



TUGAS AKHIR - TM 091486

**STUDI NUMERIK DISTRIBUSI TEMPERATUR DAN
KECEPATAN UDARA PADA RUANG KEBERANGKATAN
TERMINAL 2 BANDAR UDARA INTERNASIONAL
JUANDA SURABAYA**

FITRI SETYOWATI
2110 100 077

Dosen Pembimbing
NUR IKHWAN, ST., M.Eng

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



FINAL PROJECT - TM 091486

**NUMERICAL STUDY OF TEMPERATURE AND AIR
VELOCITY DISTRIBUTION ON DEPARTURE HALL AT
TERMINAL 2 OF JUANDA INTERNATIONAL AIRPORT
SURABAYA**

FITRI SETYOWATI
2110 100 077

Advisor
NUR IKHWAN, ST., M.Eng

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014

**STUDI NUMERIK DISTRIBUSI TEMPERATUR DAN
KECEPATAN UDARA
PADA RUANG KEBERANGKATAN TERMINAL 2
BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA
SURABAYA**

Nama Mahasiswa : Fitri Setyowati
NRP : 2110 100 077
Jurusan : S1 Teknik Mesin
Dosen Pembimbing : Nur Ikhwan, ST., M.Eng

ABSTRAK

Pengkondisian udara adalah ilmu yang mempelajari proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur temperatur, kelembaban, kebersihan, dan pendistribusian secara merata guna mencapai kondisi nyaman. Ruang keberangkatan suatu bandar udara harus dijaga temperatur dan kelembaban untuk membuat penghuni yang ada dalam gedung tersebut mendapatkan kenyamanan termal. Dalam Tugas Akhir ini, akan ditentukan distribusi temperatur dan kecepatan udara pada Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya untuk menganalisa pengkondisian udara di Ruang Keberangkatan tersebut.

Penelitian ini dilakukan secara numerik dengan perangkat lunak FLUENT 6.3.26. pemodelan geometri dibuat menggunakan perangkat lunak GAMBIT 2.4.6 dengan kondisi batas inlet adalah velocity inlet, sedangkan outlet adalah outflow. Sistem yang dianalisa sebagai model uji adalah Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Temperatur ruangan dikondisikan pada temperatur sebesar 22°C dan kecepatan inlet diffuser sebesar 7,12 m/s. Simulasi ini dilakukan dengan variasi beban pendinginan dalam kondisi unsteady sehingga dapat diketahui perubahan temperature yang terjadi pada detik-detik yang ditentukan.

Hasil simulasi didapatkan distribusi kecepatan udara di dalam Ruang Keberangkatan antara 0,1 m/s hingga 0,356 m/s untuk pemodelan siang dan mala. Sedangkan distribusi temperature didapatkan dari hasil pemodelan siang dan malam yaitu temperature rata-rata sebesar 21-22°C untuk siang dan 21-22°C untuk malam. Posisi peletakan inlet diffuser, outlet dan peralatan berpengaruh terhadap distribusi kecepatan dan temperatur udara di dalam ruangan.

Kata Kunci : Distribusi temperatur, distribusi kecepatan, perangkat lunak FLUENT 6.3.26.

**NUMERICAL STUDY OF TEMPERATURE AND AIR
VELOCITY DISTRIBUTION ON DEPARTURE HALL AT
TERMINAL 2 OF JUANDA INTERNATIONAL AIRPORT
SURABAYA**

Name : Fitri Setyowati
NRP : 2110 100 077
Major : Mechanical Engineering FTI-ITS
Advisor : Nur Ikhwan, ST., M.Eng

ABSTRACT

Air conditioning is the study of the treatment process of air to regulate temperature, humidity, cleanliness, and distribute evenly in order to achieve comfortable conditions. Temperature and humidity of Departure Hall must be kept constant in order to make occupants feeling thermal comfort. In this final, will be determined the distribution of temperature and air velocity on Departure Hall at Terminal 2 of Juanda International Airport Surabaya to analyze the air conditioning in the Departure Hall.

This research was carried out numerically with the software FLUENT 6.3.26. Modeling the geometry is created using GAMBIT 2.4.6 software with inlet boundary conditions are velocity inlet and outlet is outflow. Departure Hall at Terminal 2 of Juanda International Airport Surabaya used as a test model with condition temperature is 22°C and the velocity inlet diffuser is 7,12 m/s. This simulation did at unsteady condition in order to get temperature change on certain time.

The simulation results obtained air velocity distribution in the Departure Hall between 0,1-0,356 m/s for the daylight period and night period simulation. Distribution of air temperature inside the Departure Hall between 21-22°C for the daylight period dan 21-22°C for the night period simulation. The position of the laying of the inlet diffuser, outlet and equipment affect the distribution of velocity and air temperature in the room.

***Keywords: Distribution of temperature and air velocity,
software FLUENT 6.3.26.***

**STUDI NUMERIK DISTRIBUSI TEMPERATUR DAN
KECEPATAN UDARA PADA RUANG
KEBERANGKATAN TERMINAL 3 BANDAR UDARA
INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Dajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Konversi Energi
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

FITRI SETYOWATI
NRP. 2110 100 077

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Nur Ikhsan, ST., M.Eng. (Pembimbing)
NIP. 196709151995123100
2. Ir. Kadarisman (Penguji I)
NIP. 194901091974121000
3. Ary Bachtiar K.P., ST., MT., Ph.D (Penguji II)
NIP. 196604021989031002

SURABAYA
JULI, 2014

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis curahkan sepenuhnya kepada Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Nya tugas akhir ini dapat terselesaikan. Penulis sangat menyadari bahwa keberhasilan dalam penulisan tugas akhir ini tak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dan mendukung baik secara moril maupun materil dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, antara lain:

1. Bapak Nur Ikhwan, ST., M.Eng, selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis yang selalu mengarahkan dan memberikan saran, dan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis.
2. Orang tua tercinta yang selalu memberikan nasehat kepada penulis untuk selalu menjadi orang yang baik dan selalu mendoakan penulis.
3. Bapak Ir. Bambang Pramujati, MSc. Eng. Ph.D selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan motivasi dan dukungan kepada penulis.
4. Bapak Ir. Kadarisman selaku dosen penguji tugas akhir penulis serta yang selalu memberikan bimbingan tentang tugas akhir penulis, terima kasih atas ilmu dan saran-saran yang telah diberikan.
5. Bapak Ary Bachtiar KP., ST., MT., Ph.D selaku dosen penguji tugas akhir penulis, terima kasih atas ilmu dan saran-saran yang telah diberikan.
6. Bapak Ir. Bambang Daryanto, Msme., Ph.D selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan demi kelancaran studi penulis.
7. Keluarga tercinta di Surabaya dan Sukoharjo yang telah memberikan motivasi dan dorongan serta doa sehingga kepada penulis.

8. Rekan satu tim tugas akhir penulis Erni Zulfa yang selalu memberikan dukungan dan kerja sama dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Rekan satu tim numerik laskar lab. CAE, Mas Bayu, Mas Gani, Nafi, Mas Filipus, Mas Gundul, Mas Didik, Mas Didin, Mas Moody, Mas Susno dan Mas Dani yang membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Sahabat penulis Suci dan Pipit, terima kasih atas motivasinya yang selalu memberikan semangat penulis.
11. Bapak Nur Rochman dan Bapak Sutrisno selaku pembimbing di lab. Mekanika Fluida yang telah membimbing dan memberikan saran-saran.
12. Teman-teman lab. mekanika fluida, Atik, Fina, Aulia, Dea, Elsa, Cinthya, Rizka, Salma, Ageng, Acol, Kresna, Hanggar, Farouq, Fasya, Imam, Kenan, Khosmin, dan teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, terima kasih atas bantuan dan dukungannya.
13. Teman-teman Bidikmisi, Nava, Tyas, Chika, Danny, Gallih, Supri, Arfi, Acong, Pepeng, dan Endah, terima kasih atas bantuan dan dukungannya.
14. Teman-teman M53, terima kasih atas bantuan dan dukungannya selama ini. Semoga kita semua tidak lupa satu sama lain setelah keluar dari jurusan kita tercinta.
15. Adik-adik M54 dan M55, terima kasih atas doa dan dukungannya.
16. Para alumni, Mbak Dina, Mbak Dani, Mbak Devy, Mas Galang, Mas Adityas, Mas Andri, dan Mas Samsul, terima kasih bantuan dan dukungannya.
17. Seluruh Dosen dan karyawan jurusan Teknik Mesin ITS,
18. Seluruh civitas akademik Teknik Mesin ITS.
19. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan oleh penulis.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, oleh karena itu saran dan masukan dari semua pihak sangat penulis harapkan. Penulis berharap

semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan sumbangsih bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, Agustus 2014

Penulis

halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR SIMBOL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Bandar Udara Internasional Juanda	7
2.2 Ruang Keberangkatan	7
2.3 Sistem Pengkondisian Udara	9
2.4 Kenyamanan Termal	10
2.5 Proses-Proses Pengkondisian Udara	11
2.6 Beban Pendinginan	13
2.7 Perpindahan Panas	15
2.8 Metode Distribusi Udara di Ruangan.....	16
2.9 Letak Keluaran Udara	20
2.10 Pengenalan FLUENT	21
2.11 Penelitian Terdahulu.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	37
3.1 Tahapan Penelitian.....	37
3.2 Pengambilan Data.....	38
3.3 Pemodelan dan Simulasi	41
3.4 Flowchart Penelitian.....	46
3.5 Alokasi Waktu Pelaksanaan.....	48

BAB IV ANALISA DATA.....	51
4.1 Analisa Variasi Beban Pendinginan Siang untuk Detik ke-300.....	51
4.2 Analisa Variasi Beban Pendinginan Siang untuk Detik ke-600.....	57
4.3 Analisa Variasi Beban Pendinginan Siang untuk Detik ke-1200.....	63
4.4 Analisa Variasi Beban Pendinginan Malam untuk Detik ke-300.....	70
4.5 Analisa Variasi Beban Pendinginan Malam untuk Detik ke-600.....	77
4.6 Analisa Variasi Beban Pendinginan Malam untuk Detik ke-1200.....	84
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	93
5.1 Kesimpulan	93
5.2 Saran	93
DAFTAR PUSTAKA.....	95
LAMPIRAN	97
BIODATA PENULIS.....	105

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Peralatan di Ruang Keberangkatan.....	41
Tabel 3.2 <i>Properties</i> Fluida.....	44
Tabel 3.3 <i>Boundary Condition</i>	44
Tabel 4.1 Alokasi Waktu Penelitian.....	48

halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ruang Keberangkatan Terminal 2	9
Gambar 2.2 Contoh Beban Pendinginan	10
Gambar 2.3 Proses dasar Pengkondisian Udara	13
Gambar 2.4 Proses Dasar Pengkondisian Udara.....	13
Gambar 2.5 Model Sistem Perhitungan Beban Pendinginan....	14
Gambar 2.6 Karakteristik Gerakan Udara pada Keluaran Kelompok A	18
Gambar 2.7 Karakteristik Gerakan Udara pada Keluaran Kelompok B.....	18
Gambar 2.8 Karakteristik Gerakan Udara pada Keluaran Kelompok C.....	19
Gambar 2.9 Karakteristik Gerakan Udara pada Keluaran Kelompok D	19
Gambar 2.10 Karakteristik Gerakan Udara pada Keluaran Kelompok E.....	20
Gambar 2.11 DistrLetak Keluaran di Dinding Atas	20
Gambar 2.12 Letak Keluaran di Lantai di Bawah Jendela Menghasilkan Distribusi yang baik Untuk Pemanasan.....	20
Gambar 2.13 Model Ruang Operasi	26
Gambar 2.14 Kontur Temperatur pada Sumbu X.....	27
Gambar 2.15 Kontur Temperatur Sumbu Y dan Sumbu Z.....	28
Gambar 2.16 Grafik Temperatur pada $y/h=0,467$ Plane Sumbu X	29
Gambar 2.17 Grafik Temperatur pada $y/h=0,467$ Plane Sumbu Z	30
Gambar 2.18 Model Ruang Operasi	33
Gambar 2.19 Distribusi Kecepatan pada Simulasi 3.....	34
Gambar 2.13 Distribusi Temperatur pada Simulasi 3.....	34
Gambar 3.1 Denah Ruang Keberangkatan	38
Gambar 3.2 Denah Ruang Keberangkatan	40
Gambar 3.3 Denah Ruang Keberangkatan	40
Gambar 3.4 Zona yang Ditinjau	41

Gambar 3.5 Model Benda Uji	42
Gambar 3.6 <i>Meshing</i>	42
Gambar 3.7 <i>Meshing</i>	43
Gambar 3.8 Flowchart Penelitian	47
Gambar 4.1 Kontur Temperatur Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Siang.....	51
Gambar 4.2 Kontur dan Vektor Kecepatan Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Siang	52
Gambar 4.3 Kontur Temperatur Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Siang.....	53
Gambar 4.4 Kontur dan Vektor Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Siang.....	54
Gambar 4.5 Kontur Temperatur Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Siang.....	55
Gambar 4.6 Kontur dan Vektor Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Siang.....	56
Gambar 4.7 Kontur Temperatur Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Siang.....	57
Gambar 4.8 Kontur dan Vektor Kecepatan Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Siang	58
Gambar 4.9 Kontur Temperatur Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Siang.....	60
Gambar 4.10 Kontur dan Vektor Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Siang.....	61
Gambar 4.11 Kontur Temperatur Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Siang.....	62
Gambar 4.12 Kontur dan Vektor Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Siang.....	63
Gambar 4.13 Kontur Temperatur Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Siang.....	64
Gambar 4.14 Kontur dan Vektor Kecepatan Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Siang	65
Gambar 4.15 Kontur Temperatur Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Siang.....	66

Gambar 4.16 Kontur dan Vektor Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Siang	68
Gambar 4.17 Kontur Temperatur Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Siang	69
Gambar 4.18 Kontur dan Vektor Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Siang	70
Gambar 4.19 Kontur Temperatur Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Malam	71
Gambar 4.20 Kontur dan Vektor Kecepatan Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Malam	72
Gambar 4.21 Kontur Temperatur Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Malam	73
Gambar 4.22 Kontur dan Vektor Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Malam	74
Gambar 4.23 Kontur Temperatur Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Malam	75
Gambar 4.24 Kontur dan Vektor Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Malam	76
Gambar 4.25 Kontur Temperatur Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Malam	77
Gambar 4.26 Kontur dan Vektor Kecepatan Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Malam	78
Gambar 4.27 Kontur Temperatur Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Malam	80
Gambar 4.28 Kontur dan Vektor Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Malam	81
Gambar 4.29 Kontur Temperatur Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Malam	82
Gambar 4.30 Kontur dan Vektor Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Malam	83
Gambar 4.31 Kontur Temperatur Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Malam	84
Gambar 4.32 Kontur dan Vektor Kecepatan Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Malam	85

Gambar 4.33 Kontur Temperatur Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Malam.....	87
Gambar 4.34 Kontur dan Vektor Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Malam.....	88
Gambar 4.35 Kontur Temperatur Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Malam.....	89
Gambar 4.36 Kontur dan Vektor Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Malam.....	90

DAFTAR SIMBOL

q''	: heat flux, W/m^2
k	: konduktivitas panas, W/mK
dT	: beda temperatur, K
dx	: beda jarak, m
h	: koefisien konveksi, W/m^2K
T_s	: temperatur permukaan, K
T_f	: temperatur fluida, K
σ	: konstanta Stefan-Boltzman, $5.67 \times 10^{-8} W/m^2K^4$
ε	: emisivitas bahan
h_r	: koefisien perpindahan panas radiasi, W/m^2K
T_s	: temperatur permukaan, K
T_{sur}	: temperatur lingkungan, K
ρ	: Density (kg/m^3)
c_p	: Panas spesifik ($kJ/kg.K$)
μ	: Viskositas absolute ($N.s/m^2$)

halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri saat ini sangat membutuhkan ilmu-ilmu teknik untuk mendukung berjalannya industri tersebut. Salah satu ilmu teknik yang banyak digunakan dalam dunia industri adalah ilmu mekanika fluida. Mekanika fluida banyak dimanfaatkan untuk berbagai hal, salah satunya adalah untuk mengamati perilaku aliran melintasi suatu ruangan dimana ruangan tersebut telah diberikan pengkondisian udara tertentu. Dengan penggabungan aplikasi dari ilmu mekanika fluida serta pengkondisian udara akan dapat diketahui bagaimana distribusi temperatur dan kecepatan udara pada ruangan tersebut. Selain itu banyak informasi lain yang bisa didapatkan dengan mengamati karakteristik aliran fluida ini yang akan berguna jika diaplikasikan di dunia industri.

Pada suatu bangunan gedung, sistem ventilasi dan pengkondisian udara merupakan hal yang penting untuk mendapatkan kenyamanan dan keamanan bagi penghuni yang menempati ruangan tersebut. Sistem ventilasi sangat penting bagi penghuni suatu bangunan di antaranya adalah untuk penghematan energi dan kenyamanan penghuninya. Sistem ventilasi berkaitan dengan sistem aliran sirkulasi udara dalam bangunan tersebut. Sistem ventilasi pada bangunan menjadi salah satu hal penting dalam perencanaan bangunan masa kini. Sistem pengkondisian udara merupakan salah satu fasilitas pendukung dari fungsi bangunan yaitu sebagai media untuk melindungi penghuninya dari kondisi alam seperti terik matahari, debu, dan kondisi-kondisi yang kurang memenuhi kualitas kesehatan.

Pengkondisian udara dalam suatu gedung secara umum bertujuan untuk memberikan kenyamanan bagi penghuninya. Setiap jenis gedung memerlukan sistem pengkondisian udara yang berbeda. Sebagai contoh adalah pengkondisian udara untuk suatu ruangan di gedung bandar udara yaitu di daerah Ruang

Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya adalah tempat masuknya para penumpang dan para pengantar, dimana pada daerah ini para penumpang akan melakukan *check-in* dengan mengontrol barang bawaan mereka baik yang dengan bagasi maupun yang tanpa bagasi. Mengingat pentingnya daerah Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya ini maka perlu dilakukan simulasi bagaimana distribusi temperatur dan kecepatan udara pada daerah ini agar para penumpang, pengantar maupun pegawai yang bekerja merasa nyaman berada di daerah ini.

Seiring dengan perkembangan komputer maka metode komputasi juga berkembang antara lain CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dengan perangkat lunak FLUENT 6.3.26. Dengan adanya simulasi CFD ini akan memudahkan dalam pembuatan simulasi adanya pengkondisian udara pada suatu ruangan sehingga mendapatkan hasil analisa distribusi temperatur dan kecepatan udara pada ruangan tersebut dengan studi numerik yang telah dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Geometri dari Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya ini cukup rumit karena banyak terdapat benda-benda yang sangat mempengaruhi bentuk hasil simulasi. Benda-benda tersebut ada yang menghasilkan panas atau kalor yang akan mempengaruhi beban pendinginan di ruangan Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya dan ada benda-benda yang tidak mempengaruhi beban pendinginan. Yang mempengaruhi beban pendinginan antara lain: layar LCD komputer untuk menampilkan jadwal penerbangan, lampu, dan orang-orang baik calon penumpang maupun pegawai bandara. Sedangkan benda-benda yang tidak mempengaruhi beban pendinginana antara lain: meja, kursi, konveyor, dan pilar. Aliran udara dari Ruang

Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya ini masuk dari *jet diffuser* yang berada di tembok atas mengarah ke bawah. Kemudian disebarkan ke seluruh ruangan lalu aliran udara diserap lagi atau dikeluarkan melalui RAG (*Return Air Grille*).

Berdasarkan beberapa pemahaman mengenai hal-hal tersebut di atas, tugas akhir ini mencoba untuk menganalisa bagaimana fenomena aliran yang melewati Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya dan bagaimana distribusi temperatur dan kecepatan udara yang terjadi serta menganalisa bagaimana analisa profil yang dihasilkan oleh perangkat lunak FLUENT 6.3.26.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui distribusi temperatur dan kecepatan udara yang terjadi pada Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya yang merupakan faktor penting dalam pengkondisian udara untuk kenyamanan termal dengan variasi beban pendinginan yang diambil pada saat siang hari dan malam hari.
2. Untuk mengetahui analisa profil yang dihasilkan oleh simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dengan perangkat lunak FLUENT 6.3.26.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mempermudah dalam penyusunan penelitian ini maka diperlukan adanya batasan masalah dan asumsi yang kiranya berhubungan dengan penelitian ini, batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Sistem yang ditinjau dan dianalisa adalah Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.
2. Ruang *sample* yang ditinjau berukuran 37876 mm x 19124 mm x 5176 mm.

3. Standar temperatur dan kelembaban udara Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya mengacu pada standar ASHRAE.
4. *Heat gain* yang ditimbulkan dari masing-masing komponen di Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya tidak diukur secara langsung tetapi mengacu dari data literatur.
5. *Heat gain* didapatkan dari kalor yang dikeluarkan oleh komputer, lampu dan orang-orang yang berada pada ruangan tersebut.
6. Analisa tiga dimensi dengan perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi adalah CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dengan menggunakan perangkat lunak FLUENT 6.3.26.
7. Parameter yang diamati dan dianalisa adalah distribusi temperatur dan kecepatan udara.
8. *Velocity inlet* yang dihasilkan dari satu *jet diffuser* dengan debit 1066 cfm adalah sebesar 7,12 m/s.
9. Simulasi sistem distribusi temperatur dan kecepatan udara dianalisa pada kondisi *unsteady* dan menggunakan batasan *incompressible flow*.
10. Menggunakan model turbulen *k-ε standard*, *boundary condition* untuk *inlet* adalah *velocity inlet* dan untuk *outlet* adalah *outflow*.
11. Fluida yang digunakan adalah udara sebagai gas ideal.

1.5 Manfaat Penelitian

Melalui penelitian tugas akhir ini, diharapkan akan menambah wawasan dan pengetahuan dari mahasiswa dan penulis untuk mengetahui pengkondisian udara pada suatu ruangan dengan melihat distribusi temperatur dan kecepatan udara pada ruangan yang dikondisikan tersebut melalui simulasi menggunakan perangkat lunak FLUENT 6.3.26. Penelitian tugas akhir ini digunakan untuk melihat distribusi temperatur dan kecepatan udara pada Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar

Udara Internasional Juanda Surabaya. Dengan penelitian tugas akhir ini diharapkan mampu menjadi bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya.

halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bandar Udara Internasional Juanda

Bandar Udara Internasional Juanda adalah bandar udara internasional yang melayani kota Surabaya, Jawa Timur dan sekitarnya. Bandar Udara Internasional Juanda mempunyai dua terminal yang beroperasi dengan masing-masing terminal melayani penerbangan untuk domestik dan internasional. Bandar udara ini sebenarnya terletak di daerah Sidoarjo, 20 km dari sisi selatan Kota Surabaya. Bandar Udara Internasional Juanda dioperasikan oleh PT. Angkasa Pura I (Persero). Terminal 1 bandara ini mempunyai panjang 3000 m dengan luas sebesar 51.500 m². Sedangkan terminal 2 bandara ini mempunyai luas terminal sebesar 49.500 m².

Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda atau sering disebut T2 Bandar Udara Internasional Juanda ini mulai dioperasikan sejak 14 Februari 2014. T2 Bandar Udara Internasional Juanda adalah bandara pertama di Indonesia yang mengadopsi 12 infrastruktur teknologi. T2 Bandar Udara Internasional Juanda mengusung konsep *eco-airport* dengan memanfaatkan konservasi air dan mengurangi konsumsi energi. Terminal ini memiliki luas total sebesar 112.200 m² yang dilengkapi dengan 12 unit garbarata, 3 unit kantor *Visa on Arrival* (VOA), 6 unit travelator, 5 unit eskalator, 3 unit lift, serta dilengkapi dengan sistem pengelolaan bagasi yang canggih yaitu HBS (*Handling Bagage System*). Selain itu, T2 Bandar Udara Internasional Juanda juga memiliki area parkir yang mampu menampung 1.845 kendaraan. Bandara ini diperkirakan mampu mengakomodasikan 6,5 juta penumpang setiap tahun. Dengan beroperasinya T2 Bandar Udara Internasional Juanda ini diharapkan mampu mengurangi *over capacity* yang terjadi pada Terminal 1 Bandar Udara Internasional Juanda.

2.2 Ruang Keberangkatan

Berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: SKEP/77/VI/2005 tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara, menyebutkan bahwa Ruang Keberangkatan harus cukup luas untuk menampung penumpang datang pada waktu sibuk sebelum menuju ke *check-in area*. *Check-in area* harus cukup untuk menampung penumpang saat sibuk selama mengantri untuk *check-in*. Meja *check-in counter* harus dirancang untuk dapat menampung segala peralatan yang dibutuhkan untuk *check-in* seperti komputer, printer, dan lain sebagainya, serta memungkinkan gerakan petugas yang efisien. Udara dalam ruang terminal menggunakan sistem pengkondisian udara untuk kenyamanan penumpang dengan parameter untuk temperatur udara maksimal adalah sebesar 27°C dan kelembaban maksimal 55%.

Ruang keberangkatan di Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda berisi berukuran 75950 mm x 5200 mm x 37900 mm yang berisi 1 unit konveyor panjang, 40 unit konveyor kecil, 58 unit meja, 58 unit kursi, 84 unit *jet diffuser*, 48 unit RAG, pilar, layar LCD dan lampu penerangan. Masing-masing *jet diffuser* memiliki debit sebesar 1066 cfm yaitu sebesar 0,5 m³/s dengan diameter 300 mm maka didapatkan kecepatan *jet diffuser* sebesar 7,12 m/s yang digunakan sebagai *inlet* atau tempat masuknya udara ke ruangan. Untuk RAG (*Return Air Grille*) berukuran 1000 mm x 250 mm yang digunakan sebagai tempat keluarnya udara dengan cara udara diserap kembali ke RAG.

Berdasarkan RKS ME tentang Spesifikasi Teknis Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal dari Pengembangan Bandar Udara Internasional Juanda Terminal 2 memiliki kondisi udara luar dengan temperatur sebesar 33,2°C dan *Relative Humidity* (RH) sebesar 70%. Kondisi dalam ruangan yang dikondisikan pada temperatur 27°C ± 2°C dan RH 55% ± 10%. Pada saat pemasangan *Split Unit Air Cooled*, temperatur udara pendingin kondensator adalah 35°C, sedangkan temperatur ruang sebesar 25°C ± 2°C, dan RH 55% ± 10%.



Gambar 2.1 Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda

2.3 Sistem Pengkondisian Udara

Pengkondisian udara (*air conditioner*) adalah proses perlakuan terhadap udara dalam ruangan untuk mengatur temperatur, kelembaban, kebersihan, kualitas, dan sirkulasi sehingga sesuai dengan yang diinginkan. Suatu sistem pengkondisian udara dapat berupa sebuah sistem pemanasan, pendinginan, dan ventilasi. Untuk kondisi iklim Indonesia (tropis) proses pengkondisian udara yang berfungsi untuk menciptakan kondisi nyaman bagi beberapa aktivitas manusia. Teknik pengkondisian udara tidak hanya mendinginkan udara, tetapi penekanannya pada kenyamanan pengguna atau pemakai (*Comfort Air Conditioning*). Menurut definisi, pengkondisian udara merupakan pengaturan simultan terhadap temperatur, kelembaban, aliran, dan kebersihan udara di dalam suatu ruangan. Pengkondisian udara juga mencakup usaha pemanasan atau penghangatan ruangan. Penerapan pengkondisian udara banyak dijumpai pada pusat perbelanjaan, rumah tinggal, perhotelan, perkantoran, rumah sakit, dan bandar udara. Ada dua golongan utama sistem pengkondisian udara, yaitu:

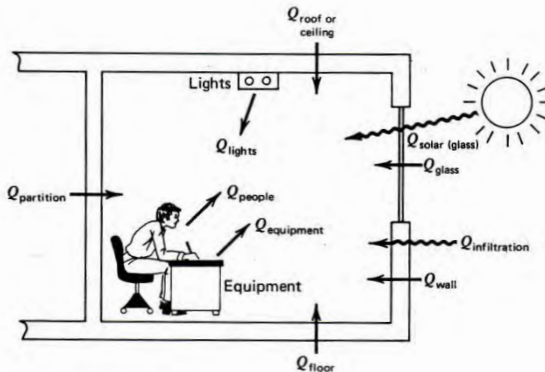
1. Pengkondisian udara untuk kenyamanan

Pengkondisian udara untuk kenyamanan adalah pengkondisian udara yang bertujuan untuk menciptakan kondisi

udara yang nyaman bagi orang yang berada di dalam suatu ruangan.

2. Pengkondisian udara untuk industri

Pengkondisian udara untuk industri adalah pengkondisian suatu usaha untuk menciptakan lingkungan yang nyaman, paling tidak sebagian bagi para pekerja yang berada di dalam lingkungan yang berbahaya dan juga untuk pengaturan kondisi udara yang dapat mendukung pemrosesan barang.



Gambar 2.2 Contoh Beban Pendinginan

2.4 Kenyamanan Termal

ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) mendefinisikan kenyamanan termal sebagai suatu pemikiran dimana kepuasan didapatkan. Meskipun digunakan untuk mengartikan tanggapan tubuh, kenyamanan termal merupakan kepuasan yang dialami oleh manusia yang mengalami suatu keadaan termal, keadaan ini alami baik secara sadar maupun tidak sadar. Pemikiran suhu netral atau suhu tertentu yang sesuai untuk seseorang dinilai agak kurang tepat karena nilai nyaman bukan merupakan nilai yang pasti dan selalu berbeda tiap individu.

Prinsip dari kenyamanan termal sendiri yaitu terciptanya keseimbangan antara suhu tubuh manusia dengan suhu sekitarnya. Karena jika suhu manusia dengan lingkungan memiliki perbedaan suhu yang signifikan, maka akan terjadi ketidaknyamanan yang diwujudkan melalui kepanasan atau kedinginan yang dialami oleh tubuh. George Lippsmeier menjelaskan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kenyamanan termal, kemampuan termal dan fisik penghuni yaitu radiasi matahari, pantulan dan penyerapan, temperatur dan perubahan temperatur, kelembaban udara, dan gerakan udara.

2.5 Proses-Proses pada Pengkondisian Udara

Proses-proses yang terjadi pada udara digambarkan dalam bagan psikometrik untuk menjelaskan dengan lebih detail. Bagan tersebut digunakan untuk menjelaskan perubahan sifat-sifat udara yang penting, seperti temperatur, rasio kelembaban, dan entalpi dalam proses-proses tersebut. Beberapa proses dasar pengkondisian udara meliputi: pemanasan atau pendinginan *sensible*, pelembaban *adiabatic* dan *non adiabatic*, pendinginan dan pengurangan kelembaban (pengeringan), pengurangan kelembaban kimiawi, dan campuran.

Beberapa proses dasar pada pengkondisian udara adalah:

- a. Pemanasan atau pendinginan *sensible*, adalah suatu proses dimana laju perpindahan panas yang hanya disebabkan oleh perubahan temperatur bola kering udara.
- b. Pelembaban, dapat bersifat adiabatik seperti pada proses 1-2 atau dengan penambahan kalor seperti pada proses 1-3.
- c. Pendinginan atau pengurangan kelembaban (pengeringan), menghasilkan penurunan temperatur dan rasio kelembaban. Proses tersebut terjadi pada koil pendingin atau alat penurun kelembaban. Kapasitas refrigerasi selama proses pendinginan atau pengurangan kelembaban adalah sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas refrigerasi} = \dot{m}(h_1 - h_2) \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

(Wilbert F Stocker, Refrigerasi Dan Pengkondisian Udara, 1982)

- d. Proses kimiawi, uap air dari udara diserap atau diabsorpsi oleh suatu bahan higroskopik. Apabila proses tersebut diberi penyekat kalor sehingga entalpinya tetap dan karena kelembaban turun, maka temperatur udara harus naik.
- e. Campuran dua aliran udara adalah proses yang umum di dalam pengkondisian udara. Gambar 2.4 (e.1) menunjukkan pencampuran antara \dot{m}_1 kg/dt udara dari keadaan 1 dengan \dot{m}_2 kg/dt udara dari keadaan 2. Hasilnya adalah kondisi 3, terlihat pada grafik psikometrik dalam Gambar 2.4 (e.2). persamaan dasar untuk proses pencampuran ini adalah persamaan kesetimbangan energi dan kestimbangan massa. Persamaan kesetimbangan energi tersebut adalah:

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) h_3 \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

(Wilbert F. Stocker, Refrigerasi Dan Pengkondisian Udara, 1982)

Dan persamaan kesetimbangan massa air adalah:

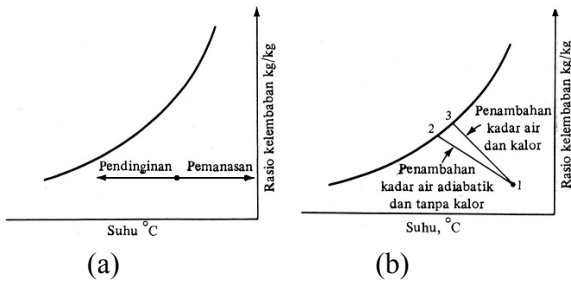
$$\dot{m}_1 W_1 + \dot{m}_2 W_2 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) W_3 \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

(Wilbert F. Stocker, Refrigerasi Dan Pengkondisian Udara, 1982)

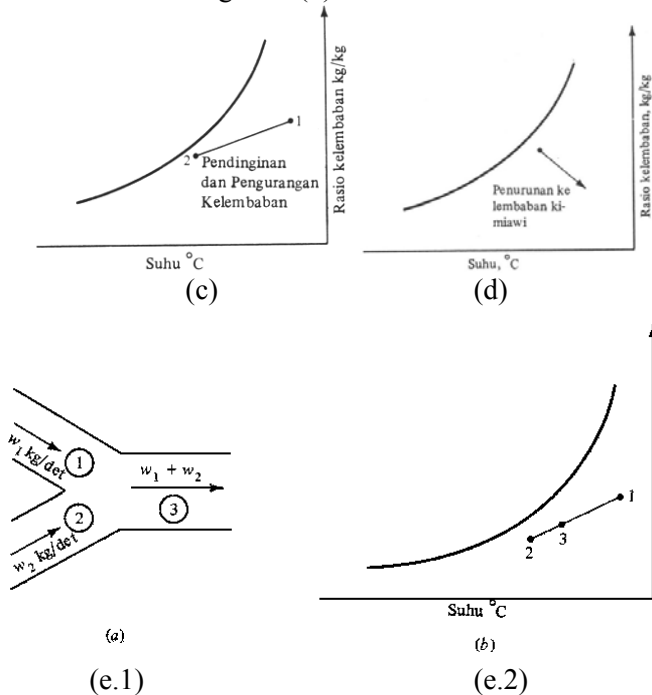
Dimana:

W : rasio kelembaban, kg/kg

h : entalpi, kJ/kg



Gambar 2.3 Proses Dasar Pengkondisian Udara. (a) Pemanasan dan Pendinginan. (b) Pembasahan



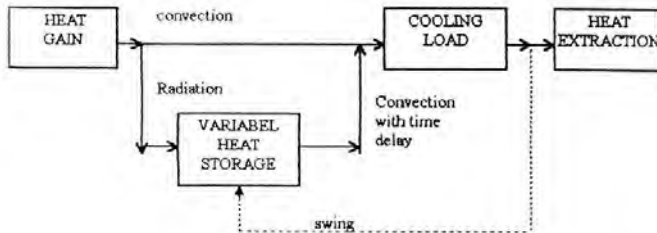
Gambar 2.4 Proses Dasar Pengkondisian Udara. (c) Pendinginan dan Pengerinan. (d) Pengerinan Kimiawi. (e.1) Skema Proses Pencampuran. (e.2) Proses Pencampuran Dipetakan Pada Grafik Psikometrik

Persamaan 2.2 dan 2.3 menunjukkan bahwa entalpi dan rasio kelembaban akhir adalah rata-rata dari entalpi dan rasio kelembaban udara saat masuk.

2.6 Beban Pendinginan

Perhitungan beban pendinginan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan besarnya kapasitas pendinginan peralatan pengkondisian udara yang akan dipasang. Untuk mencapai

kondisi ruangan agar sesuai dengan perencanaan maka harus ada sejumlah panas yang dikeluarkan dari ruangan tersebut.



Gambar 2.5 Model Sistem Perhitungan Beban Pendinginan

Dari model sistem di atas, dapat dikatakan bahwa perhitungan beban pendinginan atau *cooling load* berawal dari beban panas yang masuk dan timbul dalam ruangan atau *heat gain*. Definisi dari *heat gain* adalah banyaknya panas yang masuk dan timbul di dalam ruangan yang akan dikondisikan. Beban panas ini terdiri dari pancaran radiasi sinar matahari, lampu, orang, perpindahan panas secara konduksi melalui dinding, partisi, atap dan kaca, ditambah adanya infiltrasi dan ventilasi serta peralatan listrik lainnya yang menghasilkan panas. *Cooling load* didefinisikan sebagai banyaknya panas yang harus dikeluarkan dari ruangan untuk mempertahankan kondisi tertentu. *Cooling load* sesaat tidak sama dengan beban panas sesaat, hal ini disebabkan adanya panas yang diserap oleh permukaan material yang melingkupi ruangan (dinding, lantai, dan langit-langit), serta furniture yang berada dalam ruangan. Setelah beberapa saat, material tersebut temperaturnya lebih tinggi dari temperatur ruangan.

Heat extraction adalah banyaknya panas yang dapat dikeluarkan dari ruangan oleh peralatan. Bila kondisi ruangan dipertahankan konstan maka *heat extraction* berharga sama dengan *cooling load* dan jika temperatur ruangan diperbolehkan naik beberapa derajat atau *swing heat extraction* lebih kecil dari *cooling load*. Jadi, *cooling load* dan *heat extraction* merupakan beban yang harus ditangani oleh peralatan. Untuk selanjutnya

cooling load dan *heat extraction* dinyatakan sebagai beban pendinginan. Beban peralatan adalah banyaknya energi yang dibutuhkan untuk mengatasi beban pendinginan agar ruangan dapat dikondisikan seperti yang direncanakan. Beban peralatan ini merupakan jumlah semua komponen-komponen beban pendinginan yang telah disebutkan ditambah faktor keamanan dan *losses*.

2.7 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah mekanisme perpindahan energi yang disebabkan perbedaan temperatur baik pada suatu media atau antarmedia. Energi panas berpindah dengan tiga cara, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Berikut ini merupakan penjelasan metode perpindahan panas yang terjadi.

2.7.1 Konduksi

Konduksi merupakan perpindahan panas yang terjadi pada media yang memiliki perbedaan temperatur dan mekanisme secara fisiknya adalah aktivitas antara molekul yang lebih aktif ke molekul yang kurang aktif. Model matematik dari perpindahan panas secara konduksi ini menurut Fourier adalah sebagai berikut:

$$q''_{cond} = -k \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots(2.4)$$

(Wilbert F. Stocker, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, 1982)

Dimana:

q'' : heat flux, W/m²

k : konduktivitas panas, W/mK

dT : beda temperatur, K

dx : beda jarak, m

Tanda minus digunakan karena perpindahan panas selalu terjadi ke arah temperatur yang lebih rendah.

2.7.2 Konveksi

Konveksi merupakan bentuk perpindahan panas yang disertai perpindahan materi. Umumnya terjadi pada benda cair

dan gas. Secara matematis besarnya perpindahan panas konveksi dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$q''_{conv} = h_c(T_s - T_f) \dots\dots\dots(2.5)$$

(Wilbert F. Stocker, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, 1982)

Dimana:

- q'' : heat flux, W/m²
- h : koefisien konveksi, W/m²K
- T_s : temperatur permukaan, K
- T_f : temperatur fluida, K

2.7.3 Radiasi

Radiasi merupakan cara perpindahan energi panas dengan gelombang elektromagnetik dari suatu permukaan benda ke lingkungannya tanpa memerlukan media penghantar. Model matematik dari perpindahan panas secara radiasi ini adalah sebagai berikut:

$$q''_{rad} = \sigma \varepsilon (T_s^4 - T_{sur}^4) \dots\dots\dots(2.6)$$

(Wilbert F. Stocker, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, 1982)

Dimana:

- q'' : heat flux, W/m²
- σ : konstanta Stefan-Boltzman, 5.67×10^{-8} W/m²K⁴
- ε : emisivitas bahan
- h_r : koefisien perpindahan panas radiasi, W/m²K
- T_s : temperatur permukaan, K
- T_{sur} : temperatur lingkungan, K

Untuk benda hitam sempurna atau *black body* mempunyai nilai $\varepsilon=1$, karena benda hitam merupakan pemancar dan penyerap panas yang baik. Sedangkan permukaan yang mengkilap termasuk pemancar dan penyerap panas yang buruk memiliki nilai $\varepsilon=0$.

2.8 Metode Distribusi Udara di Ruangan

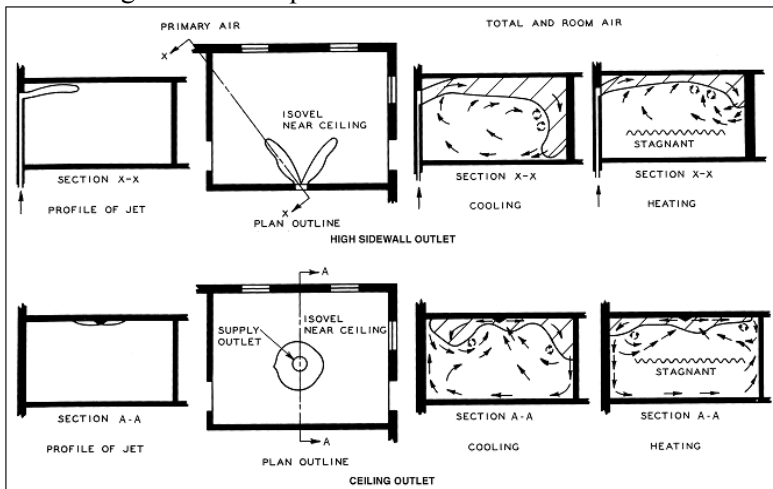
Berdasarkan *ASHRAE Fundamentals Handbook 1997 chapter 31 "Space Air Diffusion"*, sistem distribusi di dalam ruangan terbagi atas tiga hal yaitu: sistem campuran, sistem perpindahan, dan sistem setempat. Berikut merupakan penjelasan dari setiap sistem tersebut.

Udara terkondisi biasanya dialirkan pada sistem keluaran dengan kecepatan lebih tinggi dibanding kecepatan sirkulasi udara ruangan yang dikondisikan. Temperatur udara terkondisi mungkin lebih tinggi atau lebih rendah atau sama dengan temperatur ruangan yang dikondisikan, tergantung pada beban ruangan semburan udara dari *diffuser* bercampur dengan udara sekeliling sehingga menurunkan kecepatan dan menyeimbangkan temperatur udara.

Distribusi campuran menghasilkan kecepatan udara, temperatur, kelembaban dan kualitas udara cukup seragam pada ruang yang dikondisikan. Jenis-jenis keluaran dan kinerjanya dibagi dalam 5 kelompok yaitu:

1. Kelompok A

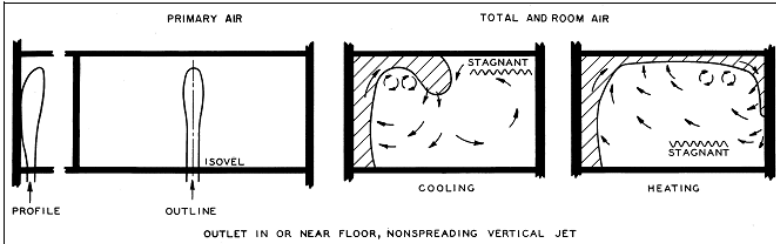
Keluaran dipasang pada langit-langit atau dekat langit-langit yang mengalirkan udara secara mendatar. Berikut ini adalah gambar kelompok A:



Gambar 2.6 Karakteristik Gerakan Udara Pada Keluaran Kelompok A (*ASHRAE Fundamental Handbook*, 1997)

2. Kelompok B

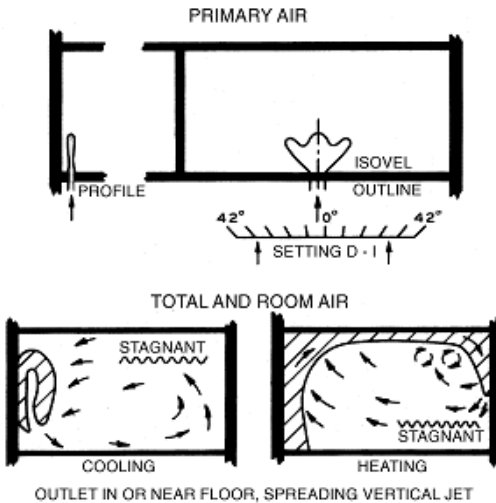
Keluaran dipasang pada lantai atau dekat lantai yang mengalirkan udara secara tegak dengan semburan yang tidak menyebar. Berikut ini adalah gambar kelompok B:



Gambar 2.7 Karakteristik Gerakan Udara Pada Keluaran Kelompok B (*ASHRAE Fundamental Handbook*, 1997)

3. Kelompok C

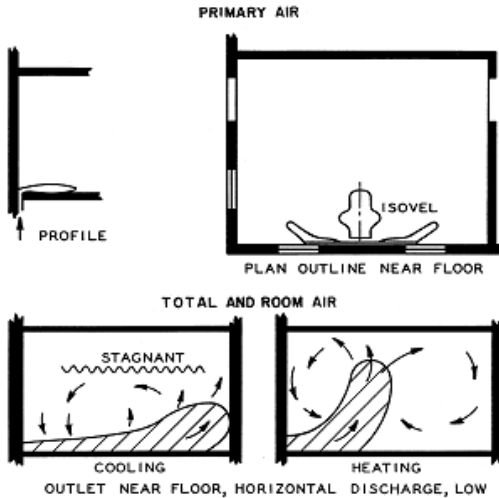
Keluaran dipasang pada lantai atau dekat lantai yang mengalirkan udara secara tegak dengan semburan yang menyebar. Berikut ini adalah gambar kelompok C:



Gambar 2.8 Karakteristik Gerakan Udara Pada Keluaran Kelompok C (*ASHRAE Fundamental Handbook*, 1997)

4. Kelompok C

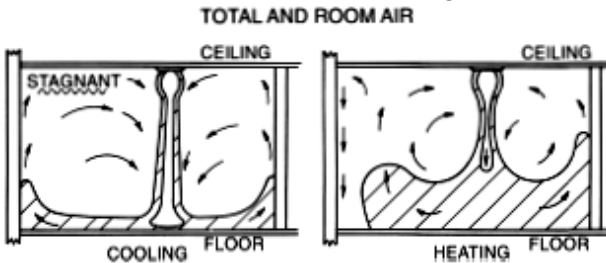
Keluaran dipasang pada lantai atau dekat lantai yang mengalirkan udara secara mendatar. Berikut ini adalah gambar kelompok D:



Gambar 2.9 Karakteristik Gerakan Udara Pada Keluaran Kelompok D (*ASHRAE Fundamental Handbook*, 1997)

5. Kelompok E

Keluaran dipasang pada langit-langit mengalirkan udara primer secara vertikal. Berikut ini adalah gambar kelompok E:

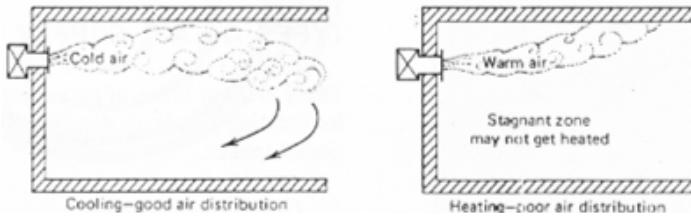


Gambar 2.10 Karakteristik Gerakan Udara Pada Keluaran Kelompok E (*ASHRAE Fundamental Handbook*, 1997)

2.9 Letak Keluaran Udara

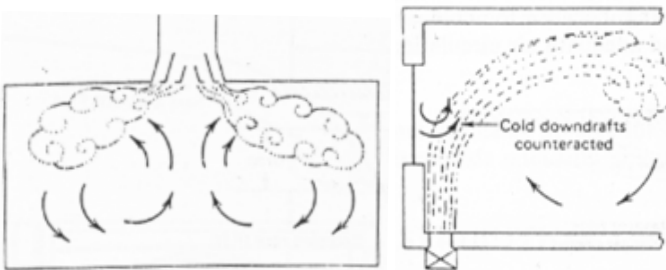
Letak tempat dari alat pendistribusi udara di dalam ruangan adalah hal yang perlu diperhatikan dalam mendapatkan distribusi udara yang baik. Berikut ini adalah macam-macam letak saluran alat distribusi udara:

- Dinding atas, letak ini baik untuk pendinginan, karena udara dingin akan turun secara natural, tetapi letak ini tidak baik untuk pemanasan, karena udara hangat akan naik.



Gambar 2.11 Letak Keluaran Di Dinding Atas

- Atap, letak ini sangat baik untuk pendinginan karena udara dingin akan turun secara natural, tetapi sangat tidak cocok untuk pemanasan.
- Dinding bawah, letak ini baik untuk pemanasan karena udara hangat akan naik secara natural.
- Lantai, letak ini sangat baik untuk pemanasan karena udara hangat akan naik secara natural.



Gambar 2.12 Letak Keluaran Di Lantai Di Bawah Jendela Menghasilkan Distribusi Yang Baik Untuk Pemanasan

2.10 Pengenalan FLUENT

2.10.1 Pengertian Umum FLUENT

Fluent adalah langkah dari suatu program computer untuk pemodelan aliran udara fluida dan perpindahan panas dalam bentuk geometri yang kompleks. Fluent menyediakan *mesh* yang fleksibel dengan lengkap meliputi kemampuan untuk memecahkan suatu masalah dalam aliran dengan menggunakan *mesh* yang tidak terstruktur yang dapat dihasilkan menggunakan geometri yang relatif mudah. Macam-macam *mesh* meliputi 2D, 3D, dan campuran. FLUENT dipilih karena memiliki beberapa keuntungan, antara lain: FLUENT relatif mudah dioperasikan, model yang realistik (tersedia berbagai pilihan *solver*), *meshing* model yang efisien (dalam GAMBIT), dan visualisasi yang mudah dimengerti.

FLUENT dioperasikan dengan cepat menggunakan ilmu dari CFD dan mengembangkan keefektifan dari model computer sebagai ruangan dan analisis peralatan pada umumnya. Secara umum FLUENT digunakan untuk penelitian internal, perkembangan dan partisipasi dalam kolaborasi dengan kelompok industri. Macam-macam aplikasi dari FLUENT : aerodinamika dari *air craft* dan kendaraan; hidrodinamika dari kapal; *power plan* dan *gas turbines*; mesin turbo, aliran dalam rotasi; listrik dan elektronika; proses kimia; lingkungan luar dan dalam dari gedung; teknik perkapalan; teknik lingkungan, distribusi dari pencemaran; *hidrology* dan *oceanography*; *meteorology*; dan teknik biomedikal.

2.10.2 Kemampuan Program

Fluent *solver* memiliki kemampuan modeling sebagai berikut:

- a. Aliran 2D planar, 2D axis simetri dan 2D axis simetri dengan berpindah secara rotasi dan 3D.
- b. *Quadrilateral*, *triangular*, *hexahedral (brick)*, *tetrahedral*, prisma (*wedge*), piramid dan campuran elemen *mesh*.
- c. Aliran *steady state* atau *transient*.

- d. Aliran *incompressible* atau *compressible* yang meliputi seluruh sistem kecepatan (aliran *low subsonic*, *transonic*, *supersonic*, dan *hipersonik*).
- e. Aliran *inviscid laminar* dan *turbulen*.
- f. Aliran *Newtonian* dan *non Newtonian*.
- g. Perpindahan panas yang meliputi gaya natural dan konveksi campuran dan perpindahan panas konjugasi dan radiasi.
- h. Permukaan bebas dan model multi fase untuk aliran *gas-liquid*, *gas-solid*, dan *liquid-solid*.

2.10.3 Memilih Formulasi Solver

FLUENT menyediakan beberapa formulasi solver antara lain: *Segregated dan Coupled*, formulasi solver tersebut akan menghasilkan solusi yang akurat untuk berbagai kasus, tetapi pada beberapa kasus tertentu salah satu formulasi mungkin dapat menghasilkan solusi yang lebih cepat daripada yang lain. Secara umum, *solver segregate* banyak digunakan untuk kasus dengan fluida inkompresibel dan kompresibel dengan kecepatan aliran yang rendah sampai menengah (bilangan Mach < 1). Adapun solver *coupled* pada dasarnya didesain untuk kasus fluida kompresibel dengan kecepatan tinggi (bilangan Mach ≥ 1).

2.10.4 Menentukan Model dan Persamaan Dasar

Pada FLUENT terdapat beberapa model dan persamaan dasar yang dapat dipilih sesuai dengan kasus yang akan dianalisa persamaan-persamaan tersebut meliputi:

a. Model Multifase

Pada aliran multi fase, suatu fase dapat didefinisikan sebagai suatu tingkat material yang mempunyai respon inersia terhadap aliran dan berinteraksi dengan aliran dan medan potensial yang ada. Misalnya, material partikel padat yang sama tetapi berbeda ukuran dapat diperlakukan sebagai fase yang berbeda karena sekelompok partikel dengan ukuran yang sama akan mempunyai respon dinamik yang sama terhadap medan aliran.

b. Persamaan Energi (*energi equation*)

Apabila model yang akan disimulasikan memerlukan analisis tentang temperatur, perpindahan panas, radiasi, maka persamaan energi yang ada di FLUENT harus diaktifkan terlebih dahulu.

c. Model Viskos (*viscous model*)

Pada model yang akan viscous terdapat beberapa pilihan yaitu:

- *Inviscid*
- *Laminar*
- *Spalart Allmaras*
- *k-epsilon*
- *k-omega*
- *Reynold Stress*
- *Large Eddy Simulation*

Sebelum menentukan model *viscous* harus ditentukan terlebih dahulu apakah aliran yang disimulasikan termasuk aliran laminar atau turbulen dengan menghitung bilangan Reynolds terlebih dahulu. Apabila termasuk turbulen, FLUENT menyediakan beberapa model turbulensi, yaitu:

1. Model *Spalart Allmaras*

Merupakan model turbulensi dengan satu persamaan yang menyelesaikan model persamaan *transport* untuk viskositas turbulen. Model ini didesain secara khusus untuk aplikasi *aerospace* yang melibatkan *wall-bounded flows* dan telah menunjukkan hasil yang baik untuk lapisan batas yang dipengaruhi oleh *adverse pressure gradient*. Bentuk dasar model *Spalart Allmaras* hanya efektif pada model dengan bilangan Reynolds yang kecil. Model ini dapat disunakan untuk simulasi yang relative kasar dengan ukuran mesh yang besar, dimana perhitungan aliran turbulen yang akurat bukan merupakan hal yang kritis.

2. Model *k-epsilon* (*k-ε*)

- Standard

Pemodelan yang menggunakan persamaan *transport* untuk penyelesaian model untuk *k* dan ϵ . Model ini juga

dapat menyelesaikan untuk *heating, buoyancy, and compressibility* yang dapat diselesaikan dalam $k-\varepsilon$ model yang lainnya. Model ini tidak cocok untuk aliran kompleks yang meliputi *strong stream curvature* dan *separation*.

- Renormalization group (RNG)

Variasi pemodelan dari standard $k-\varepsilon$ model. Model ini sangat signifikan untuk mengubah dalam persamaan ε sehingga dapat memperbaiki untuk model yang mempunyai *highly standard flows*. Dalam model ini juga dapat digunakan untuk aliran yang mempunyai bilangan Reynolds yang rendah dan untuk memprediksi aliran yang mempunyai efek *swirling*.

- Realizable

Variasi pemodelan dari standard $k-\varepsilon$ model. Dengan menggunakan model ini dapat dilakukan untuk menentang penggunaan *mathematical constraints* sehingga dengan pemodelan ini cukup dapat memperbaiki performansi dari model tanpa menggunakan *mathematical constraints*.

3. Model $k-\omega$ ($k-\omega$)

- Standard

Pemodelan yang menggunakan dua persamaan transport model untuk memecahkan k dan ω . Pemodelan ini juga dapat digunakan untuk aliran yang memiliki bilangan Reynolds yang rendah. Pemodelan ini juga dapat menampilkan transisi aliran dari aliran laminar menuju aliran turbulen. Keuntungan lainnya adalah dapat menghitung *free shear* dan aliran *compressible*.

- Shear Stress Transport

Variasi dari model standard $k-\omega$. Mengkombinasikan pemodelan asli Wilcox model (1998) untuk menggunakan *near wall treatment* dan *standard $k-\varepsilon$* model.

4. Model *Reynold Stress* (RSM)

Merupakan model turbulensi yang paling teliti pada FLUENT. Model ini mendekati persamaan *Navier-Stokes (Reynolds-averaged)* dengan menyelesaikan persamaan

transport untuk tegangan Reynolds bersama-sama dengan persamaan laju dissipasi. Model ini menggunakan 5 persamaan transport, lebih banyak dibanding model turbulensi yang lain. Model RSM menghitung efek dari kurva *streamline*, pusaran (*swirl*), putaran, dan perubahan tiba-tiba pada aliran dengan lebih teliti daripada model turbulensi yang lain, sehingga dapat memberikan prediksi yang lebih akurat untuk aliran yang lebih kompleks.

5. Model *Large Eddy Simulation (LES)*

Secara konsep, LES berada di antara pendekatan RANS (*Reynolds Averaged Navier-Stokes*) dan DNS (*Direct Numerical Simulation*). Pada dasarnya *vortex* yang besar diselesaikan secara langsung pada LES, sedangkan *vortex* yang kecil dimodelkan. Dengan cara ini, resolusi mesh yang dibutuhkan lebih besar dibanding dengan DNS, tetapi tetap dibutuhkan ukuran mesh yang lebih kecil dibanding dengan model dua persamaan. Selain itu pada model LES membutuhkan daya komputasi yang jauh lebih besar, dan tidak praktis untuk aplikasi teknis secara umum. Model *Large Eddy Simulation (LES)*.

2.11 Penelitian Terdahulu

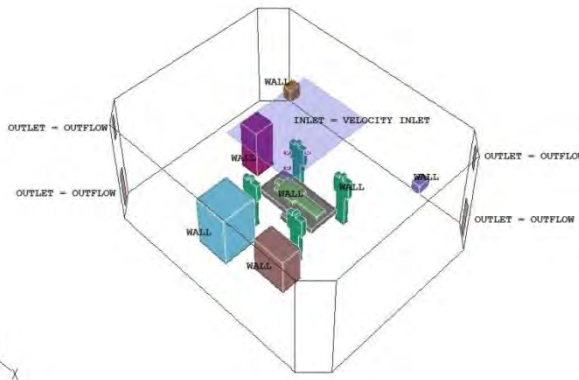
2.11.1 Nugroho Widiyanto (2011)

Pada tahun 2011, Nugroho Widiyanto melakukan penelitian dengan menggunakan pemodelan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yang bertujuan untuk menganalisa pengkondisian udara Ruang Bedah Jantung (OKA 609) GBPT Rumah Sakit Umum DR. Soetomo Surabaya melalui profil-profil yang dihasilkan.

Dimensi ruang operasi 6 m x 7,4 m x 3 m. Sisi *supply (inlet diffuser)* berukuran 2,1 m x 2,6 m sedangkan sisi *outlet* dibagi menjadi dua yaitu *outlet high* berdimensi 0,2 m x 0,6 m dan *outlet low* berdimensi 0,3 m x 1 m. Pasien berbaring dalam setengah dimodelkan sebagai sebuah kotak persegi panjang horizontal dengan ukuran (1,7 m x 0,25 m x 0,3 m) di tengah-

tengah ruangan. Anggota staf bedah dimodelkan sebagai kotak persegi panjang vertikal yang berdiri di kedua ujung yang masing-masing staf dalam posisi berdiri penuh. Lampu bedah juga dimodelkan sebagai kotak persegi panjang dengan ukuran 0,6 m x 0,3 m di atas pasien. Peralatan yang ada di dalam ruang bedah antara lain meja operasi, mesin anestesi, ESU, *blood warmer*, monitor, dan lampu operasi.

Sisi *supply* terletak di posisi atas pada atap dengan posisi 2 m dari lantai. Sisi *exhaust* diletakkan di posisi atas dan bawah daerah pojok. Sifat fluida konstan diambil suhu referensi dari $T_{ref} = 13,7^{\circ}\text{C} = 287 \text{ K}$ adalah sebagai berikut: $Q = 211711 \text{ Watt}$, $\mu = 1,7795 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$, $c_p = 1,006734 \text{ kJ/kg K}$, $k = 0,025236 \text{ W/m.K}$ dan $\rho = 1,223 \text{ kg/m}^3$.

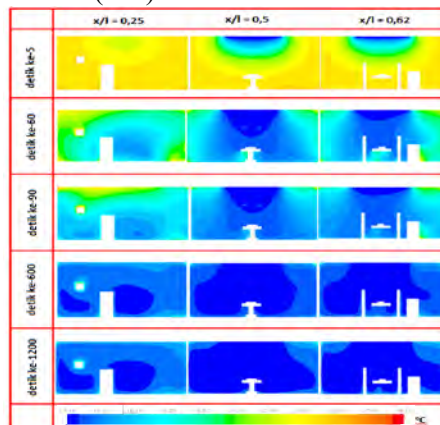


Gambar 2.13 Model Ruang Operasi (Nugroho Widiyanto, 2011)

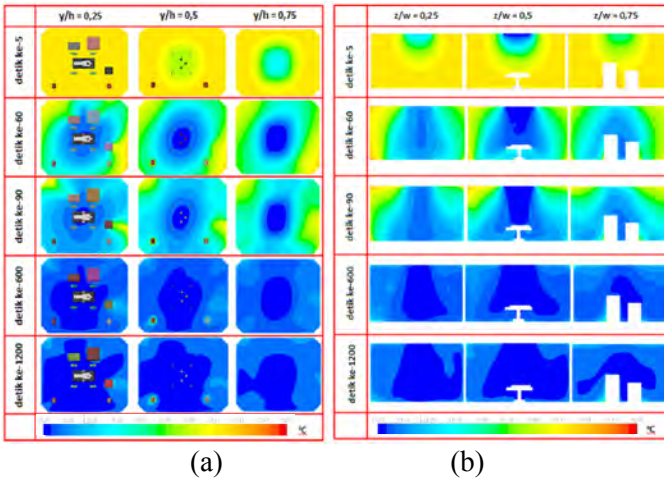
Nugroho Widiyanto melakukan simulasi dengan model *three dimensional double precision* (3ddp). Simulasi ini menampilkan hasil sesuai dengan perubahan waktu dari detik pertama sampai keadaan *steady* detik ke-1200 yang ditinjau dari kontur pada sumbu X (x/l), sumbu Y (y/h), dan sumbu Z (z/w). Untuk mengetahui profil distribusi kecepatan dan temperatur udara ditunjukkan dengan potongan dua dimensi dengan urutan periode detik ke-5, detik ke-60, detik ke-90, detik ke-600, dan detik ke-1200. Nugroho Widiyanto melakukan analisa hasil simulasi distribusi temperatur dan kecepatan udara dengan

membuat potongan kontur pada sumbu X ($x/l=0,25$; $x/l=0,5$; $x/l=0,62$; dan $x/l=0,75$), potongan kontur pada sumbu Y ($y/h=0,25$; $y/h=0,5$; dan $y/h=0,75$), dan potongan kontur pada sumbu Z ($z/w=0,25$; $z/w=0,5$, dan $z/w=0,75$). Setiap potongan kontur pada setiap sumbu dilihat dan dianalisa kontur kecepatan dan kontur temperatur pada setiap detik ke-5, detik ke-60, detik ke-90, detik ke-600, dan detik ke-1200.

Dari analisa dalam tiap periode waktu di atas maka ditampilkan kontur temperatur dari detik ke-5 sampai detik ke-1200 seperti terlihat pada gambar di bawah ini, sehingga dapat dilihat perubahan temperatur dalam selang waktu detik awal hingga mencapai kondisi *steady* pada sumbu X (x/l), sumbu Y (y/h), dan sumbu Z (z/w).

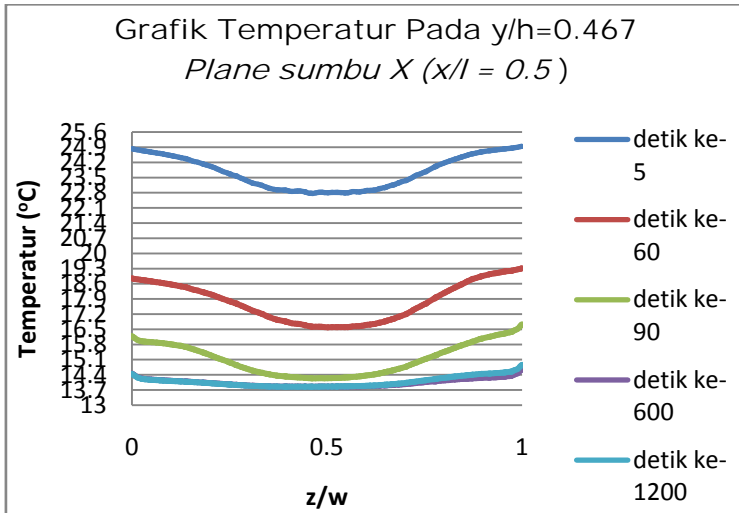


Gambar 2.14 Kontur Temperatur pada sumbu X



Gambar 2.15 Kontur Total Temperatur. (a) Pada sumbu Z ($z/w=0,25; 0,5$; dan $0,75$). (b) Pada sumbu Y ($y/h=0,25; 0,5$; dan $0,75$)

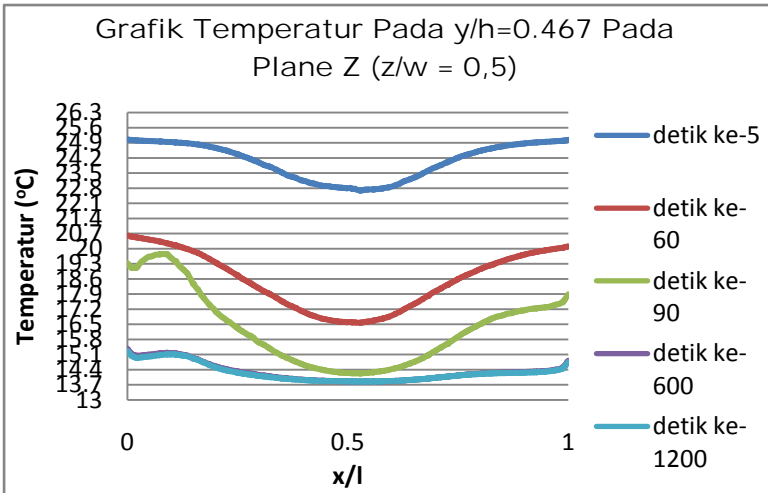
Menurut ANSI/ASHRAE Standar 55-2004 yang dikutip oleh Nugroho mendefinisikan *occupied zone* sebagai daerah yang ditempati oleh penghuni dalam ruangan, umumnya dianggap antara lantai dan 1,8 m di atas lantai dan lebih dari 1 m dari luar dinding/ jendela atau pemanasan tetap, ventilasi, atau peralatan AC dan 0,3 m dari dinding internal. Dari definisi tersebut maka dalam pengambilan data yang diplotkan pada grafik diambil jarak 1,8 m ($y/h=0,6$) dari lantai yang merupakan daerah penghuni (staf bedah) melakukan aktivitas. Selain itu juga untuk melihat pengaruh *heat gain* dari peralatan dan penghuni dalam pengaruhnya terhadap distribusi temperatur udara (proses pengkondisian udara).



Gambar 2.16 Grafik Temperatur pada $y/h=0,467$ Plane Sumbu X ($x/l=0,5$)

Berdasarkan grafik temperatur pada $y/h=0,467$ pada *plane* sumbu X ($x/l=0,5$) yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini terlihat bahwa pada detik ke-5 temperatur udara masih tinggi. Temperatur rendah terjadi pada $z/w= 0,4-0,6$ dimana posisi ini berada tepat di bawah *inlet diffuser*. Pada detik ke-60, temperatur udara mulai turun, kondisi ini disebabkan oleh pendinginan udara dari *inlet diffuser* sudah mulai menyebar, sehingga daerah yang dilewati udara dari *inlet diffuser* lebih rendah. Pada detik ke-90 temperatur udara semakin rendah namun belum merata di seluruh ruangan. Hal ini dapat dilihat dari tren grafik dimana pada $z/w=0,1$ dan $z/w=1$ temperturnya masih lebih tinggi. Pada detik ke-600 tren grafik mulai mendatar, hal ini menunjukkan bahwa periode ini temperatur udara sudah lebih merata. Tren grafik pada detik ke-1200 terlihat berimpit dengan tren grafik pada detik ke-600. Kondisi ini menunjukkan bahwa temperatur telah

dikondisikan dimana sudah tidak terjadi perubahan temperatur yang signifikan. Jadi kondisi *steady* tercapai pada detik ke-1200.



Gambar 2.17 Grafik Temperatur pada $y/h=0,467$ Plane Sumbu Z ($z/w=0,5$)

Berdasarkan dari grafik temperatur pada $y/h=0,467$ pada *plane* Z ($z/w=0,5$) terlihat bahwa pada detik ke-5 temperatur udara masih tinggi. Temperatur rendah terjadi pada $x/l=0,4-0,6$ dimana posisi ini berada tepat di bawah *inlet diffuser*. Pada detik ke-60, temperatur udara mulai turun, kondisi ini disebabkan oleh pendinginan udara dari *inlet diffuser* sudah mulai menyebar, sehingga daerah yang dilewati udara dari *inlet diffuser* lebih rendah. Pada detik ke-90 temperatur udara semakin rendah namun belum merata di seluruh ruangan. Pada $x/l=0,1$ memiliki temperatur yang tinggi, dimana posisi ini dekat dengan *blood warmer* yang melepaskan panas. Pada detik ke-600 tren grafik mulai mendatar, hal ini menunjukkan bahwa pada periode ini tempertaur udara sudah lebih merata. Tren grafik pada detik ke-1200 berimpit dengan tren grafik pada detik ke-600. Kondisi ini menunjukkan bahwa temperatur telah terkondisikan dimana sudah

tidak terjadi perubahan temperatur yang signifikan. Jadi, kondisi *steady* tercapai pada detik ke-1200.

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa distribusi kecepatan udara di dalam ruang bedah jantung Rumah Sakit DR. Soetomo Surabaya di area penghuni melakukan aktivitas berkisar antara 0,1 m/s hingga 0,2 m/s. kondisi ini sudah sesuai dengan criteria kecepatan udara yang diperbolehkan dalam ruang bedah untuk mencegah pengeringan luka bedah adalah di bawah 0,25 m/s. (*ASHRAE, HVAC Design and Manual for Hospitals and Clinincs, 2003*). Dari vektor kecepatan udara juga terlihat bahwa pada area di atas pasien dan staf bedah tidak terjadi adanya aliran balik, sehingga kondisi tersebut cukup baik dalam hal pembersihan kontaminan di area penghuni (staf bedah) melakukan aktivitas.

Distribusi temperatur udara yang ada di dalam ruang edah jantung Rumah Sakit DR. Soetomo Surabaya dari detik awal hingga mencapai kondisi *steady* (detik ke-1200), berkisar antara 13,7°C hingga 32,55°C. Temperatur tinggi terjadi di daerah atas dari ruangan dengan area yang kecil, sehingga tidak begitu berpengaruh terhadap area dimana tempat penghuni (staf bedah) melakukan aktivitas. Pada daerah dimana pasien dan staf bedah melakukan aktivitas, ntemperatur berkisar antara 13,7°C hingga 14,6°C. Jika dibandingkan dengan standar kriteria temperatur di dalam ruang bedah sebesar 20°C hingga 24°C (untuk ruang bedah secara umum) dan temperatur terendah sebesar 15,6°C untuk ruang bedah jantung (*ASHRAE, HVAC Design and Manual for Hospitals and Clinics, 2003*), temperatur yang bekerja di dalam ruang bedah jantung Rumah Sakit DR. Soetomo Surabaya masih terlalu rendah.

Kesimpulan dari hasil simulasi ini adalah distribusi kecepatan udara di dalam ruang bedah jantung antara 0,05 m/s hingga 0,3 m/s. Kecepatan udara di area staf bedah dan pasien sebesar 0,1 m/s hingga 0,2 m/s. Distribusi temperatur udara di dalam ruang bedah jantung anara 13,7°C hingga 29°C. Temperatur yang bekerja di daerah dimana pasien dan staf bedah melakukan aktivitas, berkisar antara 13,7°C hingga 14,6°C.

Peletakan peralatan bedah di dalam ruangan berpengaruh terhadap aliran udara dan distribusi temperatur.

2.11.2 Son H. Ho, et al (2008)

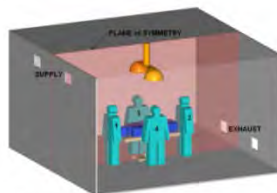
Pada tahun 2008, Son H. Ho, Luis Rosario, dan Muhammad M. Rahman dari melakukan penelitian dengan menggunakan pemodelan CFD yang bertujuan untuk mempelajari kenyamanan termal dan persebaran kontaminan dalam ruang operasi rumah sakit.

Dimensi ruang operasi 6,1 m x 4,3 m x 3,0 m. Semua sisi *supply* dan pembuangan (*exhaust*) memiliki ukuran yang sama sebesar 0,61 m x 0,36 m. Pemodelan bidang adalah simetri untuk geometri ruangan dan subyek yang ada di ruangan serta kondisi fisik yang berlaku dan kondisi batas. Karena simetri, hanya setengah ruangan yang dimodelkan sebagai kotak tiga dimensi dengan ukuran 6,1 m x 2,15 m x 3,0 m yang memiliki enam daerah batas yaitu bidang simetri, lantai, langit-langit, dan tiga dinding (kiri, kanan, dan dinding samping). Pada sistem koordinat x-y-z berimpit pada model dengan letak asal di pojok kiri bawah pada bidang simetri. Pasien berbaring dalam setengah dimodelkan sebagai sebuah kotak persegi panjang horizontal dengan ukuran (1,7 m x 0,25 m x 0,3 m) di tengah-tengah ruangan. Anggota staff bedah dimodelkan oleh kotak persegi panjang vertical yang berdiri di kedua ujung (anggota staff 1 dan 2, keduanya dalam setengah, dengan ukuran 0,3 m x 0,25 m x 1,7 m) dan di sisi pasien (anggota staff 2, secara penuh dengan ukuran 0,5 m x 0,3 m x 1,7 m). Lampu bedah juga dimodelkan sebagai kotak persegi panjang dengan dimensi 0,7 m x 0,65 m x 0,3 m di atas pasien, yang permukaan bawahnya menhadap pasien didefinisikan sebagai permukaan lampu.

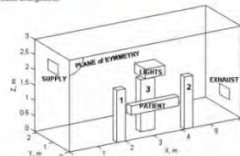
Sisi *supply* terlatak di posisi atas pada dinding kiri. Ditunjukkan oleh pusat koordinat Y_S dari bidang simetri dan $Z_S=2,45$ m dari lantai. Sisi *exhaust* ditempatkan di posisi bawah di dinding kanan. Pusatnya ditunjukkan oleh koordinat Y_E dari bidang simetri dan $Z_E=0,55$ m dari lantai. Efek dari lokasi

horizontal *supply* dan *exhaust* (Y_S dan Y_E) dipelajari dengan menjalankan simulasi dengan berbagai kombinasi dari koordinat.

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah *steady state* dan *incompressible flow*. Sifat fluida konstan diambil suhu referensi dari $T_{ref}=20^{\circ}\text{C}=293,15\text{ K}$ adalah sebagai berikut: $q=1,2\text{ kg/m}^3$, $\mu=1,8 \times 10^{-5}\text{ kg/ms}$, $c_p=1004\text{ J/kg K}$, $k=0,026\text{ W/mk}$, $\beta=0,0034\text{K}^{-1}$, $D_{w/a}=2,5 \times 10^{-5}\text{ m}^2/\text{s}$, dan $D_{c/a}=1,2 \times 10^{-5}\text{ m}^2/\text{s}$.



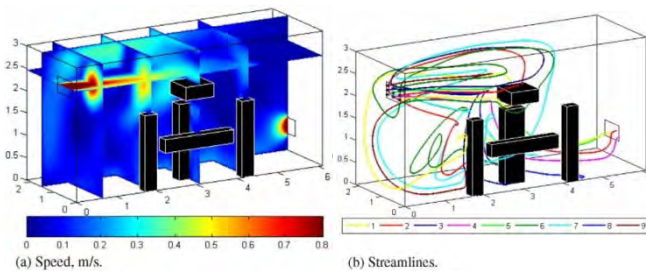
(a) Basic arrangement.



(b) Computational model (half-room).

Gambar 2.18 Model Ruang Operasi (Son H. Ho Et Al, 2008)

Son H. Ho dkk melakukan simulasi pada Sembilan model dengan variasi posisi inlet dan *exhaust*. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa model yang memberikan performa pendinginan terbaik adalah simulasi pada model 3 dengan posisi $Y_S=0,5\text{ m}$ dengan temperatur antara $22,3\text{-}22,4^{\circ}\text{C}$ di semua kolom OA, BZ, dan E.

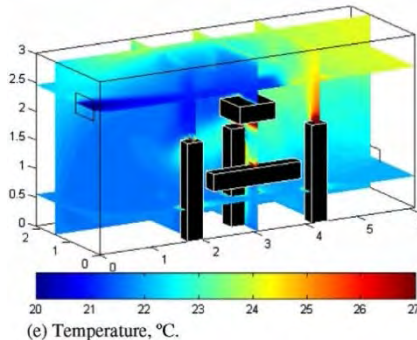


(a) Speed, m/s.

(b) Streamlines.

Gambar 2.19 Distribusi Kecepatan Udara Pada Simulasi 3 ($Y_S = 0,5 M$) (Son H.Ho Et Al, 2008)

Hasil dari simulasi tersebut aliran udara dingin masuk ruangan pada kecepatan penuh (1 m/s) melalui bukaan *supply* yang terletak pada posisi atas di dinding kiri. Rata-rata variasi kecepatan udara dalam kisaran 0,10-0,14 m/s. Pada gambar di bawah ini kecepatan udara dan streamline menunjukkan bahwa aliran udara *supply* bergerak secara horizontal tanpa jatuh turun ke bawah. Hal ini terjadi karena panas yang yang dilepaskan dari lampu-lampu dan tubuh penghuni mendorong terjadinya aliran konveksi alami yang memaksa udara dipanaskan secara langsung pada aliran *supply* utama dan mendukung untuk bergerak lurus. Aliran udara *supply* bergerak di sekitar bagian atas dan sisi *supply* dari kamar sebelum keluar melalui bukaan *exhaust*, sehingga pencampuran udara di wilayah ini lebih baik. Dalam simulasi ini, arus dari jauh langsung bergerak keluar ke bukaan *exhaust* tanpa alat pengarah.



Gambar 2.20 Distribusi Temperatur Udara Pada Simulasi 3 ($Y_S = 0,5 M$ Dan $Y_E = 1,5 M$) (Son H.Ho Et Al, 2008)

Distribusi temperatur untuk simulasi 3 dapat dilihat pada gambar di atas. Karena pencampuran aliran udara yang baik, daerah di sisi *supply* memiliki temperatur yang rendah (kurang dari 22°C). Pada bagian bawah dari ruangan yang menuju ke arah sisi *exhaust* juga memiliki temperatur yang relatif rendah karena pengaruh dari arus keluaran. Sejumlah kecil dari daerah dengan

temperatur tinggi berada di sekitar lampu dan tubuh penghuni. Daerah dengan temperatur tinggi yang berada di bagian atas sisi *exhaust* dari ruangan sebenarnya memiliki suhu sedang (23-24°C).

Berdasarkan hasil simulasi tersebut didapatkan bahwa pola aliran udara mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kinerja penghilangan kontaminan dan kenyamanan termal. Untuk penilaian sederhana berarti kenyamanan termal, kecepatan udara, dan kelembaban relatif dapat diwakili oleh seluruh ruang atau hanya di atas *breathing zone* tanpa banyak perbedaan. Namun temperatur rata-rata dapat bervariasi secara signifikan dengan volume udara yang berbeda. Pengambilan temperatur rata-rata di atas *occupied zone* atau *breathing zone* dimana kondisi ini lebih dekat dengan para penghuni adalah yang terbaik. Penilaian sederhana berdasarkan rata-rata temperatur menunjukkan bahwa lokasi horizontal sisi *supply* memiliki pengaruh yang signifikan pada kenyamanan termal sedangkan sisi *exhaust* tidak. Untuk desain secara umum, dengan mempertimbangkan kondisi ruangan dalam penghilangan kontaminan dan kenyamanan termal dapat disimpulkan bahwa posisi dari sisi *supply* yang lebih dekat ke tengah ruangan memiliki performa yang semakin baik.

halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Dalam melakukan penelitian mengenai studi numerik distribusi temperatur dan kecepatan udara dari Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda , terdapat beberapa tahapan yang dilakukan antara lain:

1. Studi Kasus

Permasalahan yang diangkat merupakan usaha untuk mengetahui bagaimana *heat transfer* dari distribusi temperatur dan kecepatan udara dari Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya dengan bantuan *software* FLUENT 6.3.26.

2. Studi Literatur

Pembahasan dari permasalahan tersebut mengikuti pembahasan dari studi literatur yang berkaitan dengan distribusi temperatur dan kecepatan udara yang terjadi pada suatu ruangan dan studi literatur mengenai simulasi numerik distribusi temperatur dan kecepatan udara pada suatu ruangan. Studi literatur diperoleh dari *e-book*, buku-buku, jurnal, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan permasalahan.

3. Pengambilan Data

Dalam tugas akhir ini yang menjadi obyek penelitian adalah Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Ruang ini berada di lantai dasar dengan pengkondisian temperatur sebesar 22°C dan *Relative Humidity* (RH) sebesar 55%.

4. Pemodelan dan Simulasi

Tahapan ini dilakukan dengan *pre-processing*, *processing*, dan *post-processing*. *Pre-processing* dilakukan dengan membuat geometri, penentuan *meshing*, dan penentuan *boundary condition* dengan menggunakan *software* GAMBIT 2.4.6. *Processing* dilakukan dengan melakukan simulasi dari *meshing* geometri yang telah dibuat. *Post-processing*

dilakukan dengan menampilkan hasil simulasi berupa distribusi temperatur dan kecepatan. Proses *processing dan post-processing* dilakukan dengan menggunakan *software FLUENT 6.3.26*.

5. Pengolahan dan Analisa Data Hasil Simulasi

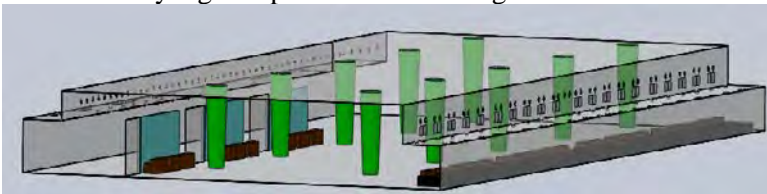
Setelah mendapatkan data dari hasil simulasi kemudian data tersebut diolah dan dianalisa. Data ditampilkan dalam bentuk kontur dan vektor untuk dapat dianalisa secara kualitatif.

Keseluruhan tahapan yang telah dilakukan dan hasil penelitian yang telah dibahas, kemudian disusun dalam bentuk laporan sistematis.

3.2 Pengambilan Data

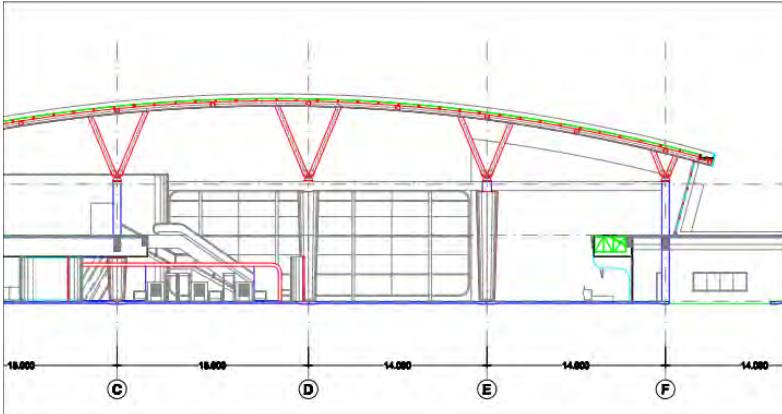
Dalam tugas akhir ini yang menjadi obyek penelitian adalah Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Ruang ini berada di lantai dasar dengan ruangan dikondisikan pada temperatur sebesar 22°C dan *Relative Humidity* (RH) sebesar 55%.

Data yang didapatkan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Denah Ruang Keberangkatan

Gambar 3.2 Denah Ruang Keberangkatan. (a) Tampak Samping.
(b) Tampak Atas



Gambar 3.3 Denah Ruang Keberangkatan. (c) Tampak Samping
Keterangan:

- Dimensi ruangan : 75950 mm x 37900 mm x 5200 mm
- *Return Air Grille (RAG)* : 1000 mm x 250 mm
- *Diffuser* : diameter 300 mm
- Meja : 800 mm x 900 mm x 650 mm
- Kursi : 466 mm x 600 mm x 440 mm
- Konveyor : 70625 mm x 950 mm x 600 mm
- Komputer : 32"
- Pilar : 1300 mm x 5200 mm x 1800 mm
- Lampu : 300 mm x 300 mm

Gambar 3.1 merupakan gambar denah ruang dari Ruang Keberangkatan yang dilihat dari pandangan atas, depan, dan samping. Melihat terlalu kompleksnya geometri yang dibuat, maka geometri ruangan dibuat menjadi lebih *simple* dan sesuai tujuan yang akan dicapai. Simplifikasi ruangan ini meliputi: menghilangkan pilar, menghilangkan LCD, menghilangkan kursi, menghilangkan konveyor kecil, menyatukan meja-meja yang berdekatan sebagai balok panjang, dan menyatukan dinding

tengah. Ruang *sample* yang ditinjau berukuran 37876 mm x 19124 mm x 5176 mm.

Setelah membuat simplifikasi ruangan kemudian diambil suatu zona yang akan ditinjau lebih lanjut dalam simulasi. Zona tersebut ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.4 Zona Yang Ditinjau

a. Peralatan dan Jumlah Orang

Berdasarkan data jumlah penumpang, kapasitas Bandar Udara Internasional Juanda Terminal 2 mampu menangani hingga 6,5 juta orang per tahun. Data ini yang digunakan sebagai acuan untuk menghitung berapa rata-rata orang tiap hari di Ruang Keberangkatan. Tabel 3.1 di bawah akan menunjukkan peralatan di Ruang Keberangkatan dan berapa daya dalam Watt yang dikeluarkan.

Tabel 3.1 Data Peralatan Di Ruang Keberangkatan

Item	Daya (Watt)
Orang	@ 150
Meja	-
Konveyor	-
Komputer	220
Lampu (x 15 buah)	@ 18

3.3 Pemodelan dan Simulasi

Pemodelan dan simulasi ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak GAMBIT 2.4.6 dan FLUENT 6.3.26. Urutan pembuatan adalah sebagai berikut:

3.3.1 Pre-Processing

Tahap *pre-processing* adalah tahap pembuatan model dan geometri dari perangkat lunak GAMBIT 2.4.6. Adapun proses yang dilakukan dalam *software* GAMBIT 2.4.6 adalah sebagai berikut:

a. Membuat model

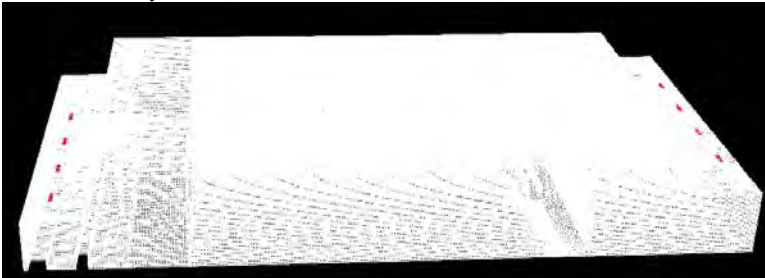
Yaitu menggambar model uji berupa bentuk ruangan di Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Berikut ini adalah gambar bentuk model uji.



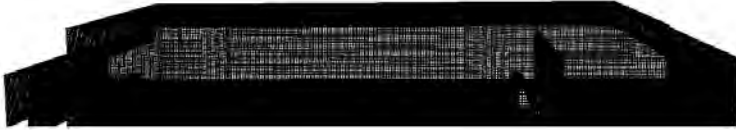
Gambar 3.5 Model Benda Uji

b. Membuat *meshing*

Yaitu membagi model *solid* menjadi elemen-elemen kecil sehingga kondisi batas dan beberapa parameter yang diperlukan dapat diaplikasikan ke dalam elemen-elemen tersebut. Kualitas dan kuantitas *mesh* yang digunakan sangat mempengaruhi proses penyelesaian simulasi. *Meshing* yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini antara lain: *hexagonal*, *hexagonal/wedge*, dan *tetrahedral/hybrid*.



Gambar 3.6 *Meshing*



Gambar 3.7 *Meshing*

c. Menentukan *boundary condition* yang digunakan

Setelah *meshing* dibuat kemudian dilakukan penentuan *boundary condition*. Untuk *inlet* fluida berupa udara yang bersifat *incompressible* maka dipilih *boundary condition* berupa *velocity inlet*. Pada bagian *outlet* dipilih *boundary condition* berupa *outflow*. Sedangkan *boundary condition* untuk meja, konveyor dan sekat, atap dan dinding samping berupa *wall*.

3.3.2 *Processing*

Pada tahap ini dilakukan proses simulasi berdasarkan hasil *meshing* dari geometri yang telah dibuat dengan menggunakan *software* FLUENT 6.3.26. Adapun proses yang dilakukan antara lain:

1. *Solver Models*

Pemodelan ini menggunakan *solver* 3D dengan keakuratan tunggal. Pada penelitian ini digunakan *solver segregated* untuk menyelesaikan persamaan tersebut secara bertahap (terpisah antara satu persamaan dengan persamaan yang lain). *Solver* yang digunakan berbasis tekanan (*pressure based*). Pada sub menu *viscous*, dipilih *turbulence model k-ε Standar* sesuai yang digunakan oleh **Nugroho Widianto (2010)**. Pada sub menu *energy*, persamaan *energy* diaktifkan dalam mendukung penyelesaian *heat transfer* terhadap perubahan temperatur.

2. *Materials*

Dalam tahap ini dilakukan pengaturan *properties* fluida masuk berupa udara dengan temperatur *inlet* sebesar 19°C (=292 K). *Properties* diperoleh dengan melihat tabel A.4

untuk udara pada buku “*Fundamental Heat and Mass Transfer sixth edition*” karya **Incropera, dkk (2002)**, yang kemudian ditabelkan pada tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 *Properties Fluida*

Properties Fluida	Besar
Temperatur inlet (K)	292
ρ atau Density (kg/m³)	1,20955
c_p atau Panas spesifik (kJ/kg.K)	1,00678
μ atau Viskositas absolute (N.s/m²)	181,8 e-07
k atau Thermal Conductivity (W/m.K)	25,6 e-03

3. *Operating Condition*

Merupakan perkiraan kondisi daerah operasi yang biasanya merupakan perkiraan tekanan pada daerah operasi yakni sebesar 1 atm (=101325 Pa).

4. *Boundary Condition*

Informasi variabel yang akan disimulasikan dimasukkan sebagai parameter nilai untuk setiap *boundary condition*. Variasi beban pendinginan didapatkan dari perbedaan jumlah penumpang yang diambil pada waktu siang hari dan malam hari, untuk siang hari penumpang berjumlah 160 orang, sedangkan untuk malam hari penumpang berjumlah 320 orang. Pada simulasi ini menggunakan kondisi batas yang terlihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 *Boundary Condition*

Boundary Condition	Keterangan
Inlet	<i>Velocity inlet</i>
Outlet	<i>Outflow</i>
Atap	<i>Outflow</i>
Lantai	<i>Wall</i>
Dinding a	<i>Wall</i>
Dinding b	<i>Outflow</i>
Dinding c	<i>Wall</i>

Dinding d	<i>Wall</i>
Meja dan Konveyor	<i>Wall</i>
Sekat	<i>Wall</i>
Lampu	<i>Wall</i>
Komputer	<i>Wall</i>

Perolehan data-data tersebut adalah didapatkan dari persamaan sebagai berikut:

➤ *Inlet = Velocity Inlet*

Dalam simulasi aliran udara dalam ruangan menggunakan temperatur *inlet* sebesar 19°C dan *velocity* sebesar 7,12 m/s yang didapatkan dari:

$$Q = 1066 \text{ cfm} = \frac{1066 \text{ ft}^3}{\text{min}} \times \left(\frac{0,3048 \text{ m}}{1 \text{ ft}} \right)^3 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0,503096 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \frac{\pi x d^2}{4} = \frac{\pi x (0,3)^2}{4} = 0,0706 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,503096 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0706 \text{ m}^2} = 7,12 \text{ m/s}$$

➤ *Outlet = Outflow*

Syarat batas ini digunakan untuk memodelkan keluaran aliran udara.

➤ *Wall*

Nilai *heat flux* dari kondisi batas *wall* ini didapatkan dari nilai koefisien panas (R) dari masing-masing bahan dinding dan lantai. Berikut ini adalah rumus untuk mencari nilai *heat flux* untuk masing-masing zona.

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$q'' = U \times \Delta T$$

Berikut ini adalah rumus untuk mencari nilai *heat flux* untuk masing-masing peralatan.

$$q'' = \frac{Q_{lampu}}{A_{lampu}}$$

5. *Control and Monitoring Solutions*

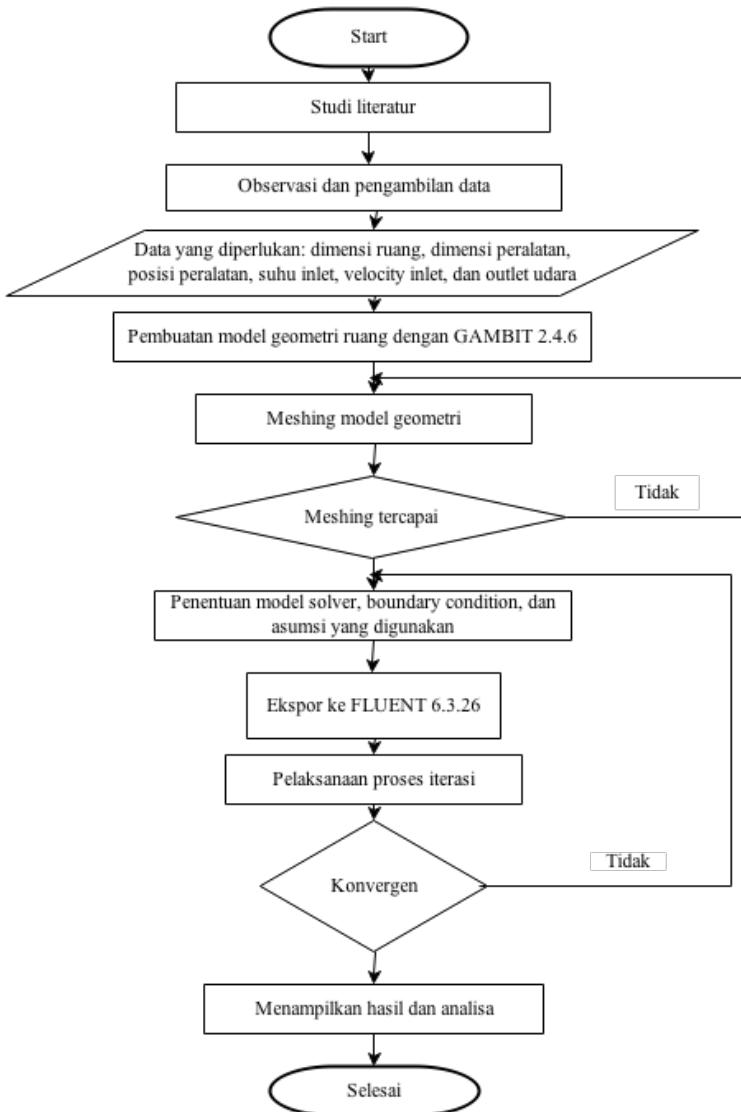
Solution control untuk metode *unsteady* yang digunakan adalah metode *pressure-velocity coupling* adalah PISO dengan diskritisasi standar untuk *pressure* dan *first order upwind* untuk parameter lainnya. Pada *monitoring solutions* dilakukan pengaturan kriteria *residual* untuk parameter *energy* sebesar 10^{-6} , sedangkan parameter lain diatur tingkat konvergensinya sebesar 10^{-4} .

3.3.3 *Post-Processing*

Merupakan tampilan hasil serta analisa terhadap hasil yang telah diperoleh. Penggunaan model numerik dapat menghasilkan kontur temperatur dan vektor kecepatan yang selanjutnya akan dianalisa mengenai distribusi temperatur dan kecepatan udara yang terjadi di dalam Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Kontur yang ditampilkan yaitu pada sumbu X (x/l), sumbu Y (y/h), dan sumbu Z (z/w) pada detik-detik yang akan ditinjau. Data kualitatif berupa visualisasi aliran dengan menampilkan pola aliran yang ditampilkan dengan kontur temperature dan vector kecepatan.

3.4 *Flowchart Penelitian*

Dalam proses pengerjaan tuas akhir ini, dari pengambilan data hingga tampilan akhir dapat dilihat pada *flowchart* di bawah ini:



Gambar 3.7 *Flowchart* Penelitian Tugas Akhir

BAB IV

ANALISA DATA

Simulasi distribusi kecepatan udara dan temperature pada Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya menggunakan FLUENT 6.3.26 dengan model tiga dimensi. Hasil *post-processing* dari pemodelan ini meliputi kontur serta vektor kecepatan dan temperature dari Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Udara dingin masuk ke dalam ruangan dengan kecepatan penuh yaitu 7,12 m/s melalui bukaan *inlet diffuser*. Dengan *density* yang lebih rendah maka udara dingin akan turun perlahan, sedangkan aliran udara *supply* dari *inlet diffuser* mengalami kehilangan kecepatan dan menyebar lebih luas ketika mencapai lantai. Persebaran aliran udara hingga menyentuh lantai juga dipengaruhi oleh tekanan rendah di bukaan *outlet*. Karena pengaruh ini maka sebagian besar aliran udara utama ditarik menuju dan keluar melalui *outlet* dengan peningkatan kecepatan dalam gerakan melingkar. Hal ini dikarenakan sifat aliran udara tidak mampu membuat aliran berbelok secara tiba-tiba. Sebagian besar aliran udara juga dipengaruhi oleh efek daya apung di daerah yang dekat dengan peralatan yang ada di dalam Ruang Keberangkatan.

Penelitian tugas akhir ini mensimulasikan secara *unsteady* distribusi temperature dan kecepatan udara dari Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internaisonal Juanda Surabaya dengan variasi beban pendinginan yang ditinjau saat siang hari dan malam hari. Variasi beban pendinginan didapatkan dari perbedaan jumlah penumpang di Ruang Keberangkatan saat siang dan malam hari, saat siang hari penumpang berjumlah 160 orang, sedangkan malam hari penumpang berjumlah 320 orang. Analisa *unsteady* dengan melakukan simulasi dari FLUENT 6.3.26 dengan perbedaan waktu yang ditinjau. Dimana perbedaan waktu ini didapatkan dari perhitungan sebagai berikut.

Dengan diketahui volume ruangan sebesar 3749,18 m³ dan debit inlet sebesar 0,503 m³/s. maka waktu untuk udara dingin mampu memuhi seluruh ruangan didapatkan dari rumus berikut.

$$t = \frac{V_{ruangan}}{Q_{inlet}} = \frac{3749,18 \text{ m}^3}{16 \times 0,503 \text{ m}^3/\text{s}} = 465,8 \text{ s}$$

Setelah udara memenuhi ruangan, selanjutnya ruangan mulai didinginkan hingga temperature 22°C. Waktu untuk udara mendinginkan ruangan dihitung dengan rumus berikut.

$$t = \frac{mxc_p \times \Delta T}{Q_{ruangan}}$$

$$m = \rho \times V_{ruang} = 1,20955 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 3749,18 \text{ m}^3 = 4534,8 \text{ kg}$$

$$t_{siang} = \frac{mxc_p \times \Delta T}{Q_{ruangan}} = \frac{4534,8 \text{ kg} \times 1006,78 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \times (298 - 295) \text{ K}}{27123,68 \text{ W}} = 504,96 \text{ s}$$

$$t_{malam} = \frac{mxc_p \times \Delta T}{Q_{ruangan}} = \frac{4534,8 \text{ kg} \times 1006,78 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \times (298 - 295) \text{ K}}{51123,68 \text{ W}} = 267,91 \text{ s}$$

Keterangan:

Q_{ruang} untuk siang hari = 27123,68 Watt

Q_{ruang} untuk malam hari = 51123,68 Watt

c_p = 1006,78 J/kg.K

m_{udara} = massa udara (kg)

ρ_u = massa jenis udara (1,20955 m³/kg)

V_u = Volume udara (=volume ruangan) (m³)

Dari perhitungan tersebut maka yang waktu yang ditinjau dari penelitian tugas akhir ini adalah tiga kali untuk masing-masing variasi siang dan malam. Untuk siang hari yang ditinjau adalah saat detik ke-300, detik ke-600, dan detik ke-1200. Sedangkan untuk malam hari yang ditinjau adalah saat detik ke-

300, detik ke-600, dan detik ke-1200. Detik terakhir yang diambil adalah saat udara telah memenuhi ruangan serta dan mendinginkan hingga temperature 22°C sehingga bias dikatakan kondisi ruangan telah *steady*. *Time step* yang digunakan adalah sebesar 20 detik.

Analisa dan pembahasan dari penelitian tugas akhir ini adalah dengan melakukan *iso-surface* pada masing-masing bidang x, y, dan z untuk setiap variasi beban pendinginan sehingga mendapatkan bidang secara 2 dimensi. Untuk bidang x dilakukan *iso-surface* sehingga mendapatkan bidang $x/l = 0,64$. Untuk bidang y dilakukan *iso-surface* sehingga mendapatkan bidang $y/h=0,54$. Untuk bidang z dilakukan *iso-surface* sehingga mendapatkan bidang $z/w=0,65$. Dari masing-masing tinjauan kemudian dilakukan analisa pembahasan tentang vektor kecepatan dan kontur temperature yang terjadi di daerah tinjauan.

4.1 Analisa Pembahasan Variasi Beban Pendinginan Siang Untuk Detik ke-300

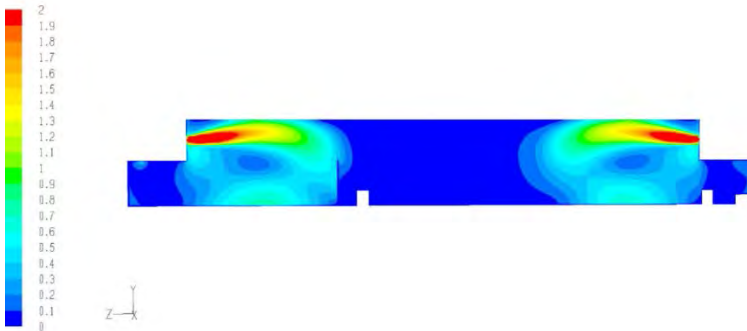
4.1.1 Bidang $x/l = 0,64$



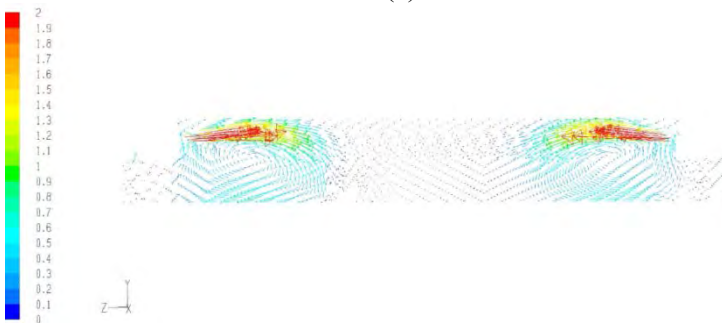
Gambar 4.1 Kontur Temperatur Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.1 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $x/l=0,64$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-300. Dari gambar tersebut terlihat udara dingin mulai disebarkan ke ruangan melalui *inlet diffuser*. Pada detik ke-300 ini kontur temperature belum terlihat

adanya perbedaan warna yang menunjukkan perbedaan temperature dikarenakan pada detik ini udara belum mampu memenuhi ruangan tersebut secara keseluruhan. Dari gambar menunjukkan bahwa ruangan memiliki temperature rata-rata 20°C . Pada daerah sekitar lantai di dekat dinding terlihat memiliki temperature sebesar $20,5^{\circ}\text{C}$. Sedangkan pada daerah dinding dekat konveyor terlihat temperature mencapai 24°C . karena udara belum memenuhi ruangan secara sepenuhnya maka kontur temperature yang terjadi masih terlihat konstan. Adanya perbedaan temperature ini dipengaruhi oleh besar udara yang masuk ke ruangan serta *heat flux* yang dikeluarkan oleh penumpang dan dinding.



(a)



(b)

Gambar 4.2 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.2 menunjukkan tentang kontur dan vektor kecepatan yang terjadi pada bidang $x/l=0,64$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-300. Dari gambar tersebut terlihat bahwa udara mulai memasuki ruangan melalui *inlet diffuser* kemudian menyebar ke seluruh ruangan. Daerah berkecepatan tinggi yaitu sebesar 7,12 m/s terletak di daerah *inlet diffuser*. Udara bergerak lurus kemudian agak naik ke atas kemudian jatuh dan kembali ke *Return Air Grille* (RAG). Kecepatan udara yang dikeluarkan dari *inlet diffuser* yang mengarah ke depan terjauh memiliki kecepatan sekitar 0,36 m/s kemudian mulai jatuh kebawah dan mengarah menuju RAG. Sedangkan daerah lain masih berkecepatan rendah yaitu sebesar 0,1 m/s. Hal ini dikarenakan udara belum memenuhi ruangan seluruhnya sehingga kecepatan udara terlihat ada perbedaan antar daerah. Adanya perbedaan distribusi kecepatan udara ini dipengaruhi oleh besar udara yang telah disebarkan setelah keluar dari *inlet diffuser* serta adanya barang-barang atau sekat yang mempengaruhi pola aliran udara.

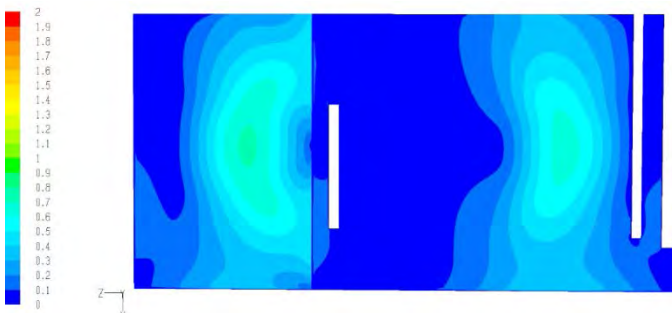
4.1.2 Bidang $y/h=0,54$



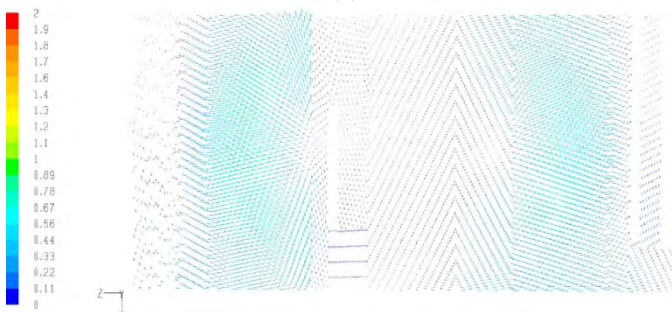
Gambar 4.3 Kontur Temperatur Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.3 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $y/h=0,54$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-300. Dari gambar terlihat temperature ruangan masih stabil sekitar 20°C karena terlihat

masih banyak terlihat warna biru yang merata seluruh ruangan. Tetapi pada daerah lantai dekat dinding mulai mengalami kenaikan temperature, daerah lantai dekat dinding memiliki temperature sebesar 21°C . Sedangkan pada daerah lantai dekat dinding dan dekat konveyor memiliki temperature sebesar 28°C . Adanya perbedaan temperature ini dipengaruhi oleh besar udara yang masuk ke ruangan serta *heat flux* yang dikeluarkan oleh penumpang dan dinding. Dinding di dekat konveyor memiliki nilai *heat flux* sehingga mempengaruhi temperature di daerah tersebut. Lantai juga memiliki *heat flux* yang didapatkan dari kalor yang dikeluarkan oleh penumpang, sehingga temperature pada lantai dekat dinding mengalami kenaikan temperature. Selain itu karena udara belum memenuhi ruangan sepenuhnya maka hasil yang didapatkan adalah kontur temperature yang berbeda pada daerah tertentu.



(a)



(b)

Gambar 4.4 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.4 menunjukkan tentang kontur dan vektor kecepatan yang terjadi pada bidang $y/h=0,54$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-300. Dari gambar tersebut terlihat bahwa udara mulai memasuki ruangan melalui *inlet diffuser* kemudian menyebar ke seluruh ruangan. Pada gambar terlihat kecepatan udara masih stabil sebesar 0,1 m/s di seluruh lantai. Tetapi pada daerah lantai dekat sekat serta daerah lantai di depan meja dan konveyor memiliki kecepatan yang berbeda yaitu sebesar 0,36 m/s dengan arah kembali ke daerah dinding. Hal ini dikarenakan udara belum memenuhi ruangan seluruhnya sehingga kecepatan udara terlihat ada perbedaan antar daerah. Adanya perbedaan distribusi kecepatan udara ini dipengaruhi oleh besar udara yang telah disebarkan setelah keluar dari *inlet diffuser* serta adanya barang-barang atau sekat yang mempengaruhi pola aliran udara.

4.1.3 Bidang $z/w=0,65$



Gambar 4.5 Kontur Temperatur Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.5 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $z/w=0,65$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-300. Dari gambar tersebut terlihat udara dingin mulai disebarkan ke ruangan melalui *inlet diffuser*. Pada gambar terlihat udara berada di ruangan stabil dengan temperature sebesar 20°C. pada daerah pojok atas dekat

atap memiliki temperature sebesar 19°C . Tidak adanya perbedaan kontur temperature pada bidang $z/w=0,65$ dikarenakan udara belum memenuhi ruangan sepenuhnya dan udara belum mencapai bidang ini sehingga terlihat bidang ini memiliki temperature yang konstan.



(a)



(b)

Gambar 4.6 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.6 menunjukkan tentang kontur dan vektor kecepatan yang terjadi pada bidang $z/w=0,65$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-300. Dari gambar tersebut terlihat bahwa udara mulai memasuki ruangan melalui *inlet diffuser* kemudian menyebar ke seluruh ruangan. Kecepatan udara pada bidang ini adalah stabil yaitu $0,1$ m/s. Hal ini dikarenakan udara belum memenuhi ruangan sepenuhnya dan udara belum mencapai

bidang ini sehingga bidang ini masih memiliki kecepatan udara konstan.

4.2 Analisa Pembahasan Variasi Beban Pendinginan Siang Untuk Detik ke-600

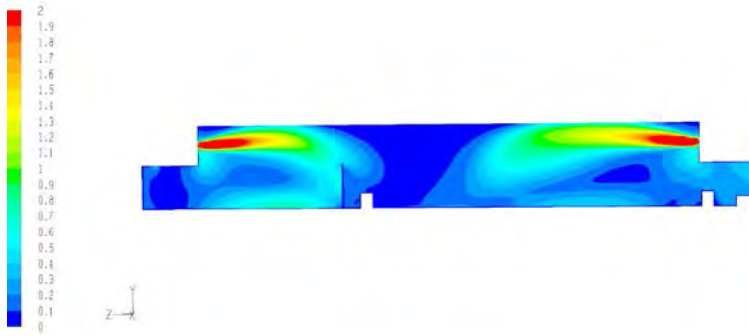
4.2.1 Bidang $x/l = 0,64$



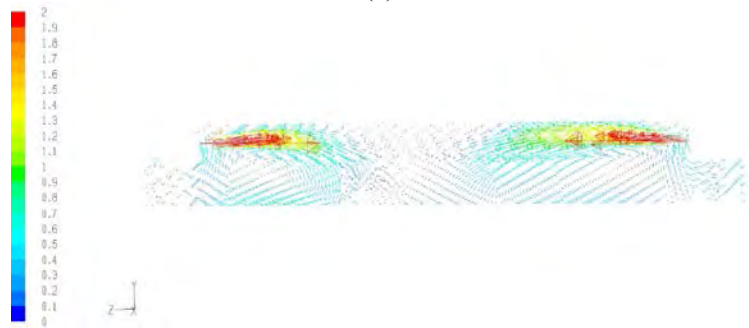
Gambar 4.7 Kontur Temperatur Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.7 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $x/l=0,64$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600. Dari gambar tersebut terlihat udara dingin mulai disebarkan ke ruangan melalui *inlet diffuser*. Pada detik ke-600 ini kontur temperature mulai terlihat adanya perbedaan warna yang menunjukkan perbedaan temperature. Pada detik ke-600 ini udara telah memenuhi ruangan secara sepenuhnya sehingga menyebabkan temperature yang dihasilkan berbeda-beda. Dari gambar menunjukkan bahwa ruangan memiliki temperature rata-rata 20°C . Pada daerah sekitar dekat dinding terlihat memiliki temperature sebesar 21°C . Pada daerah dekat dinding di lantai memiliki temperature tinggi yaitu sekitar 28°C . Sedangkan pada daerah dinding dekat konveyor terlihat temperature mencapai 26°C . daerah di dekat lantai paling bawah memiliki temperature sekitar 28°C dikarenakan pengaruh dari *heat flux* yang dikeluarkan oleh orang. Daerah dekat dinding di lantai cukup tinggi temperaturnya dikarenakan adanya *heat flux* dari penumpang yang diwakili oleh lantai. Saat siang hari jumlah penumpang mencapai 160 orang, serta dipengaruhi oleh panas

matahari dari luar pada dinding dekat konveyor karena dinding ini berhadapan langsung dengan kondisi luar. Pada detik ini udara telah memnuhi ruangan secara sepenuhnya tetapi belum mampu mendinginkan secara merata menjadi 22°C kontur temperature yang terjadi terlihat mulai berbeda-beda. Adanya perbedaan temperature ini dipengaruhi oleh besar udara yang masuk ke ruangan serta *heat flux* yang dikeluarkan oleh penumpang yang diwakili oleh lantai dan dinding.



(a)



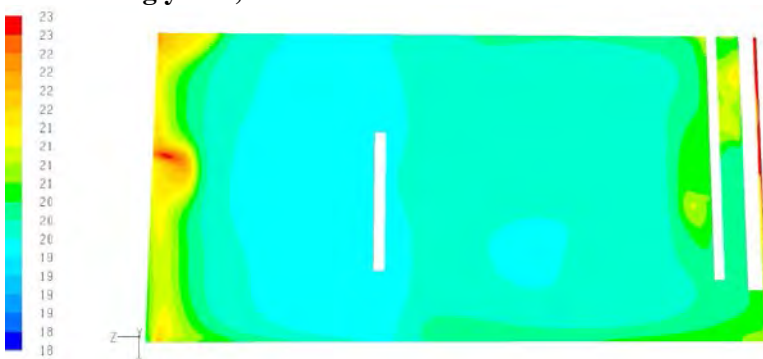
(b)

Gambar 4.8 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.8 menunjukkan tentang kontur dan vektor kecepatan yang terjadi pada bidang $x/l=0,64$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600. Dari gambar tersebut terlihat bahwa udara mulai memasuki ruangan melalui *inlet diffuser*

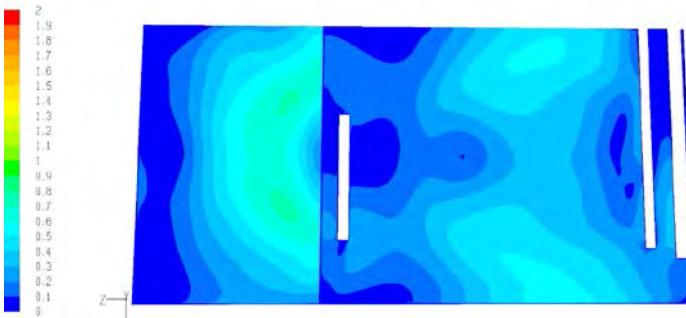
kemudian menyebar ke seluruh ruangan. Daerah berkecepatan tinggi yaitu sebesar 7,12 m/s terletak di daerah *inlet diffuser*. Udara bergerak lurus kemudian agak naik ke atas kemudian jatuh dan kembali ke *Return Air Grille* (RAG). Kecepatan udara yang dikeluarkan dari *inlet diffuser* yang mengarah ke depan terjauh memiliki kecepatan sekitar 0,72 m/s kemudian mulai jatuh kebawah dan mengarah menuju RAG. Pada daerah yang melewati sekat, arah aliran udara mengikuti bentuk sekat, sehingga setelah udara keluar dari *inlet diffuser* kemudian lurus mengarah ke atas lalu jatuh menabrak sekat lalu turun mengikuti bentuk sekat yang ada. Hal ini menunjukkan bahwa pola aliran udara dipengaruhi oleh penempatan serta bentuk barang-barang peralatan). Pada daerah RAG mulai terlihat aliran yang kembali ke RAG dengan kecepatan sebesar 0,356 m/s. Sedangkan daerah lain masih berkecepatan rendah yaitu sebesar 0,1 m/s. Hal ini dikarenakan udara telah memenuhi ruangan seluruhnya tetapi belum mampu mendinginkan keseluruhan ruangan atau belum mencapai kondisi *steady* sehingga kecepatan udara terlihat ada perbedaan antar daerah. Adanya perbedaan distribusi kecepatan udara ini dipengaruhi oleh besar udara yang telah disebarkan setelah keluar dari *inlet diffuser* serta adanya barang-barang atau sekat yang mempengaruhi pola aliran udara.

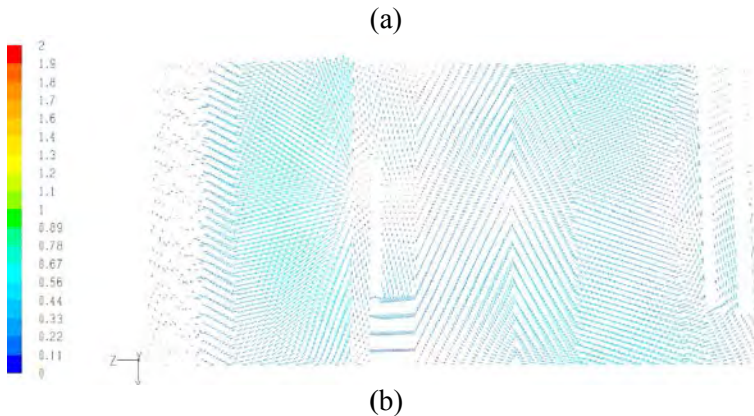
4.2.2 Bidang $y/h=0,54$



Gambar 4.9 Kontur Temperatur Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.9 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $y/h=0,54$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600. Dari gambar kontur temperature tersebut mulai terlihat perbedaan temperature yang cukup berbeda karena pada detik ini udara telah memenuhi ruangan secara keseluruhan tetapi belum mampu mendinginkan hingga 22°C secara keseluruhan atau belum mencapai kondisi *steady*. Dari gambar terlihat temperature ruangan masih stabil sekitar 20°C . Pada daerah dekat dinding terlihat temperature mulai mengalami kenaikan sehingga didapatkan temperature sebesar 22°C . Pada daerah lantai pojok memiliki temperature sebesar 23°C . Pada daerah sekitar dan depan meja dan konveyor memiliki temperature sebesar 22°C . Sedangkan pada daerah lantai dekat dinding dan dekat konveyor memiliki temperature sebesar 28°C . Adanya perbedaan temperature ini dipengaruhi oleh besar udara yang masuk ke ruangan serta *heat flux* yang dikeluarkan oleh penumpang dan dinding. Dinding di dekat konveyor memiliki nilai *heat flux* sehingga mempengaruhi temperature di daerah tersebut. Lantai juga memiliki *heat flux* yang didapatkan dari kalor yang dikeluarkan oleh penumpang, sehingga temperature pada lantai dekat dinding mengalami kenaikan temperature. Selain itu karena udara telah memenuhi ruangan sepenuhnya tetapi belum mencapai kondisi *steady* maka hasil yang didapatkan adalah kontur temperature yang berbeda pada daerah tertentu.





Gambar 4.10 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Siang

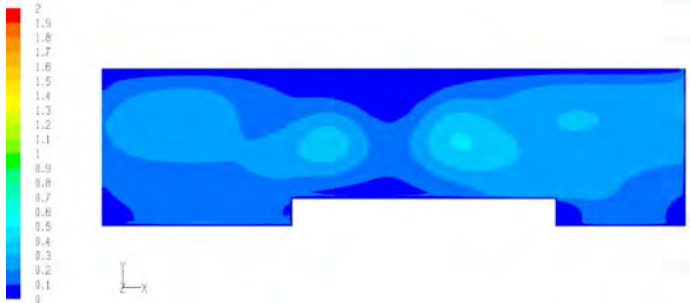
Gambar 4.10 menunjukkan tentang kontur dan vektor kecepatan yang terjadi pada bidang $y/h=0,54$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600. Pada gambar terlihat kecepatan udara masih stabil sebesar $0,1$ m/s di seluruh lantai. Tetapi pada daerah lantai dekat sekat serta daerah lantai di depan meja dan konveyor memiliki kecepatan yang berbeda yaitu sebesar $0,36$ m/s dengan arah kembali ke dinding. Hal ini dikarenakan udara telah memenuhi ruangan seluruhnya tetapi belum mencapai kondisi *steady* sehingga kecepatan udara terlihat ada perbedaan antar daerah. Adanya perbedaan distribusi kecepatan udara ini dipengaruhi oleh besar udara yang telah disebarkan setelah keluar dari *inlet diffuser* serta adanya barang-barang atau sekat yang mempengaruhi pola aliran udara.

4.2.3 Bidang $z/w=0,65$

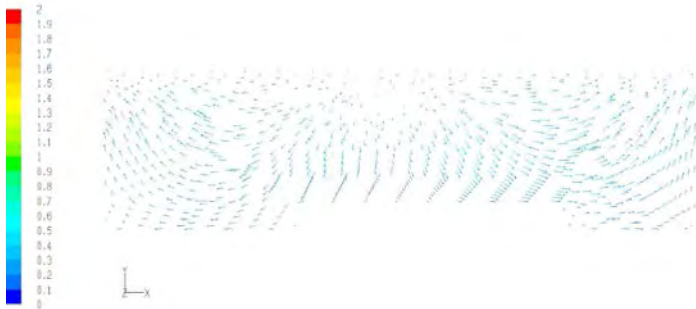


Gambar 4.11 Kontur Temperatur Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.11 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $z/w=0,65$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600. Pada gambar terlihat udara berada di ruangan stabil dengan temperature sebesar $20,5^{\circ}\text{C}$. Tidak adanya perbedaan kontur temperature pada bidang $z/w=0,65$ dikarenakan udara telah memenuhi ruangan sepenuhnya tetapi belum mampu mendinginkan ruangan secara penuh 21°C . sehingga terlihat bidang ini memiliki temperature yang konstan.



(a)



(b)

Gambar 4.12 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.12 menunjukkan tentang kontur dan vektor kecepatan yang terjadi pada bidang $z/w=0,65$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600. Kecepatan udara pada bidang ini adalah stabil yaitu 0,1 m/s. kecepatan tertinggi bidang ini adalah sebesar 0,36 m/s yang terjadi di daerah di atas meja. Hal ini dikarenakan udara telah memenuhi ruangan sepenuhnya tetapi belum mampu mendinginkan secara keseluruhan ini sehingga bidang ini masih memiliki kecepatan udara cukup konstan.

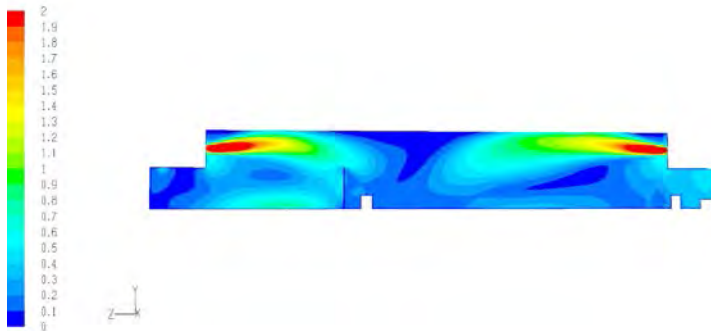
4.3 Analisa Pembahasan Variasi Beban Pendinginan Siang Untuk Detik ke-1200

4.3.1 Bidang $x/l = 0,64$

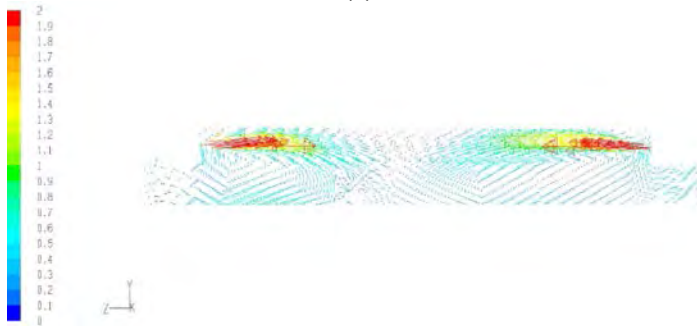


Gambar 4.13 Kontur Temperatur Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.13 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $x/l=0,64$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-1200. Dari gambar tersebut terlihat udara dingin mulai disebarkan ke ruangan melalui *inlet diffuser*. Pada detik ke-1200 ini kontur temperature mulai terlihat adanya perbedaan warna yang menunjukkan perbedaan temperature. Pada detik ke-1200 ini udara telah memenuhi ruangan secara sepenuhnya dan telah mencapai kondisi *steady* sehingga menyebabkan temperature yang dihasilkan berbeda-beda. Dari gambar menunjukkan bahwa ruangan memiliki temperature rata-rata 22°C . Pada daerah sekitar dekat dinding terlihat memiliki temperature sebesar 23°C . Pada daerah dekat dinding di lantai memiliki temperature tinggi yaitu sekitar 25°C . Pada daerah atas *diffuser* memiliki temperature sebesar 23°C . Sedangkan pada daerah dinding dekat konveyor terlihat temperature mencapai 23°C . Daerah di dekat lantai paling bawah memiliki temperature sekitar 25°C dikarenakan pengaruh dari *heat flux* yang dikeluarkan oleh orang. Daerah dekat dinding di lantai cukup tinggi temperaturnya dikarenakan adanya *heat flux* dari penumpang yang diwakili oleh lantai. Saat siang hari jumlah penumpang mencapai 160 orang, serta dipengaruhi oleh panas matahari dari luar pada dinding dekat konveyor karena dinding ini berhadapan langsung dengan kondisi luar. Pada detik ini udara telah memenuhi ruangan secara sepenuhnya dan telah mampu mendinginkan secara merata menjadi 22°C , hasil kontur temperature yang terjadi terlihat mulai berbeda-beda. Adanya perbedaan temperature ini dipengaruhi oleh besar udara yang masuk ke ruangan serta *heat flux* yang dikeluarkan oleh penumpang yang diwakili oleh lantai dan dinding.



(a)



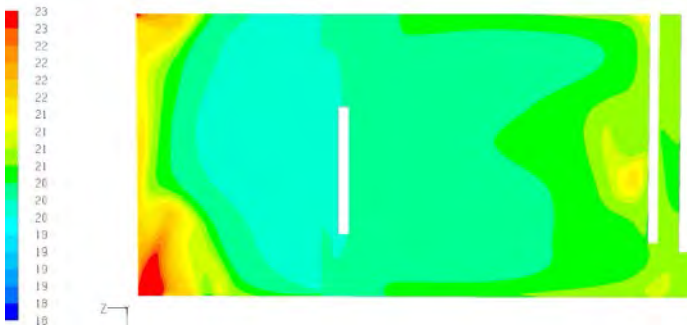
(b)

Gambar 4.14 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.14 menunjukkan tentang kontur dan vector kecepatan yang terjadi pada bidang $x/l=0,64$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-1200. Dari gambar tersebut terlihat bahwa udara mulai memasuki ruangan melalui *inlet diffuser* kemudian menyebar ke seluruh ruangan. Daerah berkecepatan tinggi yaitu sebesar 7,12 m/s terletak di daerah *inlet diffuser*. Udara bergerak lurus kemudian agak naik ke atas kemudian jatuh dan kembali ke *Return Air Grille* (RAG). Kecepatan udara yang dikeluarkan dari *inlet diffuser* yang mengarah ke depan terjauh memiliki kecepatan sekitar 0,712 m/s kemudian mulai jatuh kebawah dan mengarah menuju RAG. Pola aliran kecepatan udara yang mengarah ke depan diffuser semakin

jauh sebanding dengan semakin banyaknya udara yang dialirkan ke ruangan tersebut. Pada daerah yang melewati sekat, arah aliran udara mengikuti bentuk sekat, sehingga setelah udara keluar dari *inlet diffuser* kemudian lurus mengarah ke atas lalu jatuh menabrak sekat lalu turun mengikuti bentuk sekat yang ada. Hal ini menunjukkan bahwa pola aliran udara dipengaruhi oleh penempatan serta bentuk barang-barang (peralatan). Pada daerah RAG kecepatan aliran yang kembali terlihat semakin tinggi yaitu sebesar 0,356 m/s dengan daerah yang lebih luas. Sedangkan daerah lain masih berkecepatan rendah yaitu sebesar 0,1 m/s. Hal ini dikarenakan udara telah memenuhi ruangan seluruhnya dan sudah mampu mendinginkan keseluruhan ruangan atau telah mencapai kondisi *steady* sehingga kecepatan udara terlihat ada perbedaan antar daerah. Adanya perbedaan distribusi kecepatan udara ini dipengaruhi oleh besar udara yang telah disebarkan setelah keluar dari *inlet diffuser* serta adanya barang-barang atau sekat yang mempengaruhi pola aliran udara.

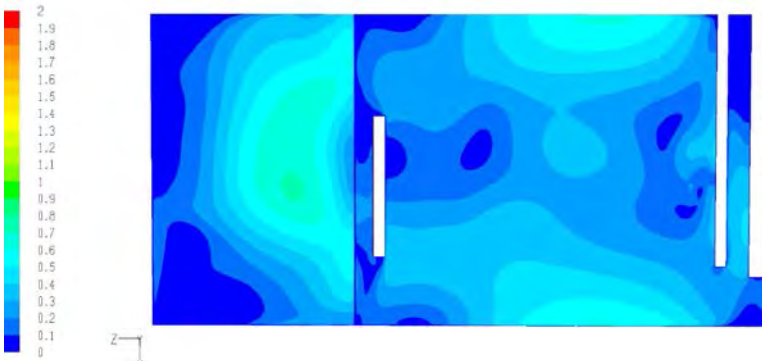
4.3.2 Bidang $y/h=0,54$



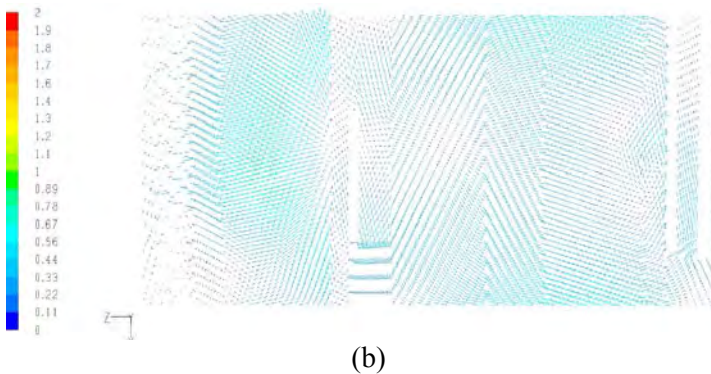
Gambar 4.15 Kontur Temperatur Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.15 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $y/h=0,54$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-1200. Dari gambar kontur temperature tersebut mulai terlihat perbedaan temperature yang cukup berbeda karena pada detik ini udara telah memenuhi

ruangan secara keseluruhan dan telah mampu mendinginkan hingga 22°C secara keseluruhan atau telah mencapai kondisi *steady*. Dari gambar terlihat temperature ruangan masih stabil sekitar 22°C . Pada daerah dekat dinding terlihat temperature mulai mengalami kenaikan sehingga didapatkan temperature sebesar 23°C hingga 24°C . Pada daerah lantai pojok memiliki temperature sebesar 24°C . Pada daerah sekitar dan depan meja dan konveyor memiliki temperature sebesar $22,5^{\circ}\text{C}$ hingga daerah di depan meja tengah. Sedangkan pada daerah lantai dekat dinding dan dekat konveyor memiliki temperature sebesar 28°C . Adanya perbedaan temperature ini dipengaruhi oleh besar udara yang masuk ke ruangan serta *heat flux* yang dikeluarkan oleh penumpang dan dinding. Dinding di dekat konveyor memiliki nilai *heat flux* sehingga mempengaruhi temperature di daerah tersebut. Lantai juga memiliki *heat flux* yang didapatkan dari kalor yang dikeluarkan oleh penumpang, sehingga temperature pada lantai dekat dinding mengalami kenaikan temperature. Selain itu karena udara telah memenuhi ruangan sepenuhnya dan telah mencapai kondisi *steady* sehingga membuat kontur temperature berubah sesuai kondisi setelah didinginkan.



(a)



(b)
Gambar 4.16 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Siang

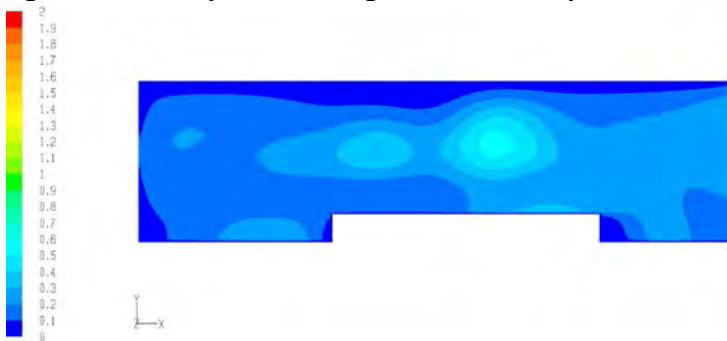
Gambar 4.16 menunjukkan tentang kontur dan vektor kecepatan yang terjadi pada bidang $y/h=0,54$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-1200. Pada gambar terlihat kecepatan udara masih stabil sebesar $0,1$ m/s di seluruh lantai. Tetapi pada daerah lantai dekat sekat serta daerah lantai di depan meja dan konveyor memiliki kecepatan yang berbeda yaitu sebesar $0,36$ m/s. kecepatan tertinggi terjadi pada daerah di depan meja dan di belakang sekat dengan kecepatan sebesar $0,356$ m/s. sedangkan pada daerah celah anatar meja dan konveyor memiliki kecepatan yang stabil $0,1$ m/s tetapi ada yang memiliki kecepatan $0,356$ m/s. Hal ini dikarenakan udara telah memenuhi ruangan seluruhnya dan sudah mencapai kondisi *steady* sehingga kecepatan udara terlihat ada perbedaan antar daerah. Adanya perbedaan distribusi kecepatan udara ini dipengaruhi oleh besar udara yang telah disebarkan setelah keluar dari *inlet diffuser* serta adanya barang-barang atau sekat yang mempengaruhi pola aliran udara.

4.3.3 Bidang $z/w=0,65$

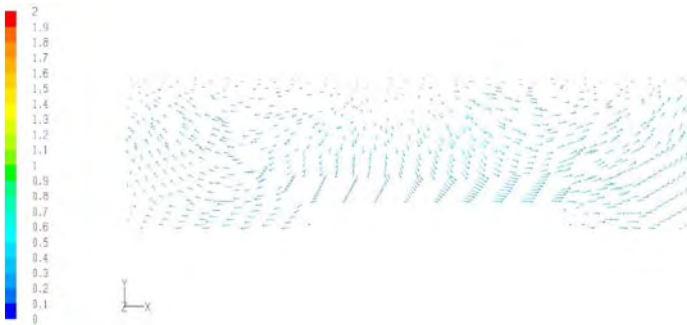


Gambar 4.17 Kontur Temperatur Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.17 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $z/w=0,65$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-1200. Pada gambar terlihat udara berada di ruangan stabil dengan temperature sebesar 22°C . Tidak adanya perbedaan kontur temperature pada bidang $z/w=0,65$ dikarenakan udara telah memenuhi ruangan sepenuhnya dan telah mampu mendinginkan ruangan secara penuh 22°C . Pada daerah tengah terlihat temperature ruangan masih mencapai 21°C .



(a)



(b)

Gambar 4.18 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Siang

Gambar 4.18 menunjukkan tentang kontur dan vector kecepatan yang terjadi pada bidang $z/w=0,65$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-1200. Kecepatan udara pada bidang ini adalah stabil yaitu 0,1 m/s. Kecepatan tertinggi bidang ini adalah sebesar 0,356 m/s yang terjadi di daerah di atas meja. Hal ini dikarenakan udara telah memenuhi ruangan sepenuhnya dan telah mampu mendinginkan secara keseluruhan ini sehingga bidang ini masih memiliki kecepatan udara cukup konstan.

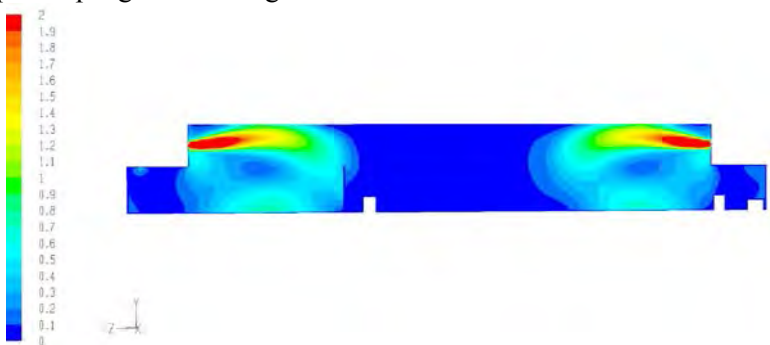
4.4 Analisa Pembahasan Variasi Beban Pendinginan Malam Untuk Detik ke-300

4.4.1 Bidang $x/l = 0,64$

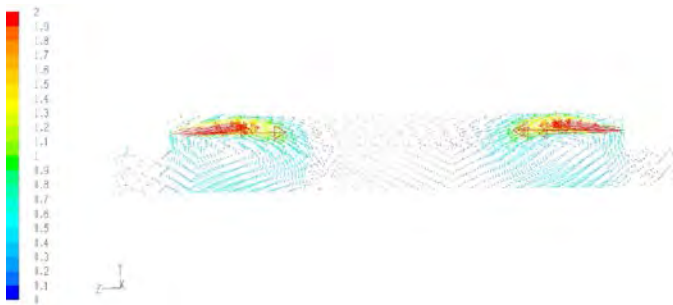


Gambar 4.19 Kontur Temperatur Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.19 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $x/l=0,64$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-300. Dari gambar tersebut terlihat udara dingin mulai disebarakan ke ruangan melalui *inlet diffuser*. Pada detik ke-300 ini kontur temperature belum terlihat adanya perbedaan warna yang menunjukkan perbedaan temperature dikarenakan pada detik ini udara belum mampu memenuhi ruangan tersebut secara keseluruhan. Dari gambar menunjukkan bahwa ruangan memiliki temperature rata-rata 20°C . Pada daerah sekitar lantai di dekat dinding terlihat memiliki temperature sebesar 23°C hingga $24,5^{\circ}\text{C}$. Sedangkan pada daerah dinding dekat konveyor terlihat temperature mencapai 23°C . karena udara belum memenuhi ruangan secara sepenuhnya maka kontur temperature yang terjadi masih terlihat konstan. Adanya perbedaan temperature ini dipengaruhi oleh besar udara yang masuk ke ruangan serta *heat flux* yang dikeluarkan oleh penumpang dan dinding.



(a)

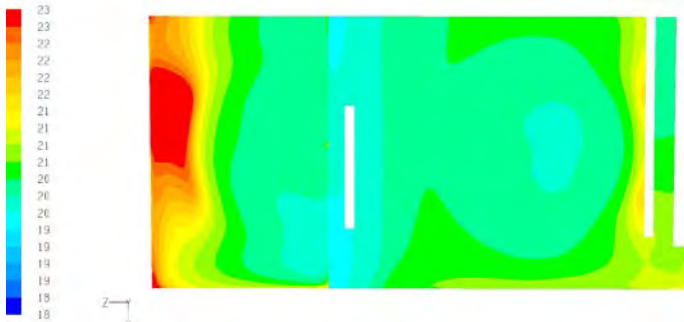


(b)

Gambar 4.20 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Malam

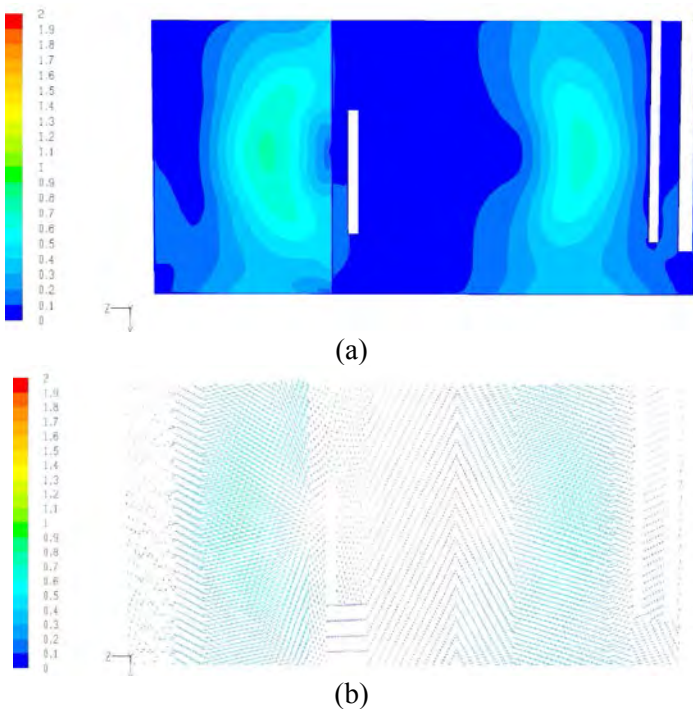
Gambar 4.20 menunjukkan tentang kontur dan vektor kecepatan yang terjadi pada bidang $x/l=0,64$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-300. Dari gambar tersebut terlihat bahwa udara mulai memasuki ruangan melalui *inlet diffuser* kemudian menyebar ke seluruh ruangan. Daerah berkecepatan tinggi yaitu sebesar 7,12 m/s terletak di daerah *inlet diffuser*. Udara bergerak lurus kemudian agak naik ke atas kemudian jatuh dan kembali ke *Return Air Grille* (RAG). Kecepatan udara yang dikeluarkan dari *inlet diffuser* yang mengarah ke depan terjauh memiliki kecepatan sekitar 0,36 m/s kemudian mulai jatuh kebawah dan mengarah menuju RAG. Sedangkan daerah lain masih berkecepatan rendah yaitu sebesar 0,1 m/s. Hal ini dikarenakan udara belum memenuhi ruangan seluruhnya sehingga kecepatan udara terlihat ada perbedaan antar daerah. Adanya perbedaan distribusi kecepatan udara ini dipengaruhi oleh besar udara yang telah disebarkan setelah keluar dari *inlet diffuser* serta adanya barang-barang atau sekat yang mempengaruhi pola aliran udara.

4.4.2 Bidang $y/h=0,54$



Gambar 4.21 Kontur Temperatur Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.21 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $y/h=0,54$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-300. Dari gambar terlihat temperature ruangan masih stabil sekitar 20°C karena terlihat masih banyak terlihat warna biru yang merata seluruh ruangan. Tetapi pada daerah lantai dekat dinding mulai mengalami kenaikan temperature, daerah lantai dekat dinding memiliki temperature sebesar 23°C . Sedangkan pada daerah lantai dekat dinding dan dekat konveyor memiliki temperature sebesar 23°C . Adanya perbedaan temperature ini dipengaruhi oleh besar udara yang masuk ke ruangan serta *heat flux* yang dikeluarkan oleh penumpang dan dinding. Dinding di dekat konveyor memiliki nilai *heat flux* sehingga mempengaruhi temperature di daerah tersebut. Lantai juga memiliki *heat flux* yang didapatkan dari kalor yang dikeluarkan oleh penumpang, sehingga temperature pada lantai dekat dinding mengalami kenaikan temperature. Selain itu karena udara belum memenuhi ruangan sepenuhnya maka hasil yang didapatkan adalah kontur temperature yang berbeda pada daerah tertentu.



Gambar 4.22 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.22 menunjukkan tentang kontur dan vektor kecepatan yang terjadi pada bidang $y/h=0,54$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-300. Dari gambar tersebut terlihat bahwa udara mulai memasuki ruangan melalui *inlet diffuser* kemudian menyebar ke seluruh ruangan. Pada gambar terlihat kecepatan udara masih stabil sebesar 0,1 m/s di seluruh lantai. Tetapi pada daerah lantai dekat sekat serta daerah lantai di depan meja dan konveyor memiliki kecepatan yang berbeda yaitu sebesar 0,36 m/s. Hal ini dikarenakan udara belum memenuhi ruangan seluruhnya sehingga kecepatan udara terlihat ada perbedaan antar daerah. Adanya perbedaan distribusi kecepatan udara ini dipengaruhi oleh besar udara yang telah disebarkan

setelah keluar dari *inlet diffuser* serta adanya barang-barang atau sekat yang mempengaruhi pola aliran udara.

4.4.3 Bidang $z/w=0,65$



Gambar 4.23 Kontur Temperatur Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.23 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $z/w=0,65$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-300. Dari gambar tersebut terlihat udara dingin mulai disebarkan ke ruangan melalui *inlet diffuser*. Pada gambar terlihat udara berada di ruangan stabil dengan temperature sebesar 20°C . Tidak adanya perbedaan kontur temperature pada bidang $z/w=0,65$ dikarenakan udara belum memenuhi ruangan sepenuhnya dan udara belum mencapai bidang ini sehingga terlihat bidang ini memiliki temperature yang konstan.



(a)



(b)

Gambar 4.24 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.24 menunjukkan tentang kontur dan vector kecepatan yang terjadi pada bidang $z/w=0,65$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-300. Dari gambar tersebut terlihat bahwa udara mulai memasuki ruangan melalui *inlet diffuser* kemudian menyebar ke seluruh ruangan. Kecepatan udara pada bidang ini adalah stabil yaitu 0,1 m/s. Hal ini dikarenakan udara belum memenuhi ruangan sepenuhnya dan udara belum mencapai bidang ini sehingga bidang ini masih memiliki kecepatan udara konstan.

4.5 Analisa Pembahasan Variasi Beban Pendinginan Malam Untuk Detik ke-600

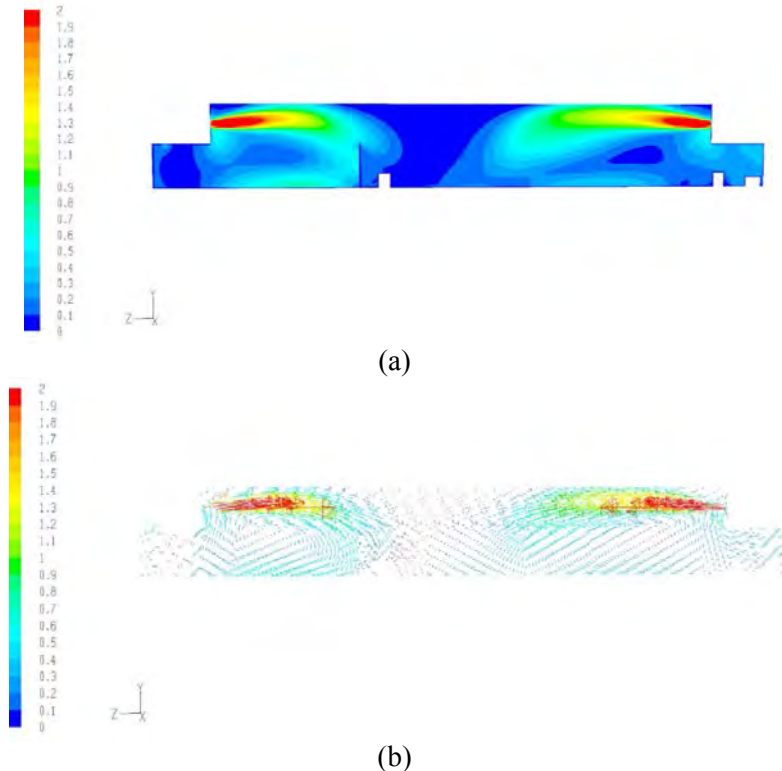
4.5.1 Bidang $x/l = 0,64$



Gambar 4.25 Kontur Temperatur Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.25 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $x/l=0,64$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600. Dari gambar tersebut terlihat udara dingin mulai disebarkan ke ruangan melalui *inlet diffuser*. Pada detik ke-600 ini kontur temperature mulai terlihat adanya perbedaan warna yang menunjukkan perbedaan temperature. Pada detik ke-600 ini udara telah memenuhi ruangan secara sepenuhnya sehingga menyebabkan temperature yang dihasilkan berbeda-beda. Dari gambar menunjukkan bahwa ruangan memiliki temperature rata-rata 21°C . Pada daerah sekitar dekat dinding terlihat memiliki temperature sebesar 23°C . Pada daerah dekat dinding di lantai memiliki temperature tinggi yaitu sekitar 31°C . Sedangkan pada daerah dinding dekat konveyor terlihat temperature mencapai 24°C . Daerah di dekat lantai paling bawah memiliki temperature sekitar 29°C dikarenakan pengaruh dari *heat flux* yang dikeluarkan oleh orang. Daerah dekat dinding di lantai cukup tinggi temperaturnya dikarenakan adanya *heat flux* dari penumpang yang diwakili oleh lantai. Saat malam hari jumlah penumpang mencapai 320 orang, serta dipengaruhi oleh panas matahari dari luar pada dinding dekat konveyor karena

dinding ini berhadapan langsung dengan kondisi luar. Pada detik ini udara telah memenuhi ruangan secara sepenuhnya tetapi belum mampu mendinginkan secara merata menjadi 22°C sehingga kontur temperature yang terjadi terlihat mulai berbeda-beda. Adanya perbedaan temperature ini dipengaruhi oleh besar udara yang masuk ke ruangan serta *heat flux* yang dikeluarkan oleh penumpang yang diwakili oleh lantai dan dinding.

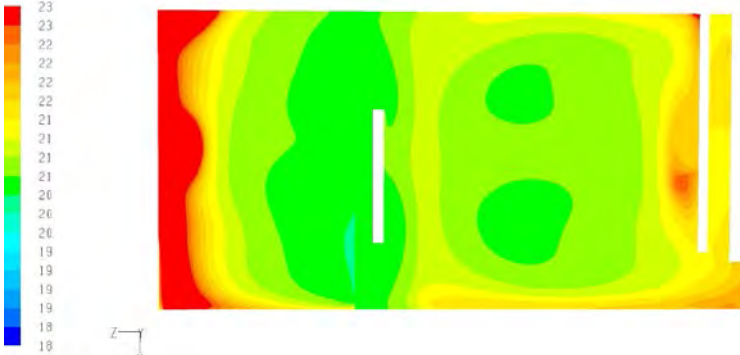


Gambar 4.26 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.26 menunjukkan tentang kontur dan vector kecepatan yang terjadi pada bidang $x/l=0,64$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600. Dari gambar tersebut

terlihat bahwa udara mulai memasuki ruangan melalui *inlet diffuser* kemudian menyebar ke seluruh ruangan. Daerah berkecepatan tinggi yaitu sebesar 7,12 m/s terletak di daerah *inlet diffuser*. Udara bergerak lurus kemudian agak naik ke atas kemudian jatuh dan kembali ke *Return Air Grille* (RAG). Kecepatan udara yang dikeluarkan dari *inlet diffuser* yang mengarah ke depan terjauh memiliki kecepatan sekitar 0,72 m/s kemudian mulai jatuh kebawah dan mengarah menuju RAG. Pada daerah yang melewati sekat, arah aliran udara mengikuti bentuk sekat, sehingga setelah udara keluar dari *inlet diffuser* kemudian lurus mengarah ke atas lalu jatuh menabrak sekat lalu turun mengikuti bentuk sekat yang ada. Pada daerah lantai dekat sekat serta di depan meja memiliki kecepatan udara sebesar 0,356 m/s hingga 0,712 m/s Hal ini menunjukkan bahwa pola aliran udara dipengaruhi oleh penempatan serta bentuk barang-barang peralatan). Pada daerah RAG mulai terlihat aliran yang kembali ke RAG dengan kecepatan sebesar 0,356 m/s. Sedangkan daerah lain masih berkecepatan rendah yaitu sebesar 0,1 m/s. Hal ini dikarenakan udara telah memenuhi ruangan seluruhnya tetapi belum mampu mendinginkan keseluruhan ruangan atau belum mencapai kondisi *steady* sehingga kecepatan udara terlihat ada perbedaan antar daerah. Adanya perbedaan distribusi kecepatan udara ini dipengaruhi oleh besar udara yang telah disebarkan setelah keluar dari *inlet diffuser* serta adanya barang-barang atau sekat yang mempengaruhi pola aliran udara.

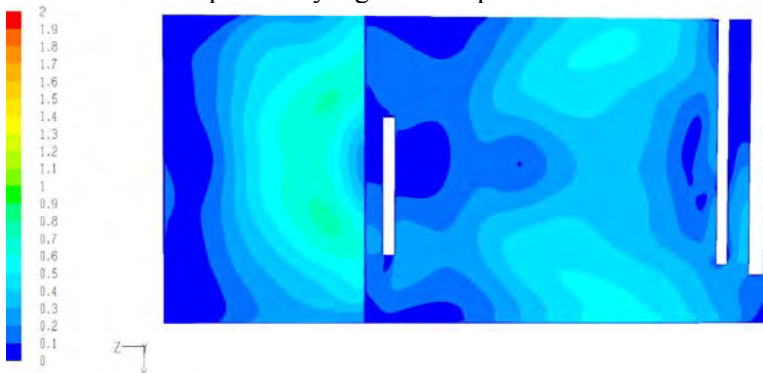
4.5.2 Bidang $y/h=0,54$



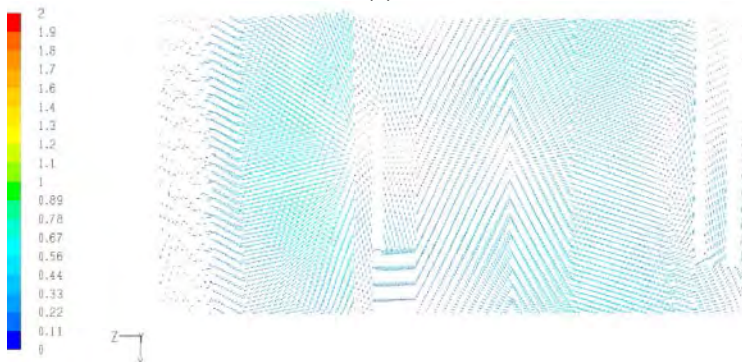
Gambar 4.27 Kontur Temperatur Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.27 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $y/h=0,54$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600. Dari gambar kontur temperature tersebut mulai terlihat perbedaan temperature yang cukup berbeda karena pada detik ini udara telah memenuhi ruangan secara keseluruhan tetapi belum mampu mendinginkan hingga 22°C secara keseluruhan atau belum mencapai kondisi *steady*. Dari gambar terlihat temperature ruangan masih stabil sekitar 21°C . Pada daerah dekat dinding terlihat temperature mulai mengalami kenaikan sehingga didapatkan temperature sebesar 25°C . Pada daerah lantai pojok memiliki temperature sebesar 28°C . Pada daerah sekitar dan depan meja dan konveyor memiliki temperature sebesar $24,5^{\circ}\text{C}$. Sedangkan pada daerah lantai dekat dinding dan dekat konveyor memiliki temperature sebesar 26°C . Daerah di depan meja memiliki temperatur sebesar 23°C . Adanya perbedaan temperature ini dipengaruhi oleh besar udara yang masuk ke ruangan serta *heat flux* yang dikeluarkan oleh penumpang dan dinding. Dinding di dekat konveyor memiliki nilai *heat flux* sehingga mempengaruhi temperature di daerah tersebut. Lantai juga memiliki *heat flux* yang didapatkan dari kalor yang dikeluarkan oleh penumpang, sehingga temperature pada lantai dekat dinding mengalami kenaikan temperature.

Selain itu karena udara telah memenuhi ruangan sepenuhnya tetapi belum mencapai kondisi *steady* maka hasil yang didapatkan adalah kontur temperature yang berbeda pada daerah tertentu.



(a)



(b)

Gambar 4.28 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi malam

Gambar 4.28 menunjukkan tentang kontur dan vector kecepatan yang terjadi pada bidang $y/h=0,54$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600. Pada gambar terlihat kecepatan udara masih stabil sebesar $0,1$ m/s di seluruh lantai. Tetapi pada daerah lantai dekat sekat serta daerah lantai di depan meja dan konveyor memiliki kecepatan yang berbeda yaitu sebesar $0,36$ m/s. Kecepatan tinggi terjadi pada daerah luas di depan meja

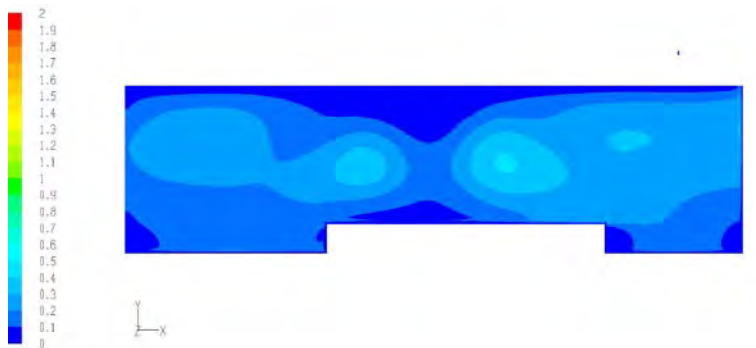
dan di belakang sekat dengan kecepatan sebesar 0,356 m/s. Di daerah belakang sekat terdapat kecepatan tertinggi yaitu sekitar 0,712 m/s. Hal ini dikarenakan udara telah memenuhi ruangan seluruhnya tetapi belum mencapai kondisi *steady* sehingga kecepatan udara terlihat ada perbedaan antar daerah. Adanya perbedaan distribusi kecepatan udara ini dipengaruhi oleh besar udara yang telah disebarkan setelah keluar dari *inlet diffuser* serta adanya barang-barang atau sekat yang mempengaruhi pola aliran udara.

4.5.3 Bidang $z/w=0,65$

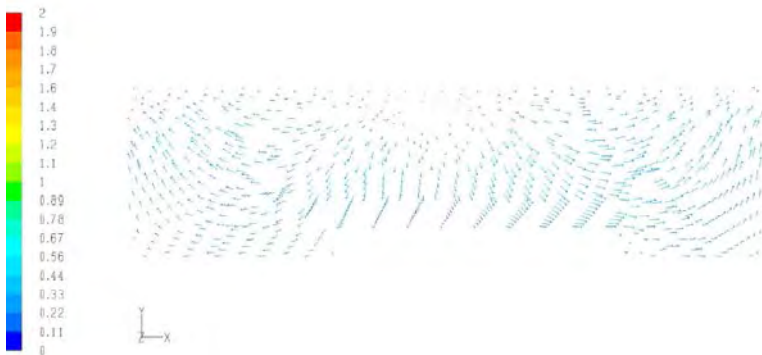


Gambar 4.29 Kontur Temperatur Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.29 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $z/w=0,65$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600. Pada gambar terlihat udara berada di ruangan stabil dengan temperature sebesar 21,5°C. Tidak adanya perbedaan kontur temperature pada bidang $z/w=0,65$ dikarenakan udara telah memenuhi ruangan sepenuhnya tetapi belum mampu mendinginkan ruangan secara penuh 22°C, sehingga terlihat bidang ini memiliki temperature yang konstan.



(a)



(b)

Gambar 4.30 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.30 menunjukkan tentang kontur dan vector kecepatan yang terjadi pada bidang $z/w=0,65$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600. Kecepatan udara pada bidang ini adalah stabil yaitu 0,1 m/s. Kecepatan tertinggi bidang ini adalah sebesar 0,356 m/s yang terjadi di daerah di atas meja. Hal ini dikarenakan udara telah memenuhi ruangan sepenuhnya tetapi belum mampu mendinginkan secara keseluruhan ini sehingga bidang ini masih memiliki kecepatan udara cukup konstan.

4.6 Analisa Pembahasan Variasi Beban Pendinginan Malam Untuk Detik ke-1200

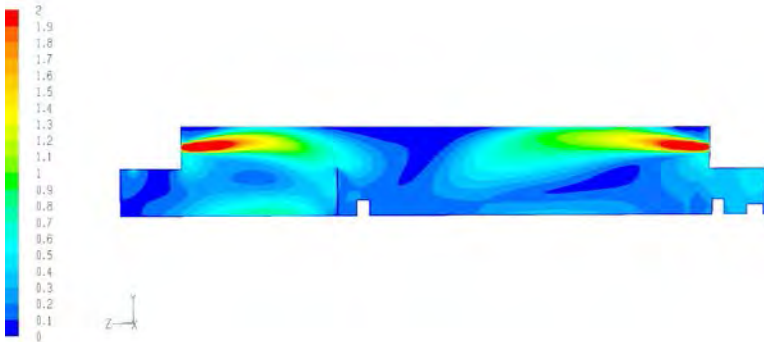
4.6.1 Bidang $x/l = 0,64$



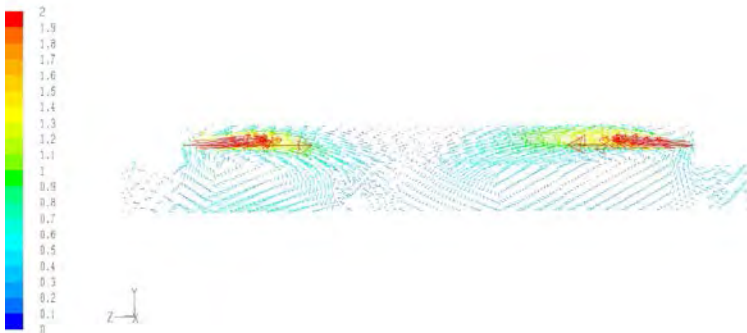
Gambar 4.31 Kontur Temperatur Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.31 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $x/l=0,64$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-1200. Dari gambar tersebut terlihat udara dingin mulai disebarkan ke ruangan melalui *inlet diffuser*. Pada detik ke-711,3 ini kontur temperature mulai terlihat adanya perbedaan warna yang menunjukkan perbedaan temperature. Pada detik ke-1200 ini udara telah memenuhi ruangan secara sepenuhnya dan telah mencapai kondisi *steady* sehingga menyebabkan temperature yang dihasilkan berbeda-beda. Dari gambar menunjukkan bahwa ruangan memiliki temperature rata-rata 22°C . Pada daerah sekitar dekat dinding terlihat memiliki temperature sebesar 23°C . Pada daerah dekat dinding di lantai memiliki temperature tinggi yaitu sekitar 32°C . Pada daerah atas *diffuser* memiliki temperature sebesar 23°C . Sedangkan pada daerah dinding dekat konveyor terlihat temperature mencapai 24°C . Daerah di dekat lantai paling bawah memiliki temperature sekitar $24,5^{\circ}\text{C}$ dikarenakan pengaruh dari *heat flux* yang dikeluarkan oleh orang. Daerah dekat dinding di lantai cukup tinggi temperaturnya dikarenakan adanya *heat flux* dari penumpang yang diwakili oleh lantai. Saat siang hari jumlah penumpang mencapai 320 orang, serta dipengaruhi oleh panas

matahari dari luar pada dinding dekat konveyor karena dinding ini berhadapan langsung dengan kondisi luar. Pada detik ini udara telah memenuhi ruangan secara sepenuhnya dan telah mampu mendinginkan secara merata menjadi 22°C , hasil kontur temperature yang terjadi terlihat mulai berbeda-beda. Adanya perbedaan temperature ini dipengaruhi oleh besar udara yang masuk ke ruangan serta *heat flux* yang dikeluarkan oleh penumpang yang diwakili oleh lantai dan dinding.



(a)



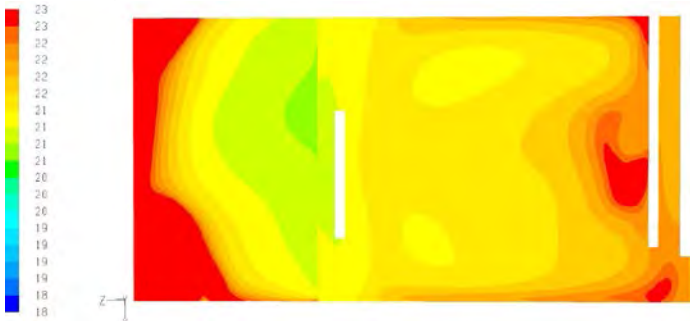
(b)

Gambar 4.32 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $x/l=0,64$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.32 menunjukkan tentang kontur dan vector kecepatan yang terjadi pada bidang $x/l=0,64$ untuk variasi beban pendinginan siang pada detik ke-1200. Dari gambar tersebut

terlihat bahwa udara mulai memasuki ruangan melalui *inlet diffuser* kemudian menyebar ke seluruh ruangan. Daerah berkecepatan tinggi yaitu sebesar 7,12 m/s terletak di daerah *inlet diffuser*. Udara bergerak lurus kemudian agak naik ke atas kemudian jatuh dan kembali ke *Return Air Grille* (RAG). Kecepatan udara yang dikeluarkan dari *inlet diffuser* yang mengarah ke depan terjauh memiliki kecepatan sekitar 0,712 m/s kemudian mulai jatuh kebawah dan mengarah menuju RAG. Pola aliran kecepatan udara yang mengarah ke depan diffuser semakin jauh sebanding dengan semakin banyaknya udara yang dialirkan ke ruangan tersebut. Pada daerah yang melewati sekat, arah aliran udara mengikuti bentuk sekat, sehingga setelah udara keluar dari *inlet diffuser* kemudian lurus mengarah ke atas lalu jatuh menabrak sekat lalu turun mengikuti bentuk sekat yang ada. Hal ini menunjukkan bahwa pola aliran udara dipengaruhi oleh penempatan serta bentuk barang-barang (peralatan). Pada daerah RAG kecepatan aliran yang kembali terlihat semakin tinggi yaitu sebesar 0,356 m/s dengan daerah yang lebih luas. Sedangkan daerah lain masih berkecepatan rendah yaitu sebesar 0,1 m/s. Hal ini dikarenakan udara telah memenuhi ruangan seluruhnya dan sudah mampu mendinginkan keseluruhan ruangan atau telah mencapai kondisi *steady* sehingga kecepatan udara terlihat ada perbedaan antar daerah. Adanya perbedaan distribusi kecepatan udara ini dipengaruhi oleh besar udara yang telah disebarkan setelah keluar dari *inlet diffuser* serta adanya barang-barang atau sekat yang mempengaruhi pola aliran udara.

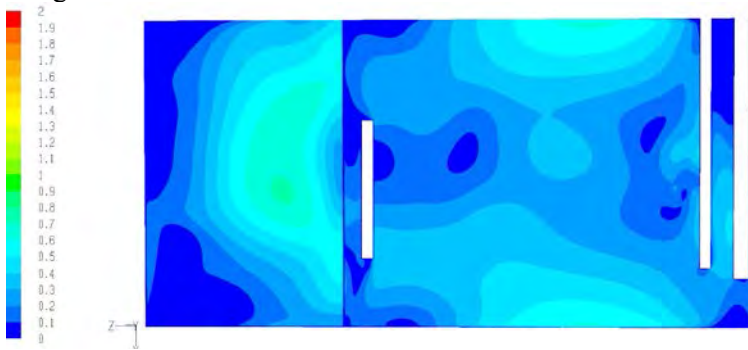
4.6.2 Bidang $y/h=0,54$



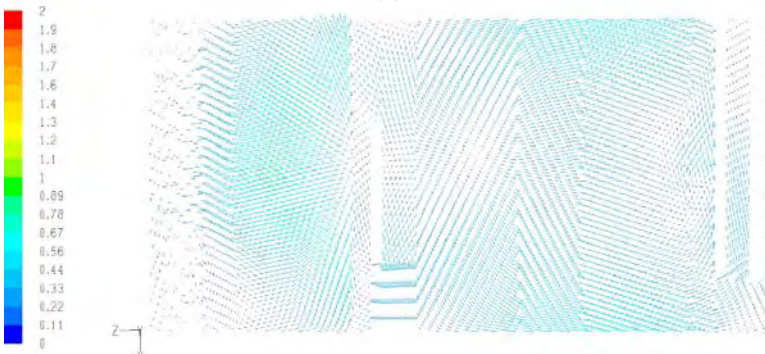
Gambar 4.33 Kontur Temperatur Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.33 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $y/h=0,54$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-1200. Dari gambar kontur temperature tersebut mulai terlihat perbedaan temperature yang cukup berbeda karena pada detik ini udara telah memenuhi ruangan secara keseluruhan dan telah mampu mendinginkan hingga 22°C secara keseluruhan atau telah mencapai kondisi *steady*. Dari gambar terlihat temperature ruangan masih stabil sekitar 22°C . Pada daerah dekat dinding terlihat temperature mulai mengalami kenaikan sehingga didapatkan temperature sebesar $24,5^{\circ}\text{C}$ hingga 26°C . Pada daerah lantai pojok memiliki temperature sebesar 29°C . Pada daerah sekitar dan depan meja dan konveyor memiliki temperature sebesar 23°C hingga daerah di depan meja tengah. Adanya perbedaan temperature ini dipengaruhi oleh besar udara yang masuk ke ruangan serta *heat flux* yang dikeluarkan oleh penumpang dan dinding. Dinding di dekat konveyor memiliki nilai *heat flux* sehingga mempengaruhi temperature di daerah tersebut. Lantai juga memiliki *heat flux* yang didapatkan dari kalor yang dikeluarkan oleh penumpang, sehingga temperature pada lantai dekat dinding mengalami kenaikan temperature. Selain itu karena udara telah memenuhi ruangan sepenuhnya dan telah mencapai kondisi *steady* sehingga

membuat kontur temperature berubah sesuai kondisi setelah didinginkan.



(a)



(b)

Gambar 4.34 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $y/h=0,54$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.35 menunjukkan tentang kontur dan vektor kecepatan yang terjadi pada bidang $y/h=0,54$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-1200. Pada gambar terlihat kecepatan udara masih stabil sebesar 0,1 m/s di seluruh lantai. Tetapi pada daerah lantai dekat sekat serta daerah lantai di depan meja dan konveyor memiliki kecepatan yang berbeda yaitu sebesar 0,36 m/s. kecepatan tertinggi terjadi pada daerah di depan meja dan di belakang sekat dengan kecepatan sebesar 0,356 m/s. sedangkan pada daerah celah anatar meja dan konveyor memiliki

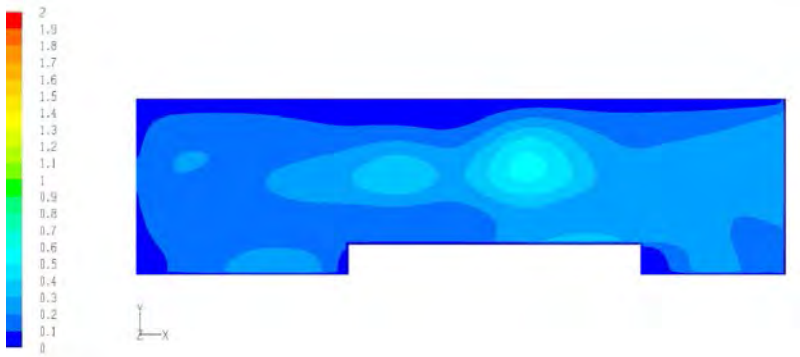
kecepatan yang stabil 0,1 m/s tetapi ada yang memiliki kecepatan 0,356 m/s. Hal ini dikarenakan udara telah memenuhi ruangan seluruhnya dan sudah mencapai kondisi *steady* sehingga kecepatan udara terlihat ada perbedaan antar daerah. Adanya perbedaan distribusi kecepatan udara ini dipengaruhi oleh besar udara yang telah disebarkan setelah keluar dari *inlet diffuser* serta adanya barang-barang atau sekat yang mempengaruhi pola aliran udara.

4.6.3 Bidang $z/w=0,65$

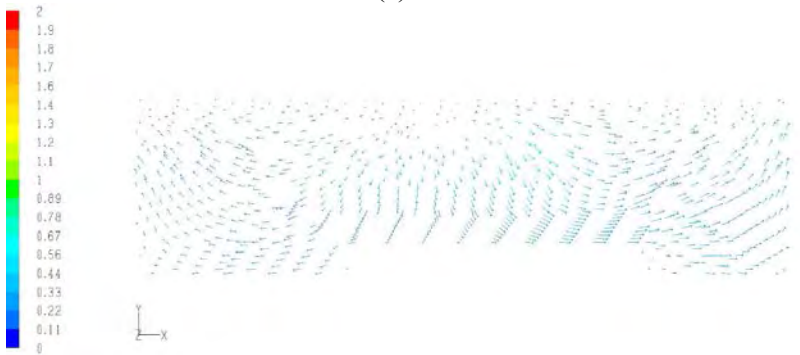


Gambar 4.35 Kontur Temperatur Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.35 menunjukkan tentang distribusi temperature yang terjadi pada bidang $z/w=0,65$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-1200. Pada gambar terlihat udara berada di ruangan stabil dengan temperature sebesar $21,5^{\circ}\text{C}$ dan daerah sekitar lantai temperature mencapai 22°C . Adanya perbedaan kontur temperature pada bidang $z/w=0,65$ dikarenakan udara telah memenuhi ruangan sepenuhnya dan telah mampu mendinginkan ruangan secara penuh 22°C , sehingga terlihat bidang ini memiliki temperature yang konstan.



(a)



(b)

Gambar 4.36 (a) Kontur dan (b) Vektor Kecepatan Bidang $z/w=0,65$ Untuk Variasi Malam

Gambar 4.36 menunjukkan tentang kontur dan vector kecepatan yang terjadi pada bidang $z/w=0,65$ untuk variasi beban pendinginan malam pada detik ke-711,3. Kecepatan udara pada bidang ini adalah stabil yaitu 0,1 m/s. kecepatan tertinggi bidang ini adalah sebesar 0,356 m/s yang terjadi di daerah di atas meja. Hal ini dikarenakan udara telah memenuhi ruangan sepenuhnya dan telah mampu mendinginkan secara keseluruhan ini sehingga bidang ini masih memiliki kecepatan udara cukup konstan. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia untuk Ventilasi, ada kriteria kenyamanan termal untuk daerah beriklim tropis yaitu

sekitar $20,5^{\circ}\text{C}$ hingga $22,8^{\circ}\text{C}$ untuk temperature, sedangkan untuk kecepatan berkisar antara $0,15\text{ m/s}$ hingga $0,25\text{ m/s}$. mengacu pada SNI Ventilasi ini, maka distribusi temperature dan kecepatan udara dari Ruang Keberangkatan pada siang adalah sekitar temperature $21-22^{\circ}\text{C}$ dan distribusi kecepatan sekitar $0,1-0,356\text{ m/s}$ untuk pemodelan siang. Sedangkan untuk pemodelan malam didapatkan distribusi $21-22^{\circ}\text{C}$ dan distribusi kecepatan sekitar $0,1-0,356\text{ m/s}$ sehingga dapat dikatakan telah memenuhi standar yang digunakan.

halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa tentang studi numerik distribusi temperatur dan kecepatan udara di Ruang Keberangkatan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya yang telah dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak FLUENT 6.3.26, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Distribusi kecepatan udara di dalam Ruang Keberangkatan antara 0,1 m/s hingga 0,356 m/s untuk pemodelan siang dimana kondisi ruangan telah *steady*. Sedangkan untuk pemodelan malam distribusi kecepatan udara antara 0,1 m/s hingga 0,356 m/s.
2. Distribusi temperature yang terjadi pada Ruang Keberangkatan dari hasil pemodelan siang yaitu sebesar 21°C hingga 22°C. Sedangkan untuk pemodelan malam didapatkan distribusi temperature rata-rata sebesar 21°C hingga 22°C.
3. Peletakan peralatan di dalam ruangan berpengaruh terhadap aliran udara dan distribusi temperatur.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian dan diharapkan berguna untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya dalam penelitian selanjutnya dilakukan variasi waktu yang lebih banyak dan lama untuk masing-masing variasi beban pendinginan dalam melakukan simulasi untuk membandingkan dan mendapatkan desain yang lebih bagus untuk ruang keberangkatan.
2. Sebaiknya dimensi geometri yang ditinjau tidak terlalu terpaut jauh antara *inlet* dan geometri ruang agar memudahkan dalam pengambilan data *post processing*.
3. Sebaiknya manusia dimodelkan satu per satu dengan membagi rata *heat flux* yang dikeluarkan setiap penumpang agar

temperature yang dihasilkan pada saat *post-processing* lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

ASHRAE, “*Fundamental Handbook*”, 1997.

ASHRAE, “*Refrigeration*”, 1998.

H. Ho Son, Rosario Luis, M. Rahman Muhammad, “*Three Dimensional Analysis for Hospital Operating Room Thermal Comfort and Contaminant Removal*”, www.elsevier.com/locate/apthermeng; 2008.

Incropera, Frank P., et al, “*Fundamentals of Heat and Mass Transfer 6th ed*”, John Wiley & Sons, Singapura: 2007.

Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, “*Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor : SKEP/77/VI/2005 tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara*”, 2005.

Stoecker, Wilbert F., “*Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*”, edisi kedua, Erlangga, Jakarta: 1994.

Widianto, Nugroho, “*Studi Numerik Distribusi Temperatur dan Kecepatan Udara pada Ruang Bedah Jantung (OKA 609) GBPT Rumah Sakit DR. Soetomo*”, Tugas Akhir, Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya: 2011.

Zaman, M. Badius, “*Perhitungan Ulang Sistem Pengkondisian Udara pada Ruang Operasi GBPT Rumah Sakit DR. Soetomo*”, Tugas Akhir, Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya: 2010.

halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Fitri Setyowati lahir di Sukoharjo pada 4 April 1992, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara dari pasangan (alm) Sukadi dan Ngatini. Penulis memulai pendidikan formal di TK Tri Sula Surabaya, SDN 4 Mulur, SMPN 1 Sukoharjo, dan SMAN 1 Sukoharjo.

Setelah lulus SMA penulis melanjutkan studi ke jenjang perguruan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yaitu pada Jurusan Teknik Mesin melalui jalur PMDK Bidikmisi pada tahun 2010. Penulis mengambil bidang studi Konversi Energi khususnya pada Laboratorium Mekanika dan Mesin-Mesin Fluida.

Selama menempuh pendidikan di bangku kuliah, penulis tidak hanya aktif dalam bidang akademik saja, namun juga aktif dalam bidang keorganisasian di dalam kampus Teknik Mesin. Penulis aktif sebagai staff Departemen Pengembangan Potensi Ilmiah Mahasiswa HMM FTI-ITS pada tahun 2011-2012. Kemudian penulis melanjutkan sebagai Sekretaris Departemen Pengembangan Potensi Ilmiah Mahasiswa pada tahun 2012-2013. Selama kuliah penulis juga aktif menjadi asisten laboratorium. Penulis juga pernah mengikuti kepesertaan sebagai panitia IEMC (*Indonesia Energy Marathon Challenge*) 2013, *Mechanical City*. Selain itu banyak pula pelatihan dan kegiatan yang diikuti penulis selama menjadi mahasiswa baik internal maupun eksternal kampus. Email yang penulis gunakan adalah fitrisetyowati92@gmail.com.

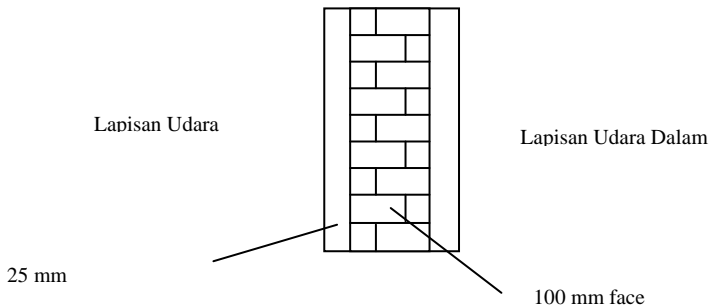
halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Lampiran 1.

Tabel nilai koefisien perpindahan panas dari dinding (M. Badius Zaman, 2010)

No	Deskripsi	R (m ² .K/W)
1	Lapisan udara luar	0.059
2	25 mm Stucco/Plester	0.037
3	100 mm Face Brick	0.076
4	25 mm Stucco/Plester	0.037
5	Lapisan udara dalam	0.121
TOTAL		0.33



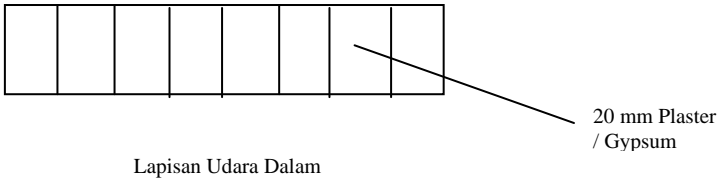
Gambar Konstruksi Dinding

Lampiran 2.

Tabel nilai koefisien perpindahan panas dari langit-langit (M. Badius Zaman, 2010)

No	Deskripsi	R ($m^2.K/W$)
1	Ruang Kosong Langit-langit	0.176
2	20 mm Plaster / Gypsum	0.026
3	Lapisan Udara Dalam	0.121
TOTAL		0.323

Ruang Kosong Langit-langit



Lampiran 3.

Tabel perhitungan daya total untuk variasi beban pendinginan siang

Item	Daya (Watt)	Jumlah	Daya Total (Watt)
Computer	220		220
Lampu	18	15	270
Dinding a	1263,68		1263,68
Lantai 1	150	76	11400
Lantai 2	150	92	13800
Daya keseluruhan			27123,68

Lampiran 4.

Tabel perhitungan daya total untuk variasi beban pendinginan malam

Item	Daya (Watt)	Jumlah	Daya Total (Watt)
Computer	220		220
Lampu	18	15	270
Dinding a	1263,68		1263,68
Lantai 1	150	156	23400
Lantai 2	150	172	25800
Daya keseluruhan			51123,68

Lampiran 5.Tabel perhitungan *heat flux* untuk variasi beban pendinginan

Item	<i>heat flux</i> Siang (W/m ²)	<i>heat flux</i> Malam (W/m ²)
Computer	17,4	17,4
Lampu	11,7	11,7
Dinding a	12,12	6,06
Lantai 1	20,36	40,72
Lantai 2	20,9	50,2

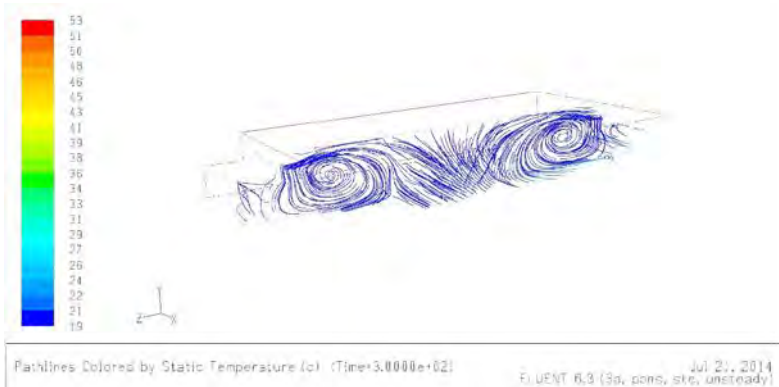
Lampiran 6.

Tabel Cooling Load Estimates for Various Office Densities

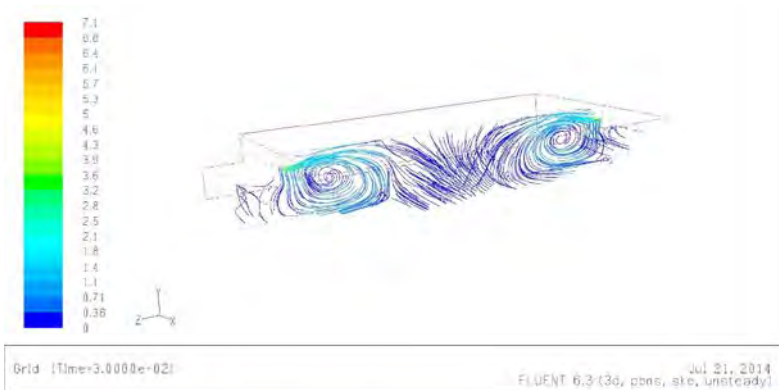
Load Density	Number	Each, W	Total, W	Diversity	Load, W
Computers	6	55	330	0,67	220
Monitors	6	55	330	0,67	220
Small desktop	1	130	130	0,33	43

Lampiran 7.

Pathline temperatur variasi beban pendinginan siang untuk detik ke-200

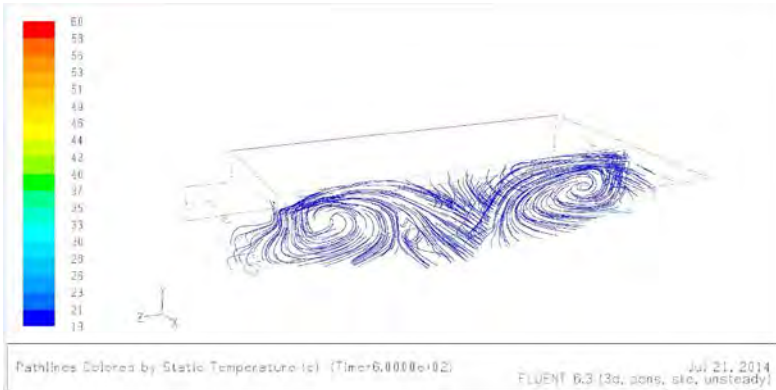
**Lampiran 8.**

Pathline kecepatan variasi beban pendinginan siang untuk detik ke-200

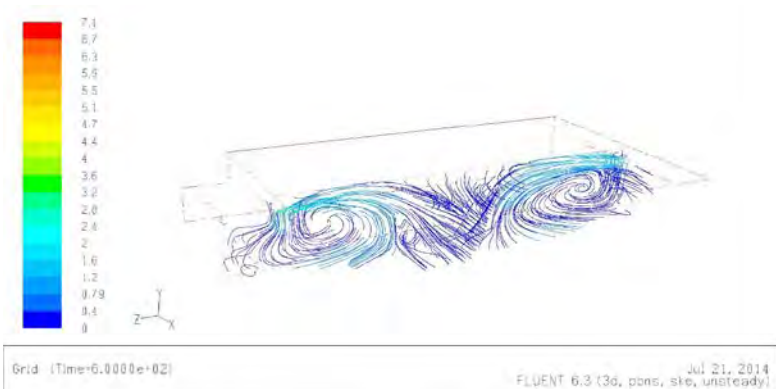


Lampiran 9.

Pathline temperatur variasi beban pendinginan siang untuk detik ke-600

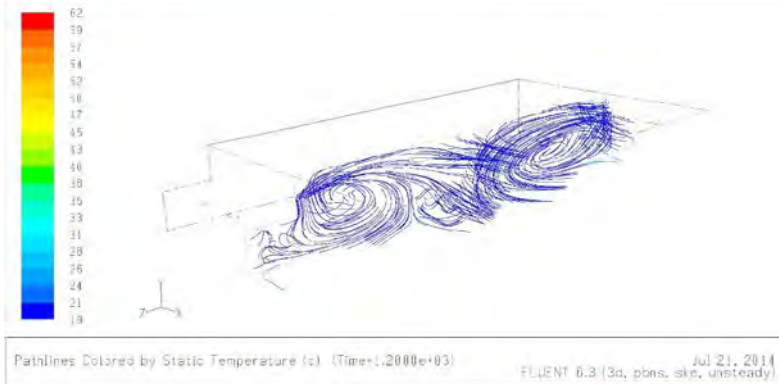
**Lampiran 10.**

Pathline kecepatan variasi beban pendinginan siang untuk detik ke-600

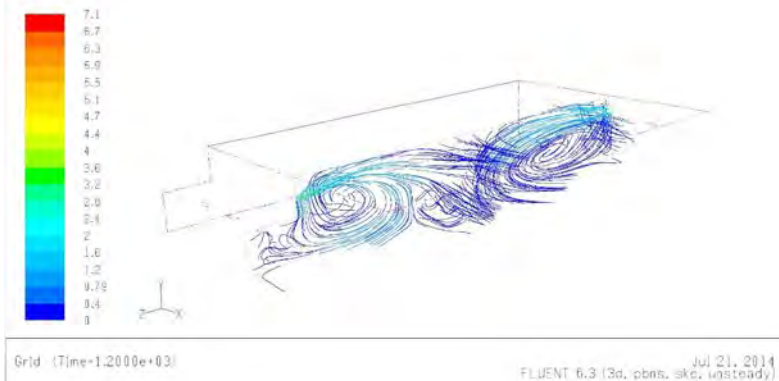


Lampiran 11.

Pathline temperatur variasi beban pendinginan siang untuk detik ke-1200

**Lampiran 12.**

Pathline kecepatan variasi beban pendinginan siang untuk detik ke-1200



halaman ini sengaja dikosongkan