite m

Adjacent m

Thickness (Zo) m

Sloping Block 2

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Notes...

Position:

X=

Y=

Z=

OK Apply Cancel Help

Sloping Block

Name:

Thick All Dimensions In:

Size:

Width (Xo) m

Use Angle

Length (Yo) m

Angle deg

Use Sides

Opposite m

Adjacent m

Thickness (Zo) m

OK Apply Cancel Help

Sloping Block 3

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Notes...

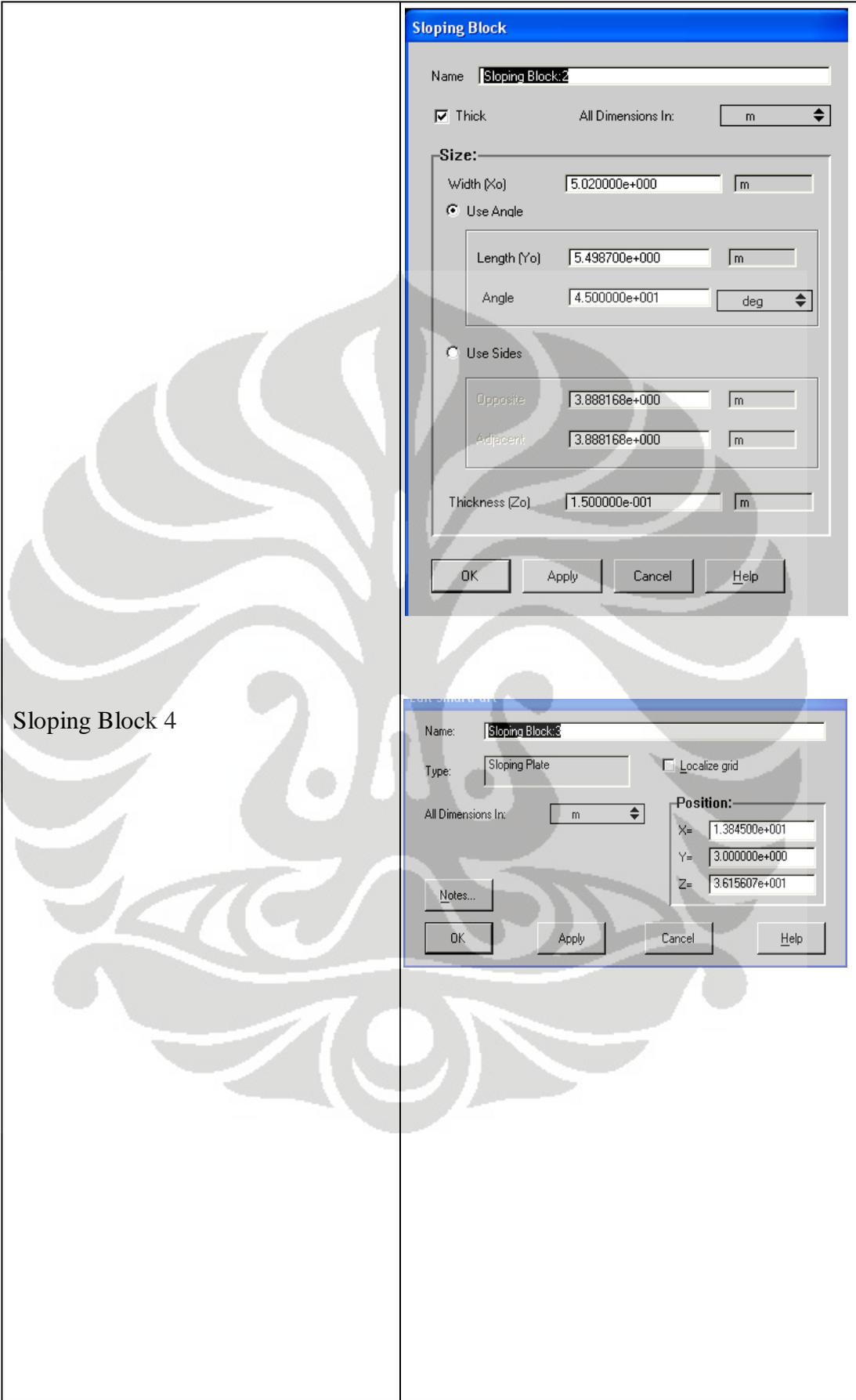
Position:

X=

Y=

Z=

OK Apply Cancel Help



Sloping Block 4

Sloping Block 5

Sloping Block

Name:

Thick All Dimensions In:

Size:

Width (Xo) m

Use Angle

Length (Yo) m

Angle deg

Use Sides

Opposite m

Adjacent m

Thickness (Zo) m

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Sloping Block 6

Sloping Block

Name:

Thick All Dimensions In:

Size:

Width (Xo) m

Use Angle

Length (Yo) m

Angle deg

Use Sides

Opposite m

Adjacent m

Thickness (Zo) m

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

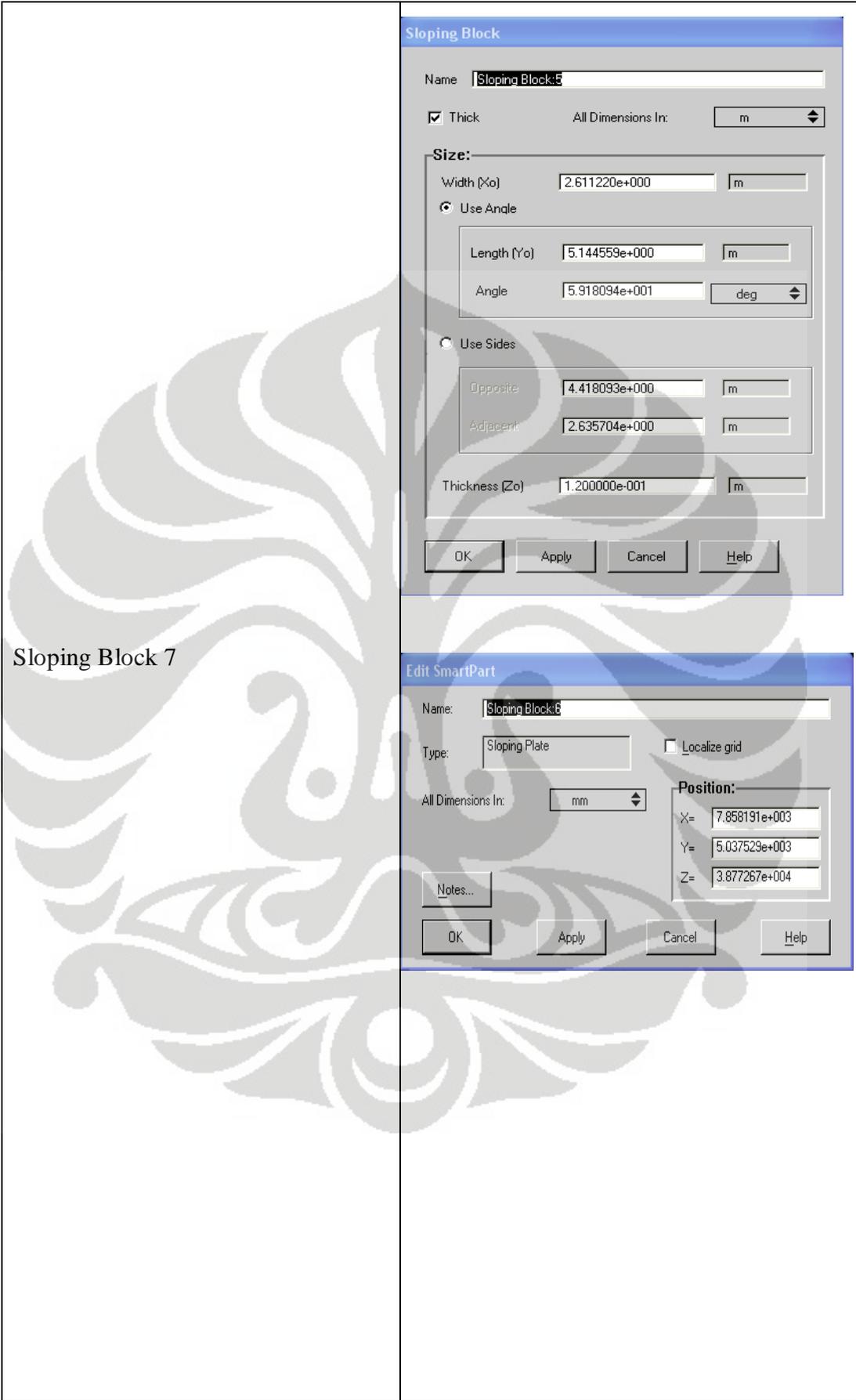
All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=



Sloping Block 8

Sloping Block

Name:

Thick All Dimensions In:

Size:

Width (Xo)

Use Angle

Length (Yo)

Angle

Use Sides

Opposite

Adjacent

Thickness (Zo)

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Sloping Block 9

Sloping Block

Name:

Thick All Dimensions In:

Size:

Width (Xo) m

Use Angle

Length (Yo) m

Angle deg

Use Sides

Opposite m

Adjacent m

Thickness (Zo) m

OK Apply Cancel Help

Edit SmartPart

Name:

Type: Localize grid

All Dimensions In:

Position:

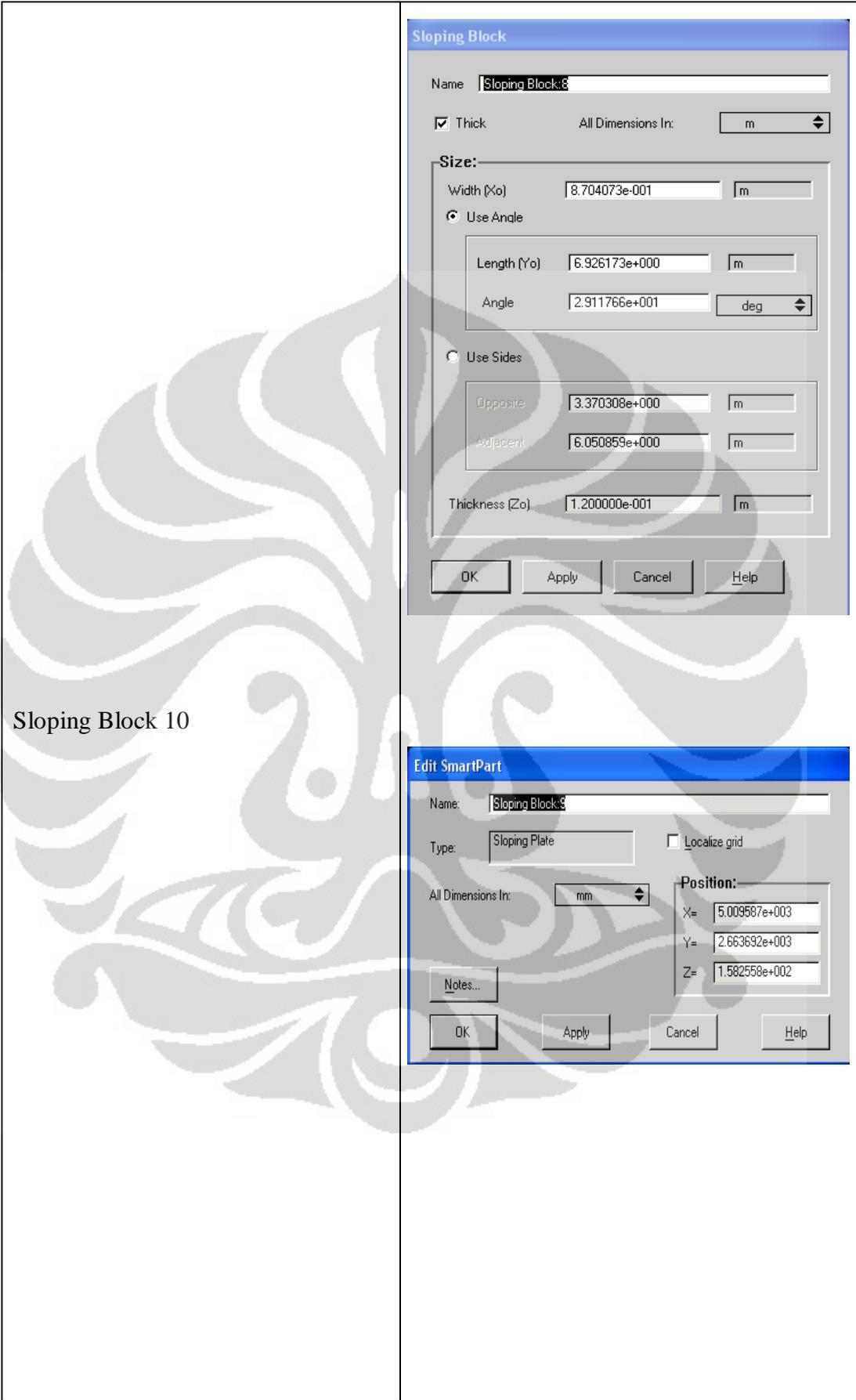
X=

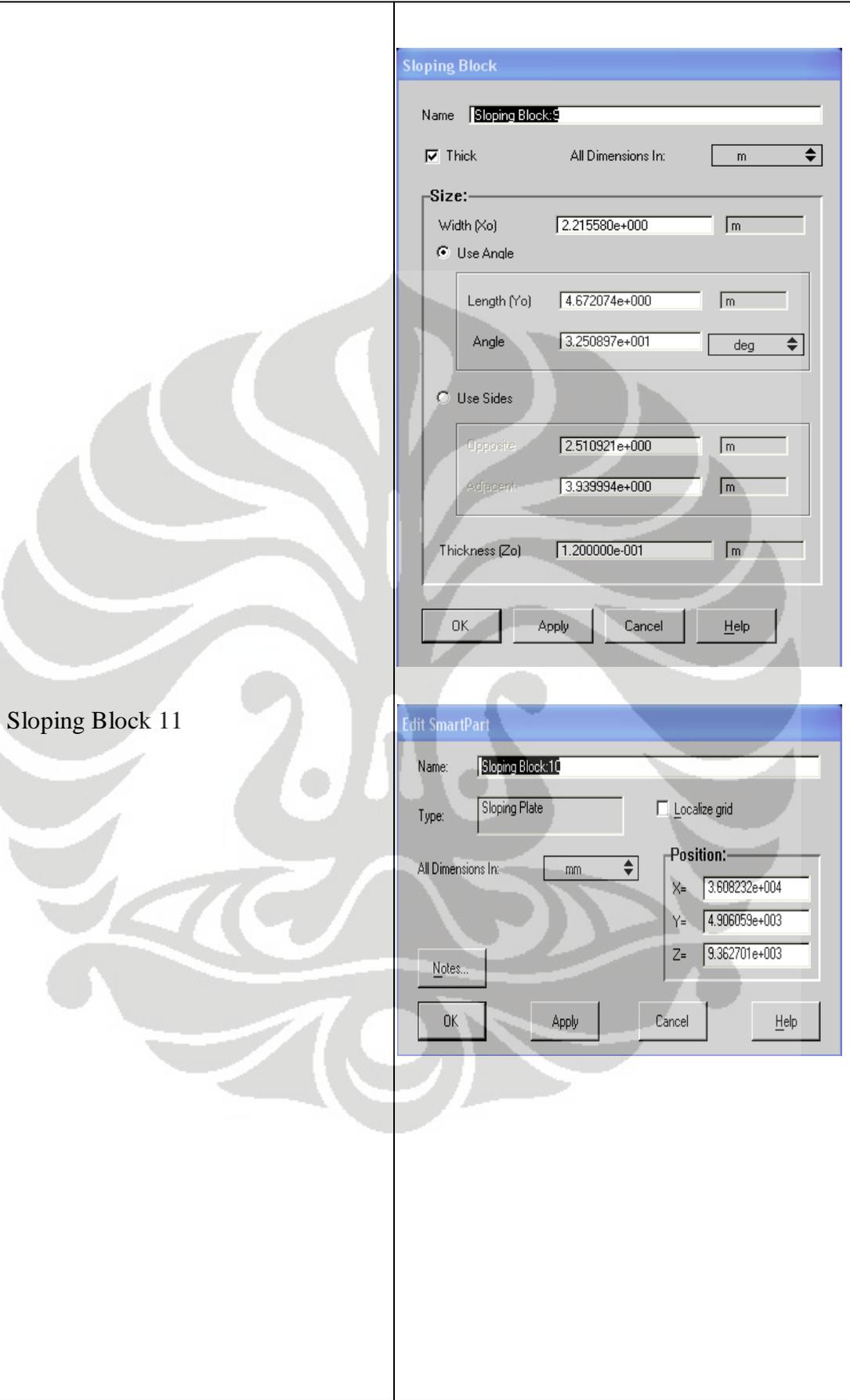
Y=

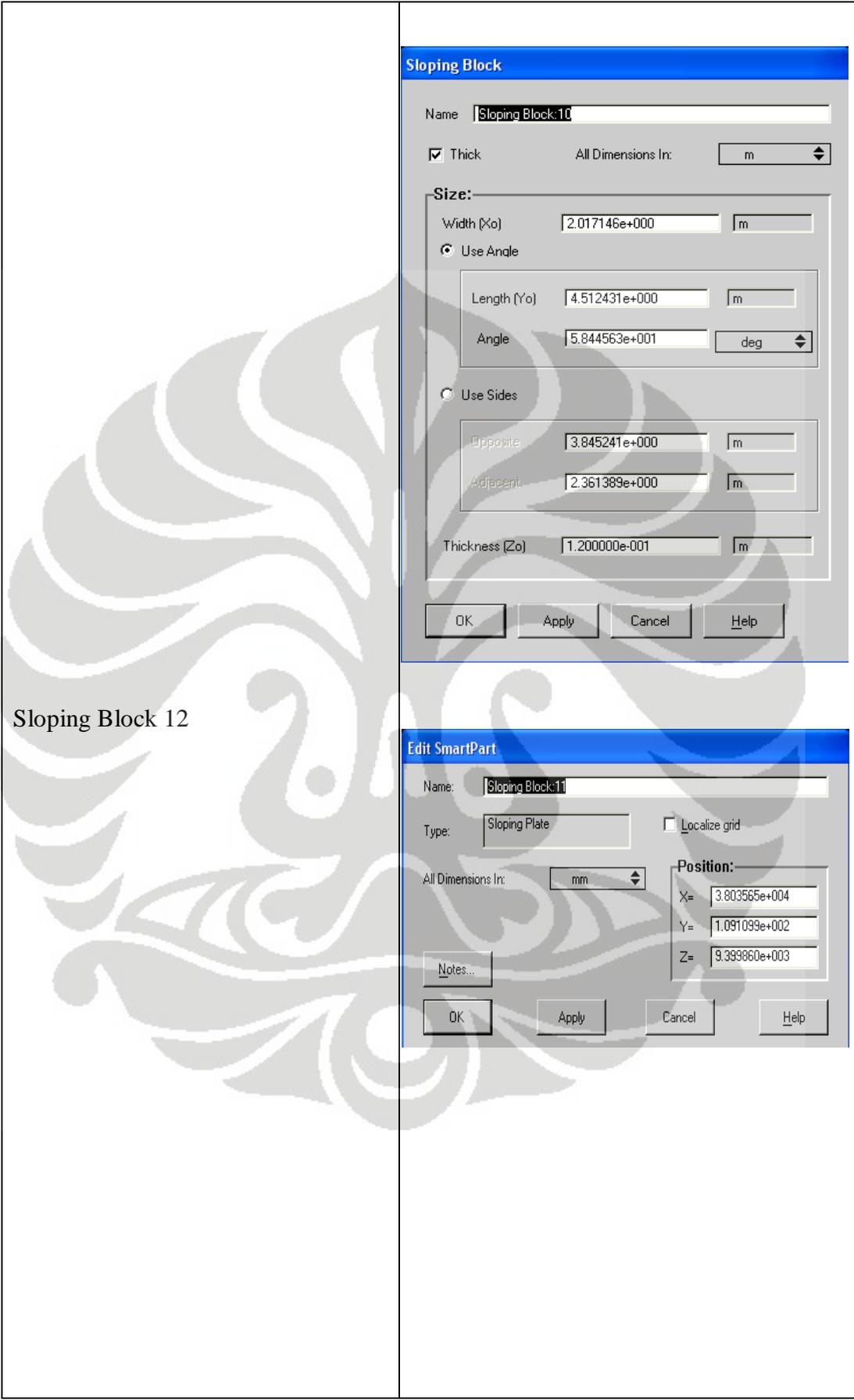
Z=

Notes...

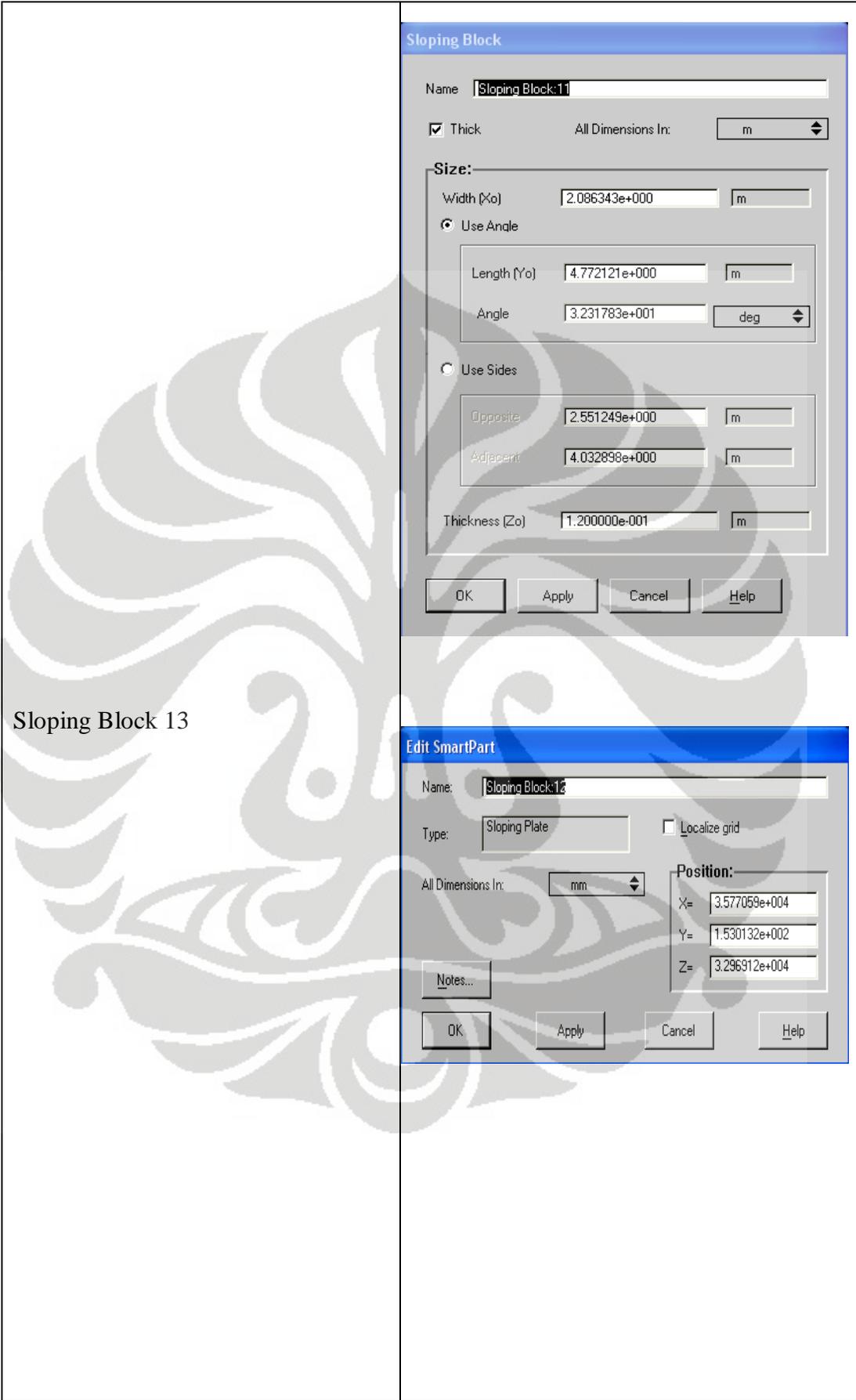
OK Apply Cancel Help



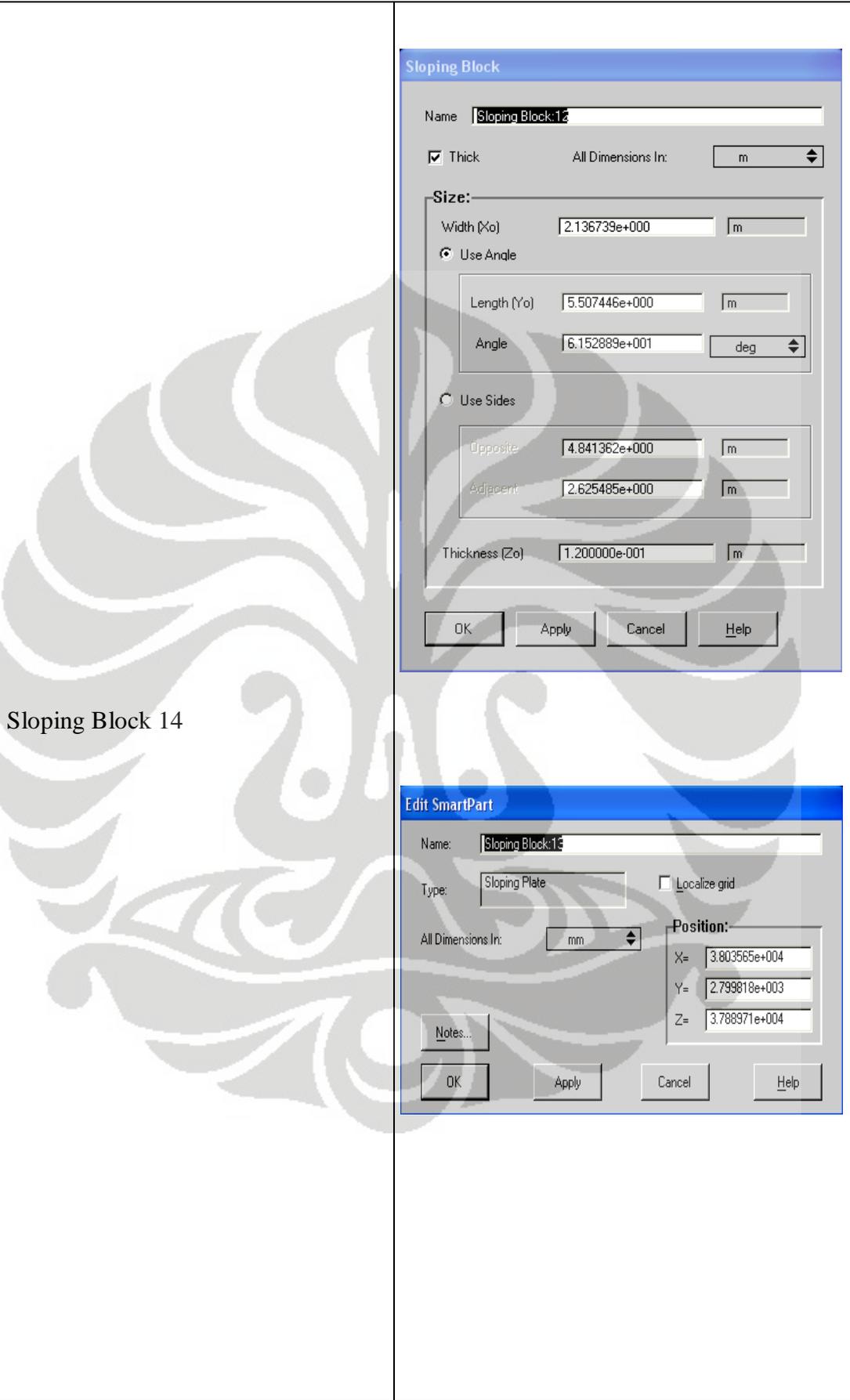




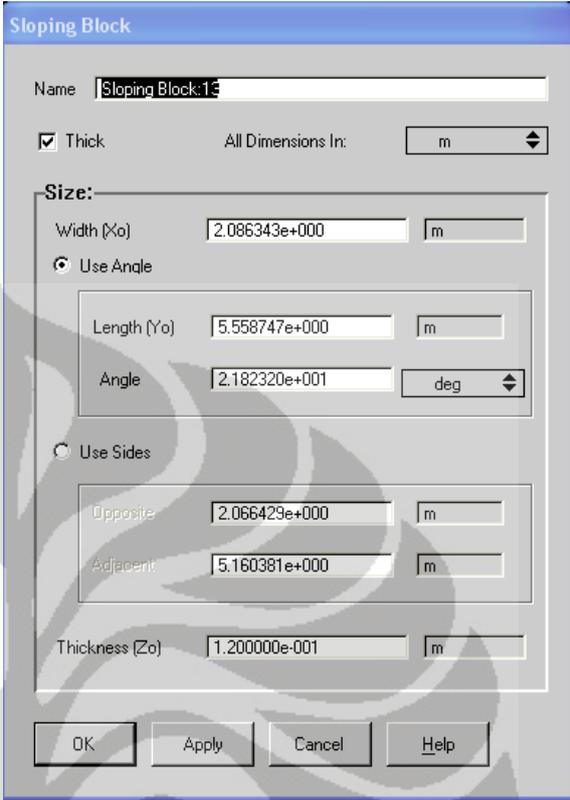
Sloping Block 12



Sloping Block 13



Sloping Block 14

	
<p>Membuat Source (memasukan jumlah orang)</p>	
<p>Membuat 5 buah source dengan cara klik Root Assembly lalu klik tombol</p>  <p>Setelah itu klik kanan Source tersebut lalu pilih location dan Occupancy → klik tombol Edit lalu Attach pada setiap masing-masing Source tersebut lalu masukan data-data sebagai berikut :</p>	

Source 1

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Size:

X=

Y=

Z=

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Occupancy

Name:

Occupancy Level =

Activity Level

Low

Medium

High

Specified

Source 2

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:

X=

Y=

Z=

Size:

X=

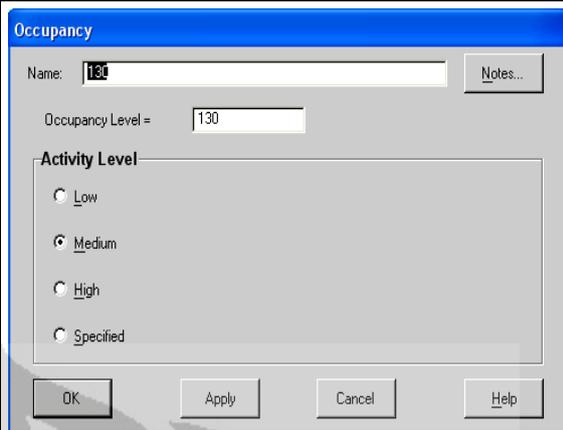
Y=

Z=

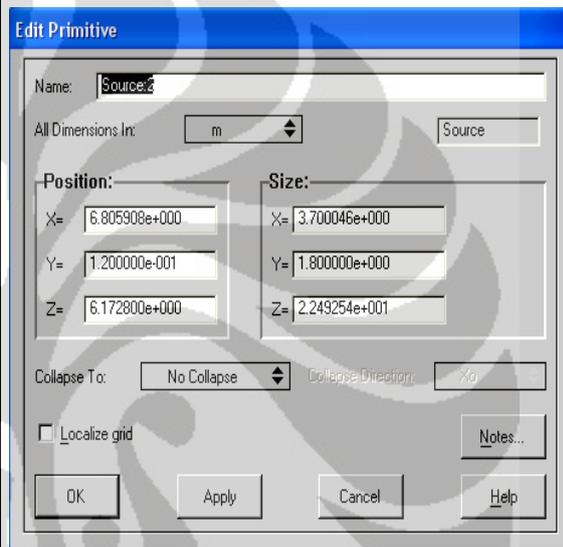
Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

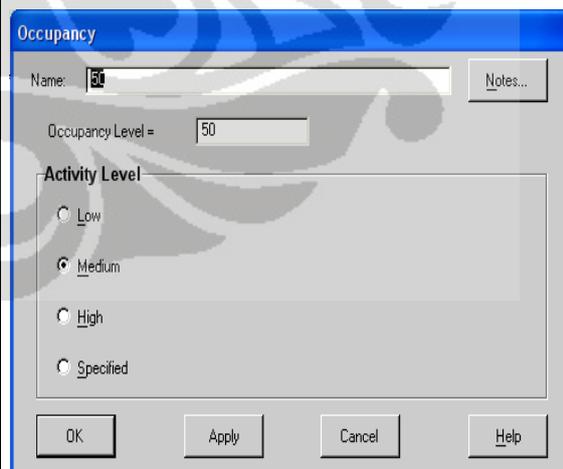
Source 3



Occupancy dialog box. Name: 130. Occupancy Level = 130. Activity Level: Low, Medium, High, Specified. Buttons: OK, Apply, Cancel, Help.



Edit Primitive dialog box. Name: Source2. All Dimensions In: m. Position: X= 6.805908e+000, Y= 1.200000e-001, Z= 6.172800e+000. Size: X= 3.700046e+000, Y= 1.800000e+000, Z= 2.249254e+001. Collapse To: No Collapse. Collapse Direction: X. Localize grid: . Buttons: OK, Apply, Cancel, Help.



Occupancy dialog box. Name: 50. Occupancy Level = 50. Activity Level: Low, Medium, High, Specified. Buttons: OK, Apply, Cancel, Help.

Source 4

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:

X=
Y=
Z=

Size:

X=
Y=
Z=

Collapse To: Collapse Direction:

Localize grid

Occupancy

Name:

Occupancy Level =

Activity Level

Low
 Medium
 High
 Specified

Source 5

Edit Primitive

Name:

All Dimensions In:

Position:

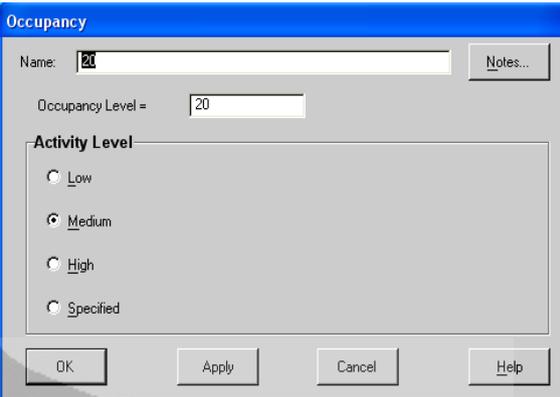
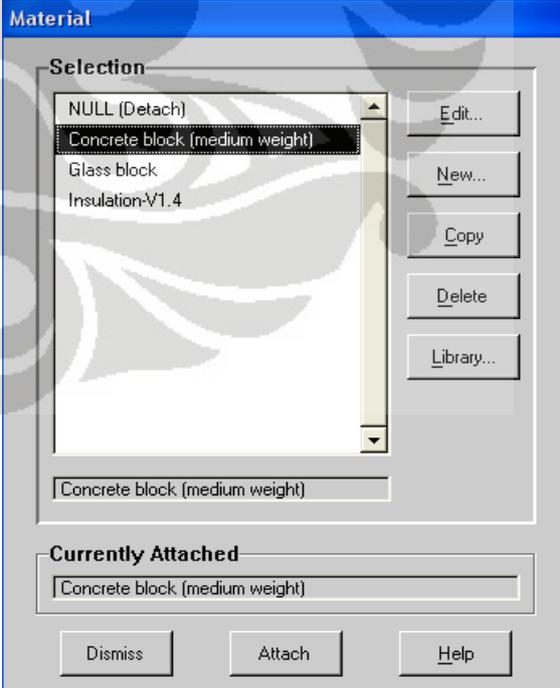
X=
Y=
Z=

Size:

X=
Y=
Z=

Collapse To: Collapse Direction:

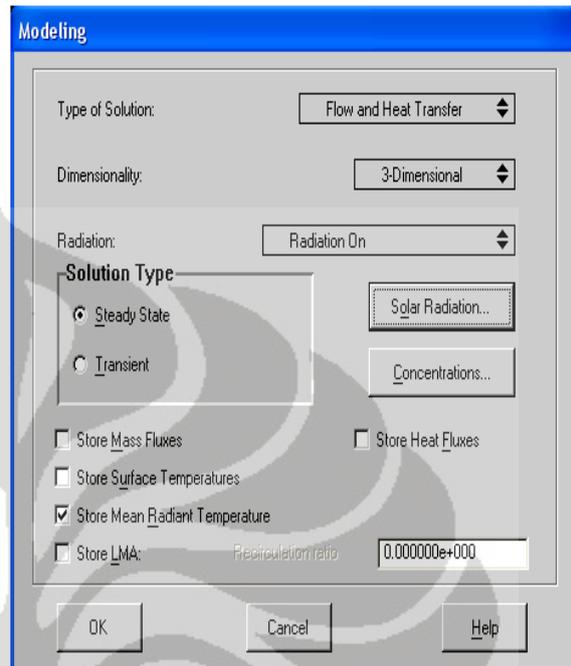
Localize grid

	
<p>Menentukan Material Properties Model</p>	
<p>Klik masing-masing geometri model lalu klik kanan, pilih Material → Library (cari material yang diinginkan) → klik Load → klik Attach</p>	
	

Menentukan sifat-sifat termofisik model

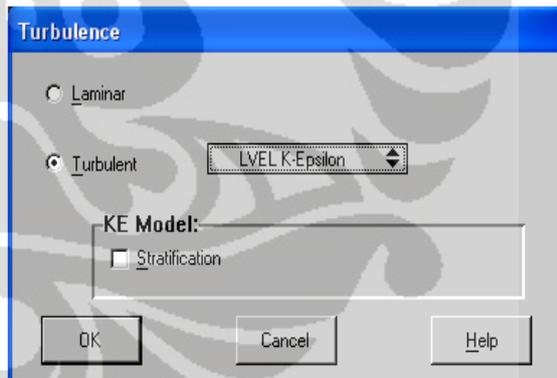
1. Klik Model → Modeling → klik OK

Lalu masukan data-data sebagai berikut :

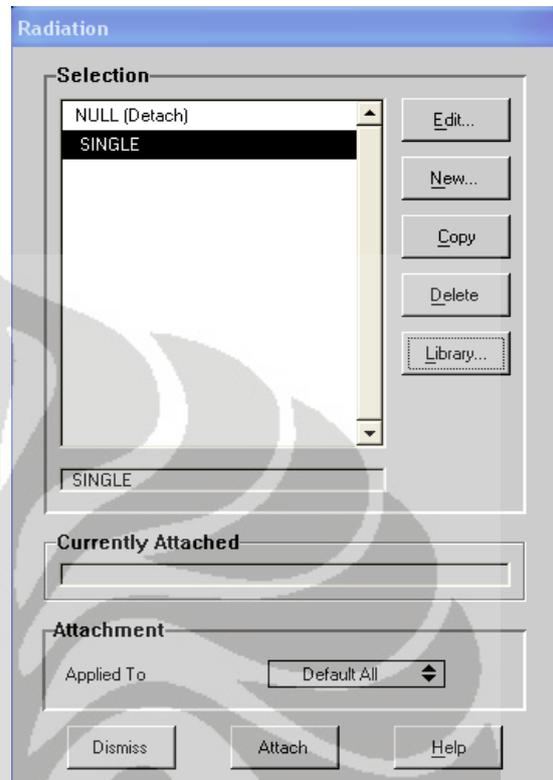


2. Klik Model → Turbulance → klik OK

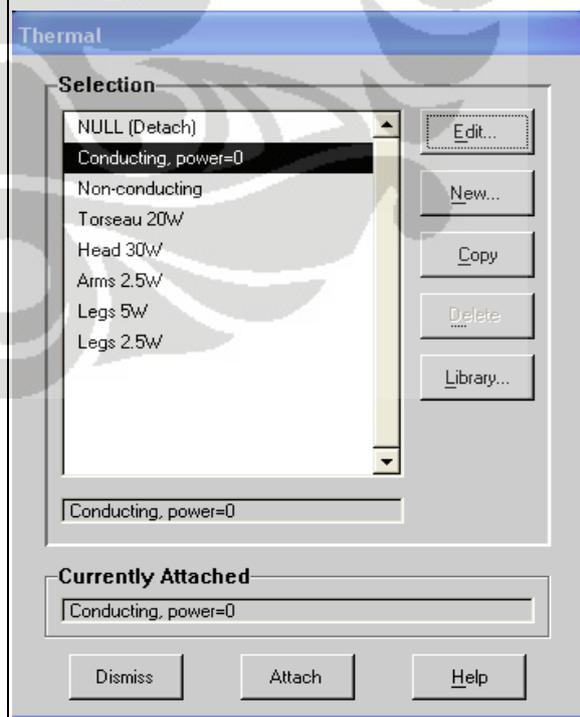
Masukan data-data sebgai berikut :



3. Klik pada masing-masing geometri model lalu klik kanan dan pilih Radiation → klik Library (cari dan pilih SINGLE) → Load → Attach



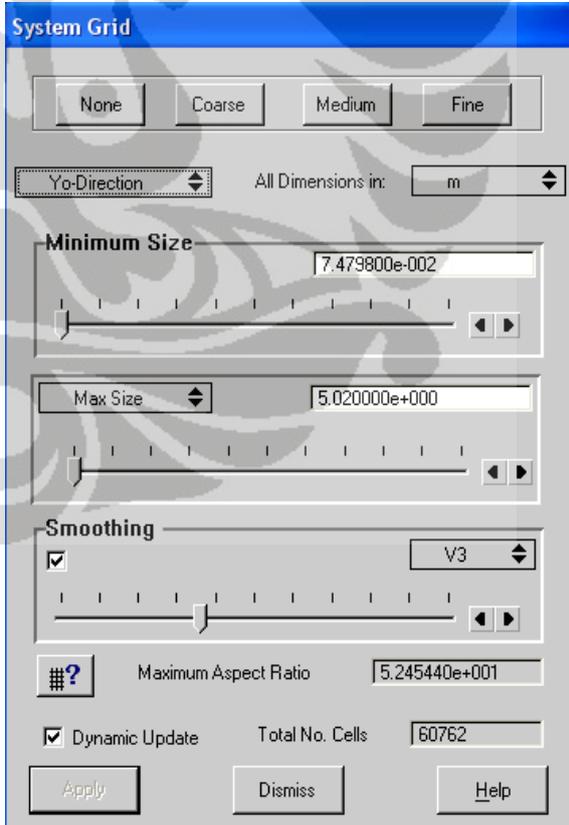
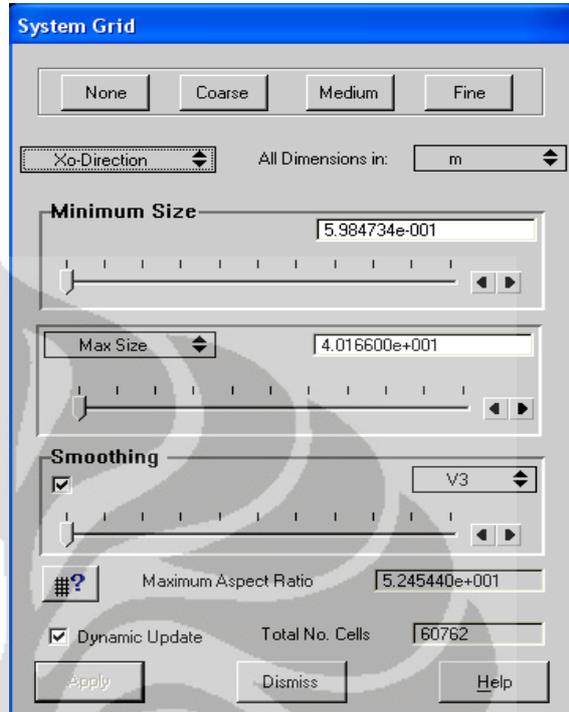
4. Klik pada masing-masing geometri model lalu klik kanan dan pilih Thermal → pilih Conducting, power = 0 → Attach

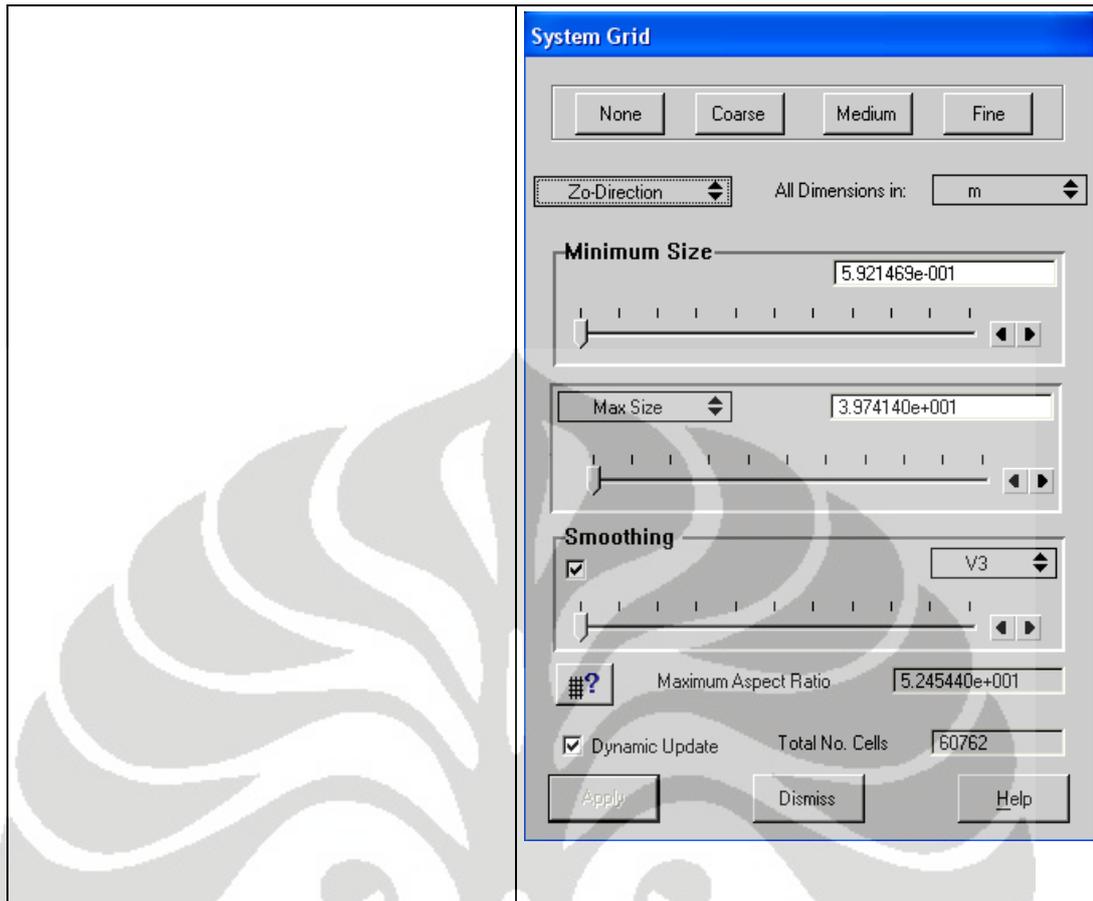


Mengatur grid

Klik Grid → pilih System

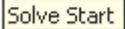
Lalu mengatur data-data sebagai berikut :





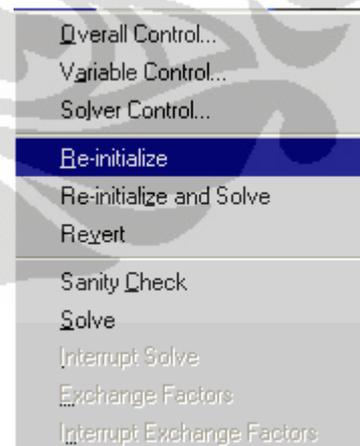
C. SOLVER

Klik Solve → Overall Control → masukan nilai pada Outer Iteraton (seterah kita misalnya 5000),

Lalu klik  

Untuk menjalankan simulasi

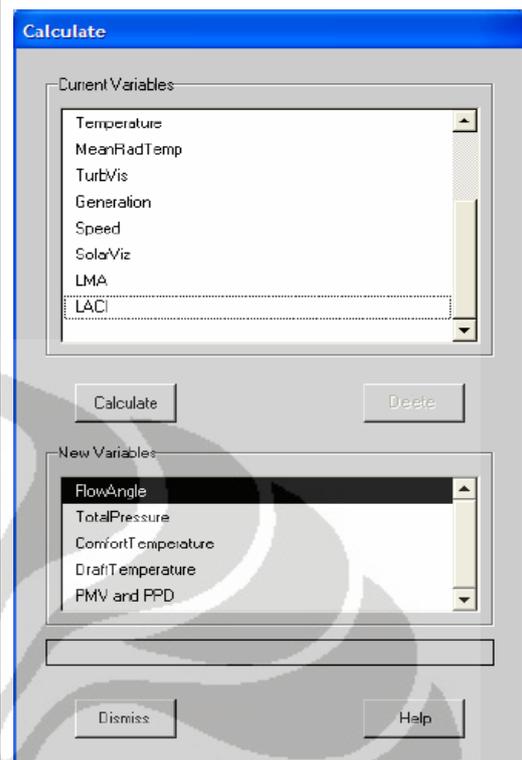
Bila iterasinya kurang, maka tambahkan lagi pada nilai Outer Iteration, lalu klik Solve → pilih Re-Initialize (untuk menjalankan simulasinya lagi)



Dan untuk menghitung atau menjalankan simulasi Total Pressure, PMV dan PPD dsb

Klik Model → Modeling → centang pada pilihan Store Mean Radiant temperature

Setah itu klik Model lagi → Auxiliary variables → klik yang diinginkan yang ingin dihitung/simulasi tambahan → calculate → lalu klik



D. POST PROCESSING

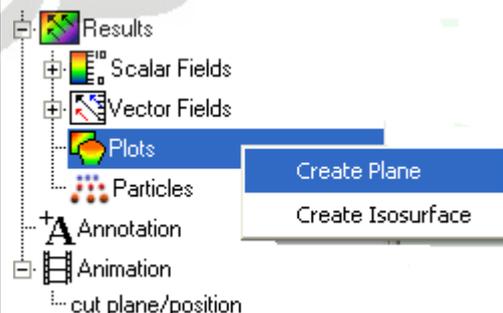
Untuk melihat hasil simulasinya setelah dilakukan Solve yaitu dengan cara :

Klik  Launch Visual Editor

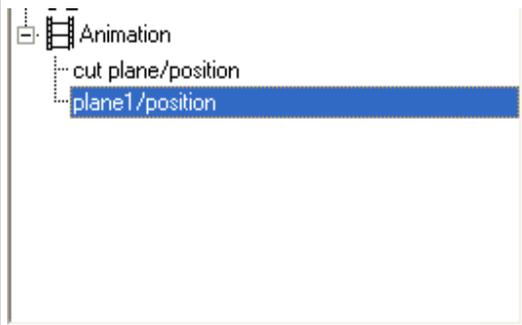
Untuk melihat simulasi pada bidang, yaitu dengan cara

Klik (+) Results → klik Plots → klik kanan → pilih Create Plane

Atau klik tombol 



Setelah itu pada (+) Animation → klik plan yang kita buat tadi, lalu centang pada ON, begitu seterusnya tergantung berapa banyak bidang yang kita buat

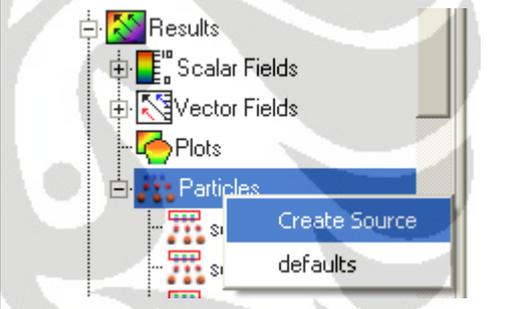


Property	Value
Name	plane1/position
On	<input checked="" type="checkbox"/>
Minimum Value	0 (Range: 0 -> 5.02)
Maximum Value	5.02 (Range: 0 -> 5.02)

Selanjutnya atur properties bidang yang kita buat tadi, lalu klik tombol play untuk melihat hasilnya

Dan untuk melihat simulasi untuk aliran, yaitu dengan cara :

Pilih geometri yang kita inginkan lalu klik Particles, lalu klik kanan dan pilih Create Source



Atau klik 

Setelah itu pada (+) Animation → klik Source yang kita buat tadi lalu centang pada ON



Property	Value
Name	source1/textureOffset
On	<input checked="" type="checkbox"/>
Minimum Value	0 (Range: 0 -> 1)
Maximum Value	1 (Range: 0 -> 1)

Selanjutnya atur properties Source yang kita buat tadi lalu klik play untuk melihat hasilnya

Untuk melihat simulasi dalam bentuk video/movie (*.avi), caranya yaitu

Pada Animation klik gambar 

Lalu akan muncul dialog box Save as → klik OK → muncul dialog box Video Compression → OK

