



TUGAS AKHIR - TM091486

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

ERNI ZULFA ARINI
NRP. 2110 100 036

Dosen Pembimbing
Nur Ikhwan, ST., M.Eng.

PROGRAM SARJANA
LABORATORIUM MEKANIKA DAN MESIN-MESIN FLUIDA
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2014



FINAL PROJECT - TM091486

**NUMERICAL STUDY OF TEMPERATURE AND VELOCITY
AIR FLOW DISTRIBUTION IN THE ARRIVAL HALL OF
TERMINAL 2 JUANDA INTERNATIONAL AIRPORT
SURABAYA**

ERNI ZULFA ARINI
NRP. 2110 100 036

Academic Supervisor
Nur Ikhwan, ST., M.Eng.

BACHELOR PROGRAM
FLUID MECHANICS AND TURBOMACHINERY LABORATORY
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014

Studi Numerik Distribusi Temperatur dan Kecepatan Udara pada Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya

Nama Mahasiswa : Erni Zulfa Arini
NRP : 2110 100 036
Jurusan : Teknik Mesin FTI – ITS
Dosen Pembimbing : Nur Ikhwan, ST., M.Eng.

ABSTRAK

Pengondisian udara dalam suatu gedung bertujuan untuk memberikan kenyamanan bagi penghuninya. Dalam sistem pengondisian udara suatu ruangan dipengaruhi oleh banyak hal seperti jenis beserta jumlah benda dan tata letak benda serta jumlah penghuni yang terdapat didalamnya. Pengaruh tersebut dapat dilihat melalui distribusi temperatur dan kecepatan aliran yang terjadi didalam ruangan. Dalam Tugas Akhir ini, dianalisis bagaimana distribusi temperatur dan kecepatan udara pada Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode numerik dengan software FLUENT 6.3.26 dan pemodelan geometri dibuat menggunakan software GAMBIT 2.4.6. Dimana kondisi batas yang diberikan adalah inlet sebagai velocity inlet dan outlet sebagai outflow. Selanjutnya pemodelan yang dilakukan pada penelitian ini adalah tiga dimensi, aliran unsteady, dengan turbulence model yang digunakan standard $k-\epsilon$ yang disimulasikan berdasar dari desain PT. WASKITA yaitu pada Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya sebagai model uji.

Data yang didapat adalah besarnya distribusi kecepatan udara di dalam ruang kedatangan antara 0,4 s/d 0,8 m/s untuk variasi kasus pertama sedangkan untuk variasi kasus kedua antara 0,4 s/d 0,8 m/s. Distribusi temperatur udara di dalam

ruang kedatangan untuk kasus pertama adalah sebesar 23 °C s/d 24,5 °C , sedangkan untuk kasus kedua adalah sebesar 26 °C s/d 27,5°C.

Kata kunci: Beban Pendinginan, Distribusi Temperatur dan Kecepatan Udara, Perangkat Lunak FLUENT 6.3.26

***Numerical Study of Temperature and Velocity Air Flow
Distribution in the Arrival Hall of Terminal 2 Juanda
International Airport***

Name : Erni Zulfa Arini
NRP : 2110 100 036
Major : Mechanical Engineering
Supervisor : Nur Ikhwan, ST., M.Eng

ABSTRACT

Air conditioning in a building aims to provide comfort to the occupants. In the air conditioning system, a room is affected by many factors such as the type, the amount of objects, layout of object, and the number of occupants inside. The influence can be seen through the distribution of temperature and flow rate that occurred in the room. In this final project, it is analyzed how temperature and velocity air flow distribution in the Arrival Hall of Terminal 2 Juanda International Airport-Surabaya.

The research was conducted by using numerical methods with FLUENT 6.3.26 software and the geometry modeling which is created by using GAMBIT 2.4.6 software. Where the boundary conditions are given as the inlet which as the velocity inlet and outlet as the outflow. Further modeling conducted in this study is three-dimensional, unsteady flow, the turbulence model used k- ϵ standard were simulated based on the design by PT. Waskita which is in the Arrival Hall of Terminal 2 Juanda International Airport Surabaya as a test model.

The data obtained is the air velocity distribution at arrival hall between 0,4 m/s t to 0.8 m/s for the first variation, while for the the second variation between 0,4 m/s to 0,8 m/s. distribution of temperature at the arrival hall for the first case is 23⁰C to 24,5⁰C, while for the second case is 26⁰C s/d 27,5⁰C.

***Keywords: Distribution of Temperature and Velocity Air Flow,
FLUENT 6.3.26 software, Cooling Load***

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

TUGAS AKHIR

Diajukan 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 :

ERNI ZULFA ARINI

NRP. 2110 100 036

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Nur Ikhwan, ST, M.Eng (Pembimbing)
NIP. 196709151995121001
2. Ir. Kadarisman (Penguji I)
NIP. 194901091974121001
3. Ary Bachtiar K.P., ST., MT., Ph.D (Penguji II)
NIP. 196604021989031002

**SURABAYA
JULI, 2014**

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur setinggi-tingginya bagi Allah SWT, yang telah memberikan berkah dan kelancaran sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Studi Numerik Distribusi Temperatur dan Kecepatan Udara pada Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya”** dengan tepat waktu.

Pengerjaan Tugas Akhir ini merupakan suatu kesempatan yang sangat berharga bagi penulis, karena dengan pengerjaan Tugas Akhir ini penulis dapat memperdalam, meningkatkan, serta mengimplementasikan ilmu yang didapat selama penulis menempuh perkuliahan di jurusan Teknik Mesin ITS.

Terselesaikannya buka Tugas Akhir ini, tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT karena rahmat dan ridho-Nya yang tidak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak H. Nur Usman dan Ibu Hj. Siti Aminah yang selalu memberikan doa, kasih sayang, perhatian, dan dukungan baik secara moril maupun finansial.
3. Alm. Kakak tercinta yang selalu memberi perhatian, dukungan, dan kasih sayang sehingga penulis bisa sampai jenjang pendidikan S1 ini.
4. Bapak Nur Ikhwan, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing yang tak pernah lelah memberikan bimbingan, dukungan, nasehat, perhatian serta semangat selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. Bambang Pramujati, M.Sc., Ph.D. Selaku ketua jurusan Teknik Mesin ITS.
6. Bapak Ir. Kadarisman dan Bapak Ary Bachtiar K.P. S.T., M.T., Ph.D selaku dosen penguji, yang telah mencurahkan waktu dan perhatiannya kepada penulis.

7. Dari pihak Perusahaan Waskita yang telah banyak membantu penulis dalam pengumpulan data pada Tugas Akhir ini.
8. Ir. Sampurno, M.T. selaku dosen wali yang telah sabar dan membimbing penulis dalam menjalani kehidupan di kampus teknik mesin ITS.
9. Mas Dani CAE, Mas Yuli Labkom, dan segenap staff TU yang telah memberikan segala bantuan dan kemudahan selama penulis menjalani kuliah di Teknik Mesin ITS.
10. Fitri Setyowati selaku *partner* TA, Filipus selaku guru besar *meshing*, mas galang, mas bayu, mas gani selaku guru besar GAMBIT.
11. Sahabat kos putri koina spesial Maria, Lorra, Alvira. Terima kasih telah menemani penulis dalam suka maupun duka.
12. Untuk teman-teman seperjuangan Numerik di lab CAE, Nafi, mas Didin, mas Didik, mas Apung, mbak Sofia, mas Gundul, mas Moddy. (Suwun yo rek telah menjadi teman diskusi)
13. Terima kasih kepada teman-teman dekat, Evyta, Tyas, mbak Nava, Mumu, Isna, Nandez, Dwi Rusiani (kalian alarm hidup yang baik).
14. Untuk teman-teman seperjuangan lab Mekflu, Fina, Atik, Dea, Elsa, Cinthya, Kenan, Imam, Mas Kresna, Mas Susno, Mas Hanggar, Riska, Salma. (Suwun yo rek dukungan sama semangatnya).
15. Untuk teman-teman seperjuangan lab Pendingin, mas Boris, mas Asal, dan mas Didit.
16. Juga tidak lupa kepada semua pihak yang belum dapat disebutkan satu per satu di sini yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Sebagai manusia biasa, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan memiliki banyak kekurangan. Sehingga dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca.

Surabaya, Juli 2014
Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR SIMBOL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penulisan.....	3
1.5 Manfaat Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Definisi Pengkondisian Udara.....	5
2.2 Proses Pengkondisian Udara.....	6
2.3 Proses-proses pada Pengkondisian Udara.....	6
2.4 Beban Pendinginan.....	10
2.5 Perpindahan Panas.....	11
2.6 Metode Distribusi Udara di Ruangan.....	13
2.7 Letak Keluaran Udara.....	19
2.8 Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.....	20
2.9 Pengenalan FLUENT.....	21
2.10 Penelitian Terdahulu.....	28
BAB III METODOLOGI.....	35
3.1 Tahapan Penelitian.....	35
3.2 Tahap Pre-Processing.....	38
3.3 Processing.....	40
3.4 Post Processing.....	43
3.5 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	43

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 Analisa Hasil Simulasi Distribusi Temperatur dan Kecepatan pada Variasi Beban Pendinginan Siang pukul 13.30.....	49
4.2 Analisa Hasil Simulasi Distribusi Temperatur dan Kecepatan pada Variasi Beban Pendinginan Siang pukul 20.00.....	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	83
5.1Kesimpulan.....	83
5.2Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....	85
LAMPIRAN.....	87
RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Peralatan di Ruang Kedatangan.....	36
Tabel 3.2 <i>Properties</i> Fluida (Udara yang dimasukkan sebagai gas ideal).....	41
Tabel 4.1 Tabel nilai R pada dinding.....	46
Tabel 4.2 Tabel <i>heat gain</i>	47

Halaman ini sengaja dikosongkan

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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Ilustrasi beban pendinginan.....	5
Gambar 2.2	Model sistem pengkondisian udara sederhana.....	6
Gambar 2.3	Pemanasan dan pendinginan sensibel (<i>Wilbert F. Stocker, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, 1982</i>).....	7
Gambar 2.4	Pembasahan (<i>Wilbert F. Stocker, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, 1982</i>).....	8
Gambar 2.5	Pendinginan dan pengeringan (<i>Wilbert F. Stocker, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, 1982</i>).....	8
Gambar 2.6	Pengeringan kimia (<i>Wilbert F. Stocker, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, 1982</i>).....	9
Gambar 2.7	(a) Skema proses pencampuran, (b) proses pencampuran yang dipetakan pada grafik psikometrik (<i>Wilbert F. Stocker, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, 1982</i>).....	10
Gambar 2.8	Model sistem perhitungan beban pendinginan.....	10
Gambar 2.9	Karakteristik gerakan udara pada keluaran kelompok A (<i>ASHRAE Fundamentals Handbook, 1997</i>).....	14
Gambar 2.10	Karakteristik gerakan udara pada keluaran kelompok B (<i>ASHRAE Fundamentals Handbook, 1997</i>).....	15
Gambar 2.11	Karakteristik gerakan udara pada keluaran kelompok C (<i>ASHRAE Fundamentals Handbook, 1997</i>).....	16
Gambar 2.12	Karakteristik gerakan udara pada keluaran kelompok D (<i>ASHRAE Fundamentals Handbook, 1997</i>).....	17
Gambar 2.13	Karakteristik gerakan udara pada keluaran kelompok E (<i>ASHRAE Fundamentals Handbook, 1997</i>).....	18
Gambar 2.14	Letak keluaran di dinding atas (<i>Edward G.Pita</i>).....	19

Gambar 2.15 Letak keluaran di atap menghasilkan distribusi yang baik untuk pendinginan (<i>Edward G. Pita</i>).....	20
Gambar 2.16 Letak keluaran di lantai di bawah jendela menghasilkan distribusi yang baik untuk pemanasan (<i>Edward G. Pita</i>).....	20
Gambar 2.17 Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.....	21
Gambar 2.18 Struktur komponen-komponen FLUENT (<i>FLUENT documentation</i>).....	23
Gambar 2.19 Model ruang operasi (<i>Son H. Ho et.al, 2008</i>).....	29
Gambar 2.20 Distribusi kecepatan udara pada simulasi 3(YS = 0,5 m, YE = 1,5 m) (<i>Son H. Ho et.al, 2008</i>).....	31
Gambar 2.21 Distribusi temperatur udara pada simulasi 3 (YS = 0,5 m, YE = 1,5 m) (<i>Son H. Ho et.al, 2008</i>).....	31
Gambar 2.2 Distribusi temperatur udara pada simulasi 3 (YS = 0,5 m, YE = 1,5 m) (<i>Son H. Ho et.al, 2008</i>).....	32
Gambar 2.22 Bentuk skema pemodelan dan <i>boundary condition</i> pada <i>FLUENT</i>	33
Gambar 2.23 Hasil analisa distribusi temperatur dan kecepatan udara dalam ruangan pada kedua kasus tersebut	34
Gambar 3.1 <i>Layout</i> Ruang Kedatangan tampak atas.....	36
Gambar 3.2 Denah pemodelan Ruang Kedatangan secara keseluruhan.....	37
Gambar 3.3 Gambar geometri Ruang Kedatangan secara keseluruhan dari tampak atas.....	38
Gambar 3.4 Domain pemodelan numerik Ruang Kedatangan yang menjadi sampel pada <i>software GAMBIT</i>	39
Gambar 3.5 <i>Meshing</i> dengan pandangan <i>isometric</i>	39
Gambar 3.6 <i>Meshing</i> dengan pandangan Z.....	40
Gambar 3.7 <i>Meshing</i> dengan pandangan X.....	40

Gambar 3.8	<i>Flowchart</i> penelitian.....	44
Gambar 4.1	Gambar konstruksi pada dinding.....	46
Gambar 4.2	Gambar plot <i>iso surface</i> pada variasi beban pendinginan siang untuk detik ke-2000.....	50
Gambar 4.3	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan siang detik ke-200.....	52
Gambar 4.4	Vektor kecepatan (m/s) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan siang detik ke-200.....	52
Gambar 4.5	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan siang detik ke-200.....	53
Gambar 4.6	Vektor kecepatan (m/s) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan siang detik ke-200.....	54
Gambar 4.7	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-200.....	55
Gambar 4.8	Vektor kecepatan (m/s) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-200.....	55
Gambar 4.9	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600.....	57
Gambar 4.10	Vektor kecepatan (m/s) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600.....	57
Gambar 4.11	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600.....	58
Gambar 4.12	Vektor kecepatan (m/s) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600.....	59
Gambar 4.13	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600.....	60
Gambar 4.14	Vektor kecepatan (m/s) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600.....	60
Gambar 4.15	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-2000.....	62
Gambar 4.16	Kontur kecepatan (m/s) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-2000.....	62
Gambar 4.17	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-2000.....	63

Gambar 4.18	Vektor kecepatan (m/s) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-2000.....	64
Gambar 4.19	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-2000.....	65
Gambar 4.20	Vektor kecepatan (m/s) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-2000.....	65
Gambar 4.21	Gambar plot <i>iso surface</i> pada variasi beban pendinginan malam untuk detik ke-2000.....	66
Gambar 4.22	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-200.....	68
Gambar 4.23	Vektor kecepatan (m/s) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-200.....	68
Gambar 4.24	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-200.....	69
Gambar 4.25	Vektor kecepatan (m/s) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-200.....	70
Gambar 4.26	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-200.....	71
Gambar 4.27	Vektor kecepatan (m/s) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-200.....	71
Gambar 4.28	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600.....	73
Gambar 4.29	Vektor kecepatan (m/s) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600.....	73
Gambar 4.30	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600.....	75
Gambar 4.31	Vektor kecepatan (m/s) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600.....	75
Gambar 4.32	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600.....	76
Gambar 4.33	Vektor kecepatan (m/s) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600.....	77
Gambar 4.34	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-2000.....	78

Gambar 4.35	Vektor kecepatan (m/s) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-2000.....	79
Gambar 4.36	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-2000.....	80
Gambar 4.37	Kontur kecepatan (m/s) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-2000.....	80
Gambar 4.38	Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-2000.....	82
Gambar 4.39	Vektor kecepatan (m/s) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-2000.....	82

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengkondisian udara dalam suatu gedung bertujuan untuk memberikan kenyamanan bagi penghuninya. Setiap jenis gedung memiliki pengkondisian udara yang berbeda-beda sesuai dengan fungsi dan sarasannya. Misalnya saja pengkondisian udara pada suatu rumah sakit akan berbeda dengan pengkondisian udara pada suatu bandara. Secara umum bangunan bandara memiliki ruangan yang sangat luas dan tinggi, jarang sekali ditemukan sekat tembok didalamnya misalnya saja 3 ruangan utama yang ada di bandara antara lain ruang keberangkatan, ruang kedatangan, dan ruang tunggu. Ketiga ruangan ini mempunyai jumlah penghuni paling banyak dan masing-masing penghuni mengeluarkan kalor yang nilainya berbeda-beda sesuai dengan ukuran tubuh masing-masing. Selain itu juga terdapat benda-benda elektronik dan lampu untuk penerangan yang mengeluarkan sejumlah kalor yang berbeda-beda pula. Oleh karena itu, agar terbentuk kondisi yang nyaman didalamnya maka perlu diberi sistem pengkondisian udara.

Dalam sistem pengkondisian udara suatu ruangan dipengaruhi oleh banyak hal seperti tata letak benda yang ada didalamnya terutama benda-benda elektronik dan jumlah penghuni yang ada didalamnya yang mengeluarkan sejumlah kalor. Pengaruh tersebut dapat dilihat melalui distribusi temperatur diruangan tersebut dan arah kecepatan aliran yang terjadi didalamnya. Pemasangan peralatan-peralatan penunjang di bandara terutama di ruang kedatangan baik domestik maupun internasional yang dibahas dalam Tugas Akhir ini cukup banyak yang mengeluarkan kalor, hal ini menunjukkan energi kalor yang dimiliki oleh benda-benda tersebut cukup dominan (*ASHRAE Fundamental Handbook, 1997*).

Dengan menggunakan metode numerik sangat membantu dalam penyimulasian udara terhadap sistem pengkondisian udara

seperti mengetahui kondisi distribusi temperatur dan kecepatan aliran udara yang ada pada Ruang Kedatangan Bandar Udara Terminal 2 Juanda Surabaya ini. Metode numerik merupakan suatu metode penyelesaian terhadap permasalahan tentang distribusi temperatur yang berkaitan dengan pembagian daerah yang akan dianalisis menjadi sub daerah kecil. Jumlah elemen kecil yang dipilih sangat berpengaruh besar dalam penentuan tingkat keakurasian pada hasil simulasinya. Pada penulisan Tugas Akhir ini, akan digunakan FLUENT 6.3.26 untuk melakukan simulasi distribusi temperatur dan kecepatan aliran udara di Ruang Kedatangan Bandar Udara Terminal 2 Juanda Surabaya.

1.2 Perumusan Masalah

Pengkondisian udara pada suatu ruangan dipengaruhi oleh beberapa aspek antara lain tata letak benda-benda yang ada didalamnya, jumlah penghuni didalamnya, lampu untuk penerangan dan lain-lain. Untuk benda-benda tertentu ada yang mengeluarkan kalor dengan sejumlah nilai kalor tertentu, ada juga yang tidak mengeluarkan kalor. Pengaruh tersebut dapat dilihat dari hasil yang ditunjukkan berupa distribusi temperatur dan kecepatan udara pada ruangan tersebut apalagi untuk ruangan besar seperti Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Juanda Surabaya ini. Oleh karena itu, perlu dilakukan simulasi pengkondisian udara agar dapat diketahui bagaimana distribusi temperatur dan kecepatan udara yang terjadi didalamnya dan setelah itu dilakukan analisa terhadap profil-profil yang dihasilkan oleh simulasi yang menggunakan FLUENT 6.3.26 agar tujuan untuk menciptakan kenyamanan dapat terpenuhi. Dalam penulisan Tugas Akhir ini diambil 2 sampel waktu yang berbeda dalam proses simulasinya.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk mempersempit cakupan dari pembahasan laporan ini, berikut beberapa batasan yang digunakan :

1. Analisa tiga dimensi yang digunakan untuk simulasi adalah *software* “*Computational Fluid Dynamics FLUENT 6.3.26*”.
2. Parameter yang diamati adalah temperatur dan kecepatan udara.
3. Analisa yang dilakukan hanya pada Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Juanda Surabaya dengan diambil sampel dengan ukuran 12356 mm x 49084 mm x 5100 mm.
4. Standar suhu dan kelembaban udara ruang kedatangan mengacu pada standar ASHRAE.
5. Nilai kalor yang dikeluarkan dari masing-masing komponen di ruang kedatangan tidak diukur secara langsung tetapi mengacu pada data dari literatur.
6. Dilakukan simplifikasi terhadap benda-benda yang memiliki bentuk kompleks dalam proses pembuatan geometrinya.
7. Untuk massa per individual penghuni ruangan diambil rata-rata 60 kg.
8. Simulasi dilakukan pada keadaan *unsteady* dan *incompressible flow*.
9. *Velocity* dari masing-masing *jet diffuser* adalah sebesar 7,84 m/s.
10. Menggunakan model turbulen *k – ε standard, boundary condition* untuk *inlet* adalah *velocity inlet* dan *outlet* adalah *outflow*.
11. Dilakukan simulasi terhadap 2 waktu yang berbeda.
12. Fluida yang digunakan adalah udara sebagai gas ideal.

1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan penyusunan dan penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah untuk menganalisis pengkondisian udara terutama distribusi temperatur dan kecepatan udara yang terjadi di dalam Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Juanda Surabaya

dengan menggunakan simulasi “*Computational Fluid Dynamics FLUENT 6.3.26*” melalui profil-profil yang dihasilkan pada 2 waktu yang berbeda yaitu siang hari dan malam hari dengan beban pendinginan yang berbeda pula.

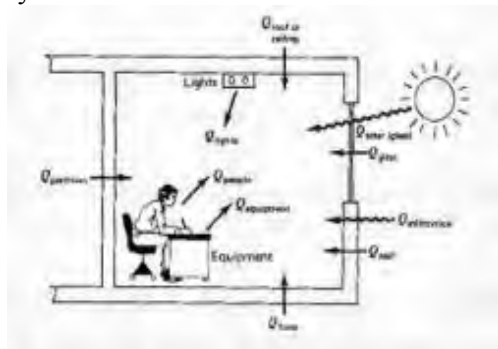
1.5 Manfaat Penulisan

Dalam tugas akhir ini, diharapkan akan menambah wawasan dan pengetahuan mahasiswa secara umum dan penulis khususnya dalam mensimulasikan ruangan dengan menggunakan *software FLUENT*. Selain itu tugas akhir ini juga dapat menjadi literatur bagi mahasiswa lain dalam penyusunan karya ilmiah maupun jurnal. Tugas Akhir ini juga bisa menjadi referensi untuk simulasi ruangan selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Pengkondisian Udara

Pengkondisian udara adalah suatu proses perubahan kondisi udara lingkungan ke kondisi yang direncanakan sehingga diperoleh temperatur, kelembaban dan kebersihan udara yang diinginkan. Untuk negara tertentu persyaratan sifat-sifat udara diatas ditentukan oleh undang-undang sesuai dengan aplikasi dari ruangan misalnya untuk ruangan pertemuan, untuk rumah sakit dan sebagainya.



Gambar 2.1 Ilustrasi beban-beban pendinginan

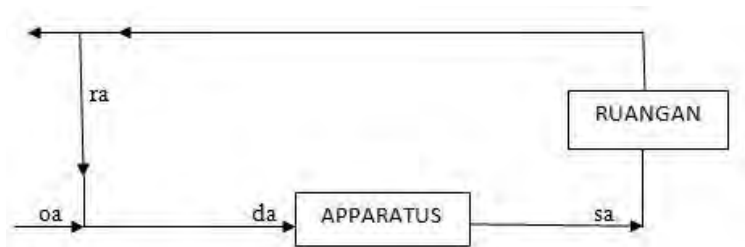
Sistem pengkondisian udara pada umumnya terbagi menjadi dua golongan utama yaitu :

1. Pengkondisian udara untuk kenyamanan.
Pengkondisian udara untuk kenyamanan adalah pengkondisian udara ruangan yang bertujuan untuk memberikan kenyamanan bagi penghuni yang melakukan aktivitas didalamnya.
2. Pengkondisian udara untuk industri.
Pengkondisian udara untuk industri adalah pengkondisian udara yang diperlukan untuk pemrosesan bahan, peralatan produksi, atau barang-barang yang ada dalam ruangan tersebut.

Untuk melaksanakan fungsi diatas peralatan harus diinstalasikan dan dikontrol sepanjang tahun. Kapasitas dari peralatan pengkondisian udara dihitung pada beban pendinginan maksimum aktual sesaat, dengan dikontrol pada kondisi tertentu saat terjadinya beban puncak atau pada saat beban parsial.

2.2 Proses Pengkondisian Udara

Proses pengkondisian udara secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.2 Model sistem pengkondisian udara sederhana

Udara luar sebanyak $(cfm)_{oa}$ dicampurkan dengan udara *return* dari ruangan sebanyak $(cfm)_{ra}$ dan memasuki *apparatus* sebanyak $(cfm)_{da}$ yang merupakan jumlah dari $(cfm)_{oa}$ dan $(cfm)_{ra}$, udara mengalami pemrosesan di *apparatus* kemudian disuplai ke ruangan sebanyak $(cfm)_{sa}$, dimana dalam sistem ini $(cfm)_{sa}$ sama dengan $(cfm)_{da}$.

Udara dari ruangan sebagian dikeluarkan dan sebagian lagi dikembalikan untuk dicampurkan dengan udara segar, begitulah seterusnya siklus berlangsung.

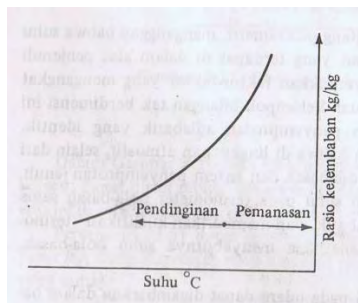
2.3 Proses-proses pada Pengkondisian Udara

Proses-proses yang terjadi pada udara dapat digambarkan dalam bagan psikometrik guna penjelasan lebih tepat dan lebih spesifiknya adalah kenyataan bahwa bagan tersebut dapat

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 (1) pemanasan atau pendinginan sensibel, (2) pelembaban adiabatik dan non adiabatik, (3) pendinginan dan pengurangan kelembaban (pengeringan), (4) pengurangan kelembaban kimiawi dan (5) campuran.

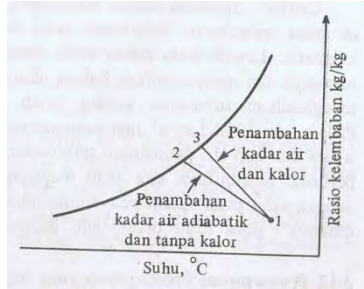
Beberapa proses dasar pada pengkondisian udara adalah :

- a. Pemanasan atau pendinginan sensibel adalah suatu proses dimana laju perpindahan panas yang hanya disebabkan oleh perubahan temperatur bila kering udara. Gambar 2.3 menunjukkan suatu perubahan temperatur kering tanpa perubahan pada rasio kelembaban.



Gambar 2.3 Pemanasan dan pendinginan sensibel (*Wilbert F. Stocker, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, 1982*)

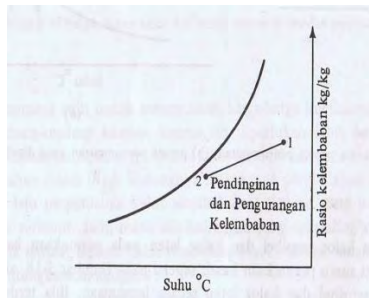
- b. Pelembaban dapat bersifat adiabatik seperti pada proses 1-2 atau dengan penambahan kalor seperti proses 1-3, sesuai dengan gambar berikut :



Gambar 2.4 Pembasahan (*Wilbert F. Stoker, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, 1982*)

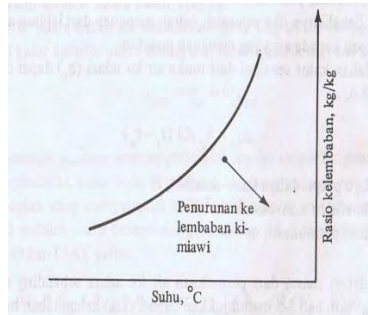
- c. Pendinginan dan pengurangan kelembaban (pengeringan), menghasilkan penurunan temperatur dan rasio kelembaban, seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini. Proses tersebut terjadi pada koil pendingin atau alat penurunan kelembaban. Kapasitas refrigerasi selama proses pendinginan dan penurunan kelembaban adalah :

Kapasitas refrigerasi = $\dot{m} (h_1 - h_2)$(2.1)
 (*Wilbert F. Stoker, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, 1982*)



Gambar 2.5 Pendinginan dan pengeringan (*Wilbert F. Stoker, 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 kelembabannya turun, maka temperatur udara harus naik.



Gambar 2.6 Pengeringan kimia (*Wilbert F. Stocker, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, 1982*)

- e. Campuran dua aliran udara adalah proses yang umum didalam pengkondisian udara gambar 2.7(a) menunjukkan pencampuran antara m_1 kg/dt udara dari keadaan 1 dengan m_2 kg/dt udara dari keadaan 2. Hasilnya adalah kondisi 3, terlihat pada grafik psikometrik dalam gambar 2.7(b). Persamaan dasar untuk proses pencampuran ini adalah persamaan kesetimbangan energi dan kesetimbangan massa. Persamaan kesetimbangan energi tersebut adalah :

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

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

Dan persamaan kesetimbangan massa air adalah :

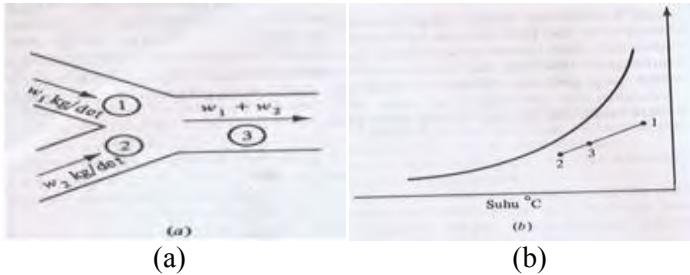
$$\dot{m}_1 W_1 + \dot{m}_2 W_2 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) W_3 \dots\dots\dots(2.3)$$

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

Dimana :

W = rasio kelembaban absolut, kg/kg

h = entalpi, kJ/kg

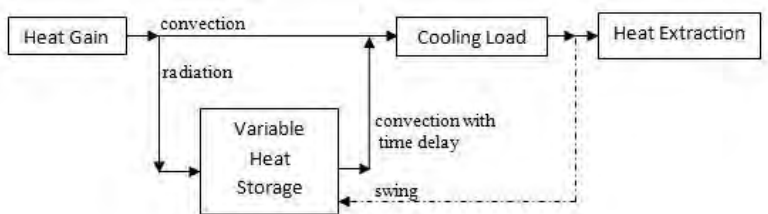


Gambar 2.7 (a) Skema proses pencampuran, (b) proses pencampuran yang dipetakan pada grafik psikometrik (Wilbert F.Stocker, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*,1982)

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

2.4 Beban Pendinginan

Perhitungan beban pendinginan bertujuan untuk mendapatkan besarnya kapasitas peralatan pengkondisian udara yang akan diinstalasikan. Untuk mencapai kondisi ruangan agar sesuai dengan perencanaan maka harus ada sejumlah panas yang dikeluarkan dari ruangan tersebut.



Gambar 2.8 Model sistem perhitungan beban pendinginan

Dari model sistem diatas dapat dikatakan 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 didalam ruangan yang akan dikondisikan. Beban panas ini terdiri dari pancaran radiasi sinar matahari, lampu, orang, perpindahan panas secara konduksi melalui dinding, partisi, atap, kaca, ditambah adanya infiltrasi dan ventilasi serta peralatan yang menghasilkan panas.

Cooling load adalah banyaknya panas yang harus dikeluarkan dari ruangan untuk mempertahankan kondisi udara ruangan pada 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, 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 tadi ditambah faktor keamanan dan *losses*.

2.5 Perpindahan Panas

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

2.5.1 Konduksi

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

$$q_{cond} = -k \frac{dT}{dx} \dots \dots \dots (2.4)$$

(Wilbert F. Stoker, *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.

2.5.2 Konveksi

Konveksi merupakan bentuk perpindahan panas yang disertai perpindahan materi. Umumnya terjadi pada zat cair dan gas. Secara matematis besarnya perpindahan panas konveksi dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$q_{conv} = hc (T_s - T_f) \dots \dots \dots (2.5)$$

(Wilbert F. Stoker, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, 1982)

Dimana :

- q'' = *heat flux*, W/m²
 h_c = koefisien konveksi, W/m²K
 T_s = temperatur permukaan, K
 T_f = temperatur fluida, K

2.5.3 Radiasi

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

$$q_{rad} = (T_s^4 - T_{sur}^4) \dots \dots \dots (2.6)$$

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

Dimana :

- q = *heat flux*, W/m²
 T_s = Temperature surface, K
 T_{sur} = Temperature lingkungan, K
 = konstanta Boltzman, $5,67 \times 10^{-8}$ W/m²K⁴
 = emisivitas bahan

h_r = koefisien perpindahan panas secara radiasi, W/m²K

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

2.6 Metode Distribusi Udara di Ruangan

Berdasarkan ASHRAE *Fundamentals Handbook 1997 chapter 31 "SPACE AIR DIFFUSION* sistem distribusi di ruangan terdiri atas 3 hal yaitu, sistem campuran, sistem perpindahan, dan sistem setempat. Berikut merupakan penjelasan dari setiap sistem tersebut.

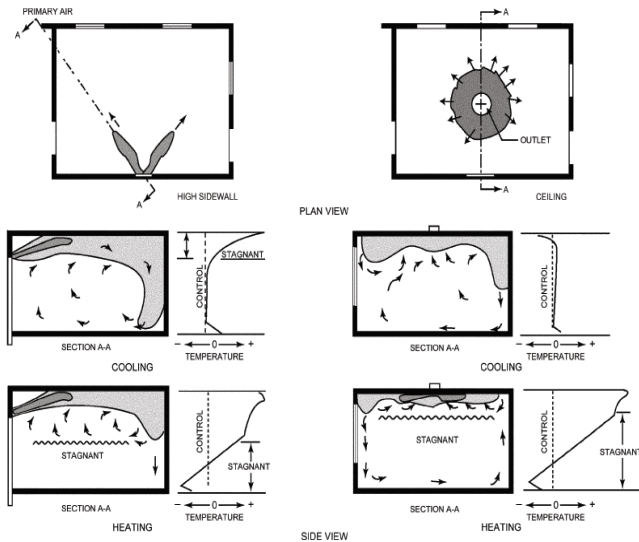
2.6.1 Sistem Campuran

Udara terkondisi biasanya dialirkan dengan sistem keluaran dengan kecepatan lebih tinggi dibandingkan kecepatan sirkulasi udara ruangan yang dikondisikan. Temperatur udara terkondisi mungkin lebih tinggi atau lebih rendah atau sama dengan temperatur ruang yang dikondisikan, tergantung beban ruangan semburan udara dari *diffuser* tercampur 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 kinerja dibagi atas lima kelompok :

1. Kelompok A

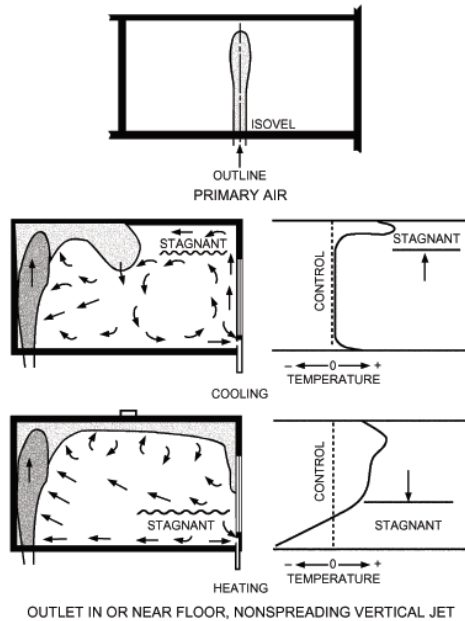
Keluaran dipasang pada langit-langit atau dekat langit-langit yang mengalirkan udara secara mendatar. Berikut ini adalah gambar kelompok A.



Gambar 2.9 Karakteristik gerakan udara pada keluaran kelompok A (*ASHRAE Fundamentals Handbook, 1997*)

2. Kelompok B

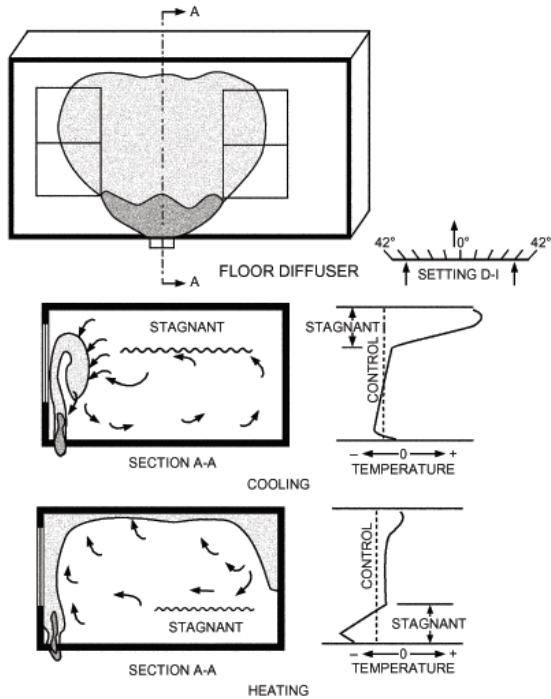
Keluaran dipasang pada lantai atau dekat lantai yang mengalirkan udara secara tegak dengan semburan yang tidak menyebar. Berikut ini adalah gambar kelompok B.



Gambar 2.10 Karakteristik gerakan udara pada keluaran kelompok B (*ASHRAE Fundamentals Handbook, 1997*)

3. Kelompok C

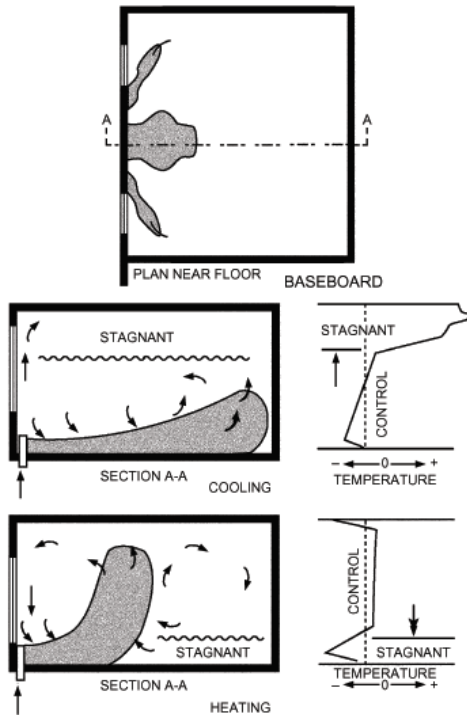
Keluaran dipasang pada lantai atau dekat-dekat dengan lantai yang mengalirkan udara secara tegak dengan semburan yang menyebar. Berikut ini adalah gambar kelompok C.



Gambar 2.11 Karakteristik gerakan udara pada keluaran kelompok C (*ASHRAE Fundamentals Handbook, 1997*)

4. Kelompok D

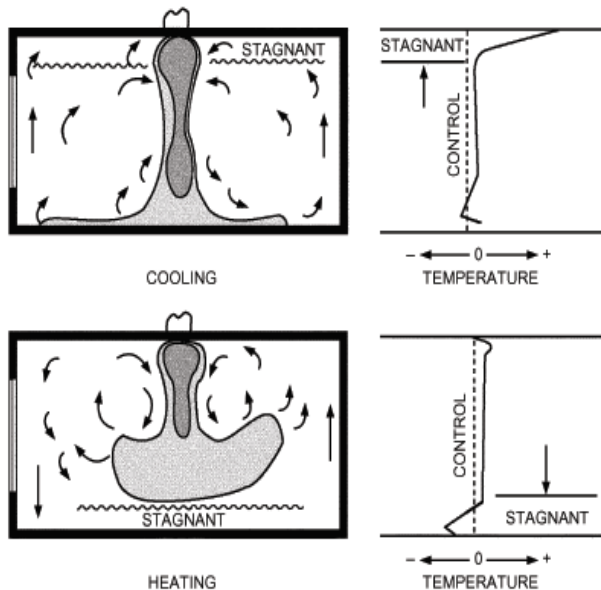
Keluaran dipasang pada lantai atau dekat lantai yang mengalirkan udara secara mendatar. Berikut ini adalah gambar kelompok D.



Gambar 2.12 Karakteristik gerakan udara pada keluaran kelompok D (*ASHRAE Fundamentals Handbook, 1997*)

5. Kelompok E

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



Gambar 2.13 Karakteristik gerakan udara pada keluaran kelompok E (*ASHRAE Fundamentals Handbook, 1997*)

2.6.2 Sistem Perpindahan

Udara terkondisi dengan temperatur sedikit dibawah temperatur udara ruangan yang dikondisikan dialirkan dari keluaran udara dengan kecepatan rendah. Keluaran ditempatkan pada lantai atau dekat dengan lantai dan udara masukan dialirkan langsung ke daerah yang dikondisikan. RAG (*Rectangular Air Grille*) udara ditempatkan dekat langit-langit atau pada langit-langit dimana udara panas ruangan dikeluarkan. Udara masukan disebarakan ke arah *horizontal* kemudian membentur dinding dan mengakibatkan udara tersebut berbelok arah ke arah bawah (lantai) dan selanjutnya ke atas lagi ke arah RAG karena mengalami perpindahan panas dengan sumber-sumber panas pada daerah yang dikondisikan (misalnya : manusia, elektronik). Hal ini menyebabkan aliran konveksi ke atas dalam bentuk *convective*

plume yang mengeluarkan kalor dan kontaminan yang mempunyai berat jenis lebih kecil dari udara di ruang yang dikondisikan.

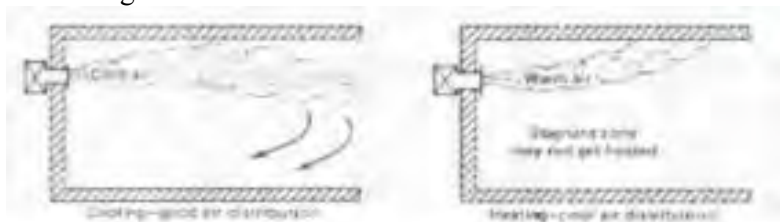
2.6.3 Sistem Setempat

Udara dialirkan secara setempat pada daerah yang dikondisikan, seperti pada bangku kantor, tempat duduk di gedung-gedung pertunjukkan dan gedung-gedung bioskop, atau tempat-tempat kerja pada gedung industri.

2.7 Letak Keluaran Udara

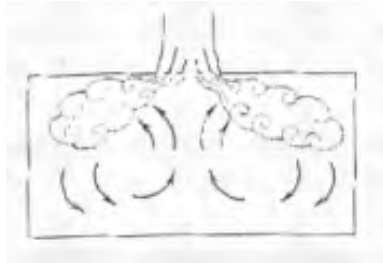
Letak tempat dari alat pendistribusi udara di dalam ruangan adalah hal yang perlu diperhatikan dalam mendapatkan distribusi udara yang baik. Berikut ini adalah macam-macam letak saluran alat distribusi udara :

- a. Dinding atas (gambar 2.14), letak ini baik untuk pendinginan karena udara dingin akan turun secara natural tetapi letak ini tidak baik untuk pemanasan karena udara hangat akan naik.



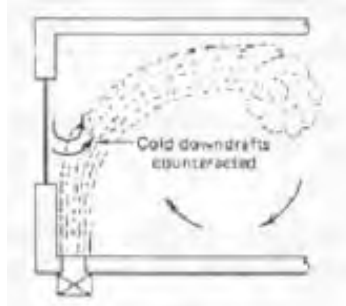
Gambar 2.14 Letak keluaran di dinding atas (*Edward G.Pita*)

- b. Atap (gambar 2.15), letak ini sangat baik untuk pendinginan karena udara dingin akan turun secara natural tetapi sangat tidak cocok untuk pemanasan.



Gambar 2.15 Letak keluaran di atap menghasilkan distribusi yang baik untuk pendinginan (*Edward G. Pita*)

- c. Dinding bawah, letak ini baik untuk pemanasan karena udara hangat akan naik secara natural.
- d. Lantai (gambar 2.16), letak ini sangat baik untuk pemanasan karena udara hangat akan naik secara natural.



Gambar 2.16 Letak keluaran di lantai di bawah jendela menghasilkan distribusi yang baik untuk pemanasan (*Edward G. Pita*)

2.8 Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya

Pada ruang kedatangan kondisi temperatur dijaga 22°C dengan toleransi $\pm 2^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban relatif (RH) dijaga 55% dengan toleransi $\pm 10\%$. Ruang kedatangan ini mempunyai dimensi yaitu 63593 mm x 49084 mm x 5200 mm, didalamnya

terdapat 48 *diffuser*, 48 RAG, 4 konveyor untuk barang-barang dari penumpang yang menggunakan bagasi, lampu untuk penerangan, sejumlah LED dan X-ray *rail* yang berupa *main case* dan *detector*. Menurut RKS ME tentang spesifikasi teknis pekerjaan mekanikal dan elektrik, untuk ruang kedatangan sendiri mempunyai kapasitas FCU sebesar 200000 *btu/hour* dengan *air flow* sebesar 6400 *cfm*. Untuk 1 FCU pada ruangan ini dihubungkan dengan 4 *ducting* yang menghubungkan FCU dengan *diffuser* sehingga untuk 1 *diffuser* sendiri memiliki debit sebesar 1600 *cfm*. Gambar dibawah ini adalah gambar dari ruang kedatangan yang akan disimulasikan.



Gambar 2.17 Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya

2.9 Pengenalan FLUENT

2.9.1 Pengertian Umum FLUENT

FLUENT adalah langkah dari suatu program komputer untuk pemodelan aliran 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 kompleks 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).
- Visualisasi yang mudah dimengerti.

FLUENT dioperasikan dengan cepat menggunakan ilmu dari CFD dan mengembangkan keefektifan dari model komputer sebagai rancangan 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 :

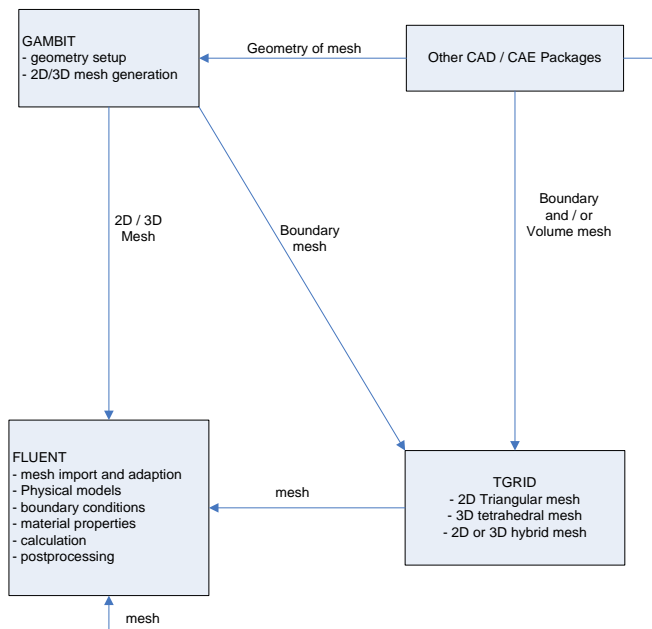
- Aerodinamika dari *air craft* dan kendaraan.
- Hidrodinamika dari kapal.
- *Powerplant* dan gas *turbines*.
- Mesin turbo, aliran dalam rotasi.
- Listrik dan teknik elektronika.
- Proses kimia.
- Lingkungan luar dan dalam dari gedung.
- Teknik Perkapalan.
- Teknik Lingkungan, distribusi dari pencemaran.
- *Hydrology* dan *oceanography*.
- *Meteorology*.
- Teknik Biomedikal.

2.9.2 Struktur Program

Dalam satu paket program FLUENT terdapat beberapa produk, yaitu :

- a. FLUENT sebagai pemecahan masalah.
- b. Gambit digunakan untuk pemodelan dan *meshing*.
- c. TGrid, suatu penambahan pemodelan untuk menghasilkan volume *mesh* dari luaran batas *mesh*.

- d. Penyaringan untuk mengimport *mesh* permukaan atau volume *mesh* dari program CAD/CAE yang meliputi ANSYS, CGNS, I – DEAS, NASTRAN, PATRAN, dll. Geometri dan *mesh* dapat dibuat menggunakan GAMBIT. Selain itu, dapat juga menggunakan *Tgrid* untuk membuat *mesh* volume *triangular*, *tetrahedral*, atau *hybrid* dari *mesh* bidang yang sudah ada. Struktur komponen tersebut dapat dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.18 Struktur komponen-komponen FLUENT
(FLUENT documentation)

2.9.3 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* atau *hypersonic*).
- e. Aliran *newtonian* dan *non newtonian*.
- f. Aliran *inviscid laminar* dan *turbulent*.
- g. Perpindahan panas yang meliputi gaya, natural dan konveksi campuran dan perpindahan panas konjugasi dan radiasi.
- h. Macam-macam campuran dan reaksi kimia yang meliputi *homogeneous* dan *heterogeneous*.
- i. Permukaan bebas dan model multifase untuk aliran - *gas-liquid*, *gas-solid* dan *liquid-solid*.
- j. Pemodelan fenomena kavitasi.
- k. Dan sebagainya.

2.9.4 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 dari pada 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).

2.9.5 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 multifase, 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 (*energy equation*)

Bila 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 viskos terdapat beberapa pilihan :

- *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 dalam aliran laminar atau turbulen dengan menghitung bilangan Reynold 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 *adverse pressure gradient*. Bentuk dasar model *spalart-allmaras* hanya efektif pada model dengan bilangan Reynolds yang kecil. Model ini dapat digunakan untuk simulasi yang relatif kasar dengan ukuran *mesh* yang besar, dimana perhitungan aliran turbulen yang akurat bukan merupakan hal yang kritis.

2. Model $k - \epsilon$ ($k - \epsilon$)

➤ *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 $k - \epsilon$ model yang lainnya. Model tidak cocok untuk aliran kompleks yang meliputi *strong stream curvature* dan *separation*.

➤ *Renormalization group (RNG)*

Variasi pemodelan dari standart $k - \epsilon$ model. Model ini sangat signifikan untuk mengubah dalam persamaan sehingga dapat memperbaiki untuk model yang mempunyai *highly strained flows*. Dalam model ini juga dapat digunakan untuk aliran yang mempunyai Re yang rendah dan untuk memprediksi aliran yang mempunyai efek *swirling*.

➤ *Realizable*

Variasi pemodelan dari standart $k - \omega$ 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 $k - \omega$

➤ *Standart*

Pemodelan yang menggunakan dua persamaan transport model untuk memecahkan k dan ω . Pemodelan ini juga dapat digunakan untuk aliran yang memiliki Re

yang rendah. Selain itu 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* (SST)

Variasi dari pemodelan standart $k - \omega$ mengkombinasikan pemodelan asli Wilcox model (1988) untuk menggunakan *near wall treatment* dan standart $k - \omega$ model.

4. Model *Reynolds Stress* (RSM)

Merupakan model turbulensi yang paling teliti pada fluent. Model RSM 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.

5. Model *Large Eddy Simulation* (LES)

Secara konsep, LES berada diantara 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 yang dimodelkan. Dengan cara seperti itu, 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.

d. Model *Species transport* dan reaksi

FLUENT menyediakan beberapa model untuk *species transport* dan reaksi kimia. FLUENT dapat memodelkan *species transport* dengan atau tanpa reaksi kimia. Reaksi kimia yang dapat dimodelkan pada FLUENT antara lain :

- Reaksi gas yang melibatkan NO_x dan pembentukan polutan yang lain.
- Reaksi permukaan, misalnya endapan uap bahan kimia.

- Reaksi pada permukaan partikel, misalnya pembakaran partikel batubara.
- e. Model fase diskrit (*discrete phase*)
- f. Model pembekuan dan peleburan (*solidification and melting*)
FLUENT dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah yang melibatkan pembekuan dan peleburan yang terjadi pada suatu temperatur tertentu (misalnya pada logam murni) atau pada selang temperatur tertentu (misalnya pada logam campuran biner).
- g. Model akustik.

2.10 Penelitian Terdahulu

2.10.1 Penelitian Distribusi Temperatur dan Kecepatan Udara di Ruang Bedah oleh Son H. Ho dan Muhammad M. Rahman

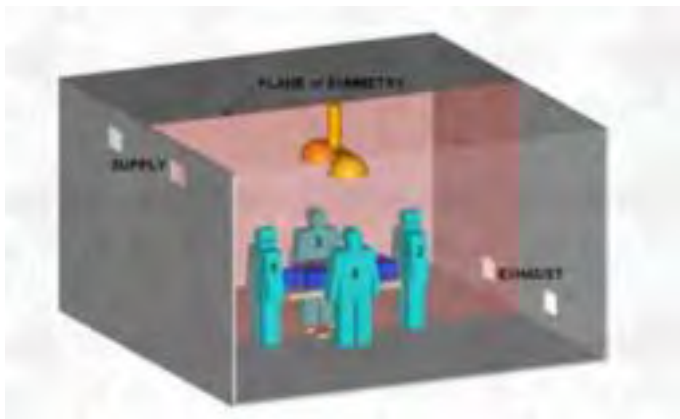
Pada tahun 2008, *Son H. Ho, Luis Rosario* dan *Muhammad M. Rahman* dari *Department of Mechanical Engineering, university of South Florida* melakukan penelitian dengan menggunakan pemodelan CFD yang bertujuan untuk mempelajari kenyamanan termal dan persebaran kontaminan dalam ruang operasi rumah sakit.

Dimensi ruang operasi 6,1 m x 4,3 m x 3,0 m (20 ft x 14 ft x 10 ft). Semua sisi *supply* dan pembuangan memiliki ukuran yang sama sebesar 0,61 m x 0,36 m (24 in x 14 in). Pemodelan bidang adalah simetri untuk geometri ruangan (dan subjek didalam ruangan) serta kondisi fisik yang berlaku dan kondisi batas. Karena simetri, hanya setengah ruangan yang dimodelkan sebagai kotak 3 dimensi (6,1 m x 2,15 m x 3,0 m) yang memiliki 6 daerah batas yaitu bidang simetri, lantai, langit-langit dan 3 dinding (kiri kanan dan dinding samping). Pada sistem koordinat X -Y -Z berhimpit pada model dengan letak asal di pojok kiri bawah pada bidang simetri. Pasien berbaring dalam setengah dimodelkan sebagai kotak persegi panjang horizontal (1,7 m x 0,25 m x 0,3 m) di tengah-tengah ruangan. Anggota staff bedah dimodelkan oleh kotak persegi panjang vertikal yang berdiri di

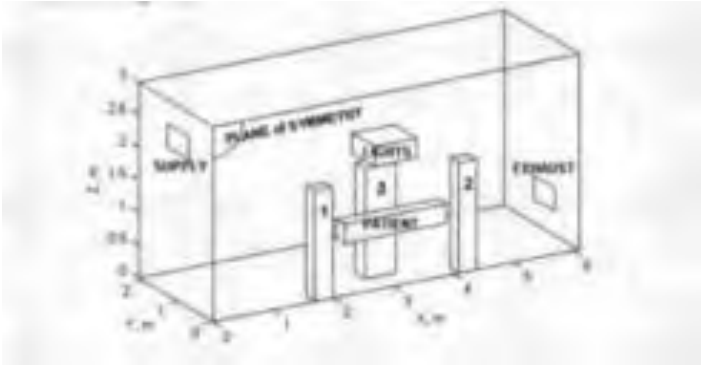
kedua ujung (anggota staff satu dan dua, keduanya dalam setengah, $0,3 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 1,7 \text{ m}$) dan disisi pasien (anggota staff 3, secara penuh, $0,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 1,7 \text{ m}$). Lampu bedah juga dimodelkan sebagai kotak persegi panjang ($0,7 \text{ m} \times 0,65 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$) di atas pasien, yang permukaan (menghadap pasien) didefinisikan sebagai permukaan lampu (*lamp face*).

Sisi *supply* terletak di posisi atas pada dinding kiri. Ditunjukkan oleh pusat koordinat YS (dari bidang simetri) dan ZS = 2,45 m (dari lantai). Sisi *exhaust* ditempatkan di posisi bawah dinding kanan. Pusatnya ditunjukkan oleh koordinat YE (dari bidang simetri) dan ZE = 0,55 m (dari lantai). Efek dari lokasi horizontal *supply* dan *exhaust* (YS dan YE) dipelajari dengan menjalankan simulasi dengan berbagai kombinasi dari koordinat.

Sifat fluida konstan diambil pada suhu referensi dari $T_{\text{ref}} = 20^\circ \text{ C} = 293,15 \text{ K}$ adalah sebagai berikut : $q = 1,2 \text{ kg/m}^3$, $\mu = 1,8 \times 10^{-5} \text{ kg/ms}$, $c_p = 1004 \text{ joule/Kkg}$, $k = 0,026 \text{ W/mK}$, $\beta = 0,0034 \text{ K}^{-1}$, $D_{W/A} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, $D_{C/A} = 1,2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.



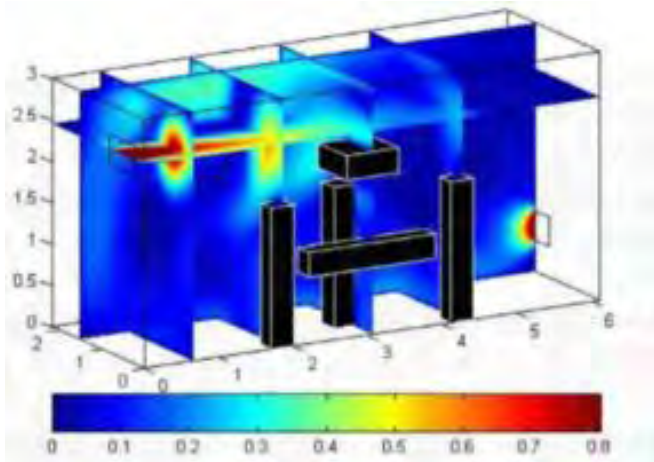
a. *Basic Arrangement*



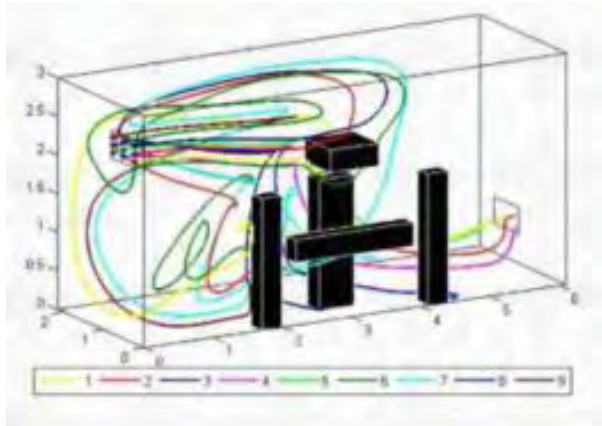
b. *Computational Model (half-room)*

Gambar 2.19 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 $Y_S = 0,5$ m dengan temperatur antara $22,3 - 22,4^{\circ}\text{C}$ (disemua kolom OA, BZ dan E).



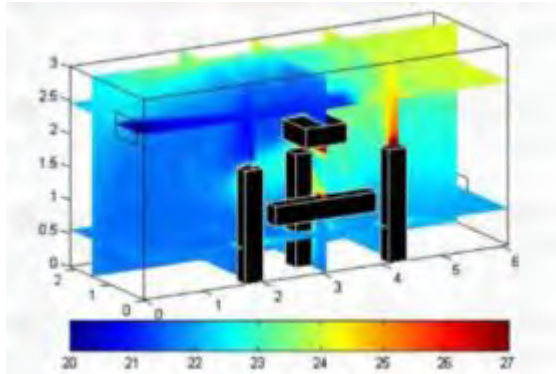
a. *Speed, m/s*



b. *Streamlines*

Gambar 2.20 Distribusi kecepatan udara pada simulasi 3 (YS = 0,5 m, YE = 1,5 m) (Son H. Ho et.al, 2008)

Hasil dari simulasi tersebut adalah aliran udara dingin masuk ruangan pada kecepatan penuh (1 m/s) melalui bukaan *supply* terletak di posisi atas pada dinding kiri. Rata-rata variasi kecepatan udara dalam kisaran 0,10-0,14 m/s . Pada gambar 2.21, kecepatan udara dan *streamline* menunjukkan bahwa aliran udara *supply* bergerak secara horizontal tanpa jatuh atau turun ke bawah. Hal ini terjadi karena panas yang dilepaskan dari 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 2.21 Distribusi temperatur udara pada simulasi 3 (YS = 0,5 m, YE = 1,5 m) (Son H. Ho et.al, 2008)

Distribusi temperatur simulasi dapat dilihat pada gambar 2.22. Karena pencampuran aliran udara yang baik, daerah di sisi *supply* memiliki temperatur yang rendah (kurang dari 22⁰C). Pada bagian bawah dari ruangan yang menuju ke arah sisi *exhaust* juga memiliki temperatur yang relatif rendah karena pengaruh dari arus keluaran. Sejumlah kecil daerah dengan temperatur tinggi.

2.10.2 CFD Analysis of Air Flow Characteristics in Office Room with Task Air Conditioning and Natural Ventilation oleh Ensu Lim, 2007

Pada tahun 2007, penelitian yang dilakukan oleh Ensu Lim ini berjudul “*CFD Analysis of Air Flow Characteristics in Office Room with Task Air Conditioning and Natural Ventilation*”. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh pembukaan ventilasi alami di ruang kerja dengan model sistem pengkondisian udara *Task Air Conditioning (TAC)*. Pada kasus ini terdapat 2 variasi yang akan dimodelkan. Pemodelan pertama, ventilasi alami ini terletak pada plafon ruangan. Pada pemodelan kedua, ventilasi alami ini terletak dibawah jendela ruangan. Ruangan yang akan disimulasikan merupakan ruang kerja yang terletak di perkantoran kota Osaka,

Jepang. Dimana ruangan ini juga terletak di gedung pada lantai 30.

Laju aliran yang akan disimulasikan pada ventilasi sebesar 5 m/s. Pada pemodelan pertama ukuran bukaan ventilasi alami adalah 120 cm x 10 cm dan udara luar itu dipasok kedalam ruangan dengan sudut sebesar 20° ke arah masuk ruangan. Pada pemodelan kedua, ukuran bukaan ventilasi alami adalah 120 cm x 20 cm dan udara dipasok keruangan dengan sudut 45° ke arah masuk ruangan. Berikut adalah bentuk pemodelan dan *boundary condition* pada *FLUENT*.

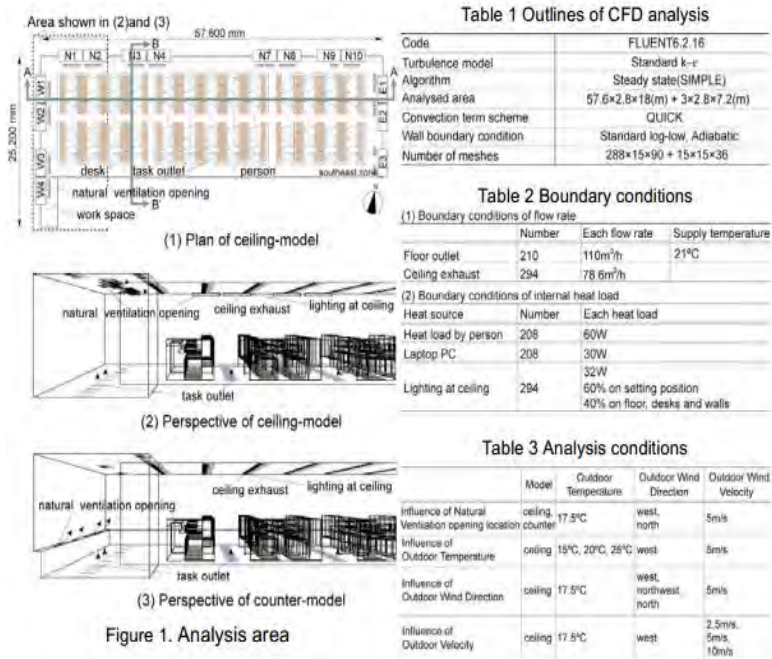
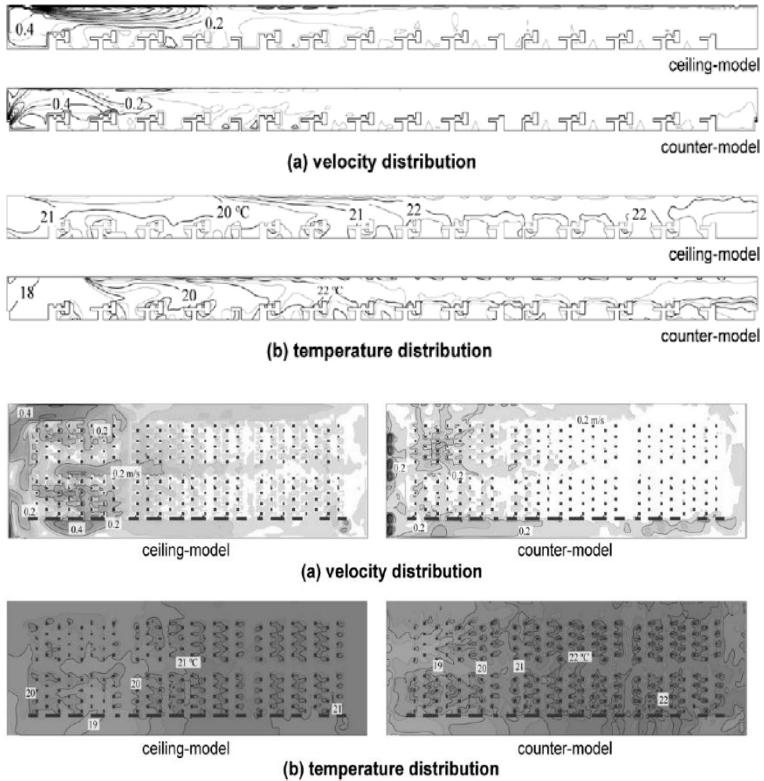


Figure 1. Analysis area

Gambar 2.22 Bentuk skema pemodelan dan *boundary condition* pada *FLUENT*



Gambar 2.23 Hasil analisa distribusi temperatur dan kecepatan udara dalam ruangan pada kedua kasus tersebut

Dari hasil analisa yang diperoleh, kecepatan udara berkisar 0,4 - 0,2 m/s dan untuk temperatur pada suhu 18° - 22°. Penjangkauan udara luar yang masuk pada ruangan pada pemodelan pertama (*ceiling model*) lebih jauh dari pada pemodelan kedua (*counter model*). Hal ini membuktikan bahwa distribusi udara segar pada kasus pertama lebih baik dari pada kasus kedua.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah dan prosedur yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir yang berkaitan dengan simulasi pengkondisian ruangan pada Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya ini secara berurutan adalah sebagai berikut :

3.1 Tahapan Penelitian

1. Studi Kasus

Kasus atau permasalahan yang terjadi dapat diketahui melalui survei. Tujuan utama dari studi kasus adalah untuk mengetahui permasalahan yang terjadi.

2. Studi Literatur

Studi literatur ini adalah mencari literatur yang berkaitan dengan topik tugas akhir ini. Studi literatur ini dilakukan dengan mengumpulkan informasi baik mencari jurnal, *e-book*, dan hasil penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.

3. Pengumpulan Data

Dalam Tugas Akhir ini yang dijadikan obyek penelitian adalah Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Ruang berada pada lantai 1 yang sekaligus merupakan lantai dasar dari bangunan bandar udara ini. Temperatur ruang kedatangan dikondisikan 22°C dengan toleransi $\pm 2^{\circ}\text{C}$ dan $\text{RH} = 55\%$ dengan toleransi $\pm 10\%$. Data yang didapatkan adalah sebagai berikut :

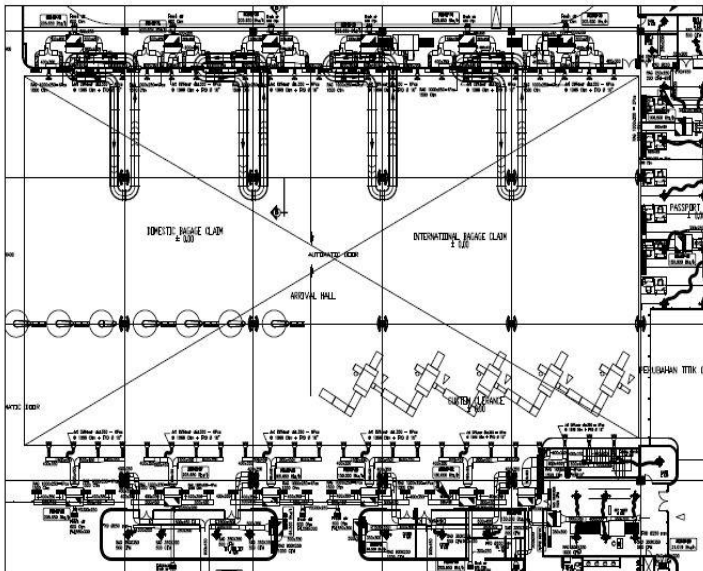
a. Jumlah Peralatan dan Jumlah Penghuni

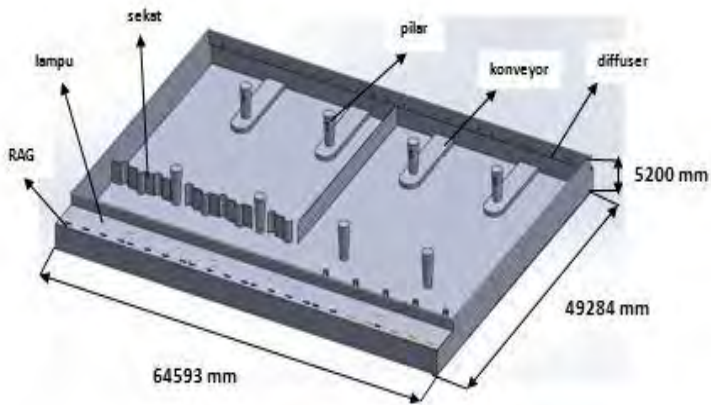
Data jumlah penghuni dan data peralatan yang terdapat di Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Data Peralatan di Ruang Kedatangan

Item	Daya (Watt)	Jumlah
Penumpang	@ 150	Siang = 180 orang Malam = 420 orang
Konveyor	-	2
Lampu	@ 18	12 buah

b. Denah Ruangan

Gambar 3.1 *Layout* Ruang Kedatangan tampak atas



Gambar 3.2 Denah pemodelan Ruang Kedatangan secara keseluruhan

Keterangan :

- Dimensi Ruang : 64593 mm x 49284mm x 5200 mm
- Inlet (*diffuser*) : \varnothing 350 mm
- Outlet (RAG) : 1000 mm x 250 mm
- Konveyor : 12452 mm x 3094 mm x 600 mm
- Pilar : 1300 mm x 5200 mm x 1800 mm
- Lampu : 300 mm x 300 mm
- Diffuser* yang digunakan jenis *jet diffuser* dengan laju aliran volume pada inlet *diffuser* sebesar 1600 cfm dengan kecepatan udara sebesar 7,84 m/s.

4. Melakukan Pemodelan

Dalam tahap ini dilakukan permodelan dengan menggunakan *software CFD FLUENT 6.3.26* dan *GAMBIT 2.4.6* penelitian ini dititik beratkan untuk mengetahui distribusi temperatur dan kecepatan udara pada Ruang Kedatangan. Pada tahap ini akan dibagi menjadi tiga proses yaitu *preprocessing*, *solver*, dan *post-processing*.

5. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

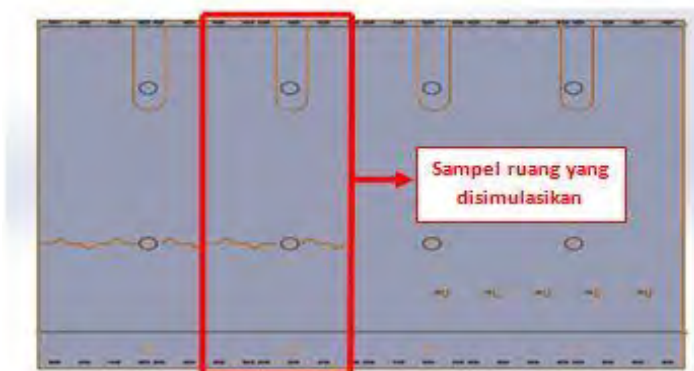
Hasil dari tahap ini adalah laporan tugas akhir yang berisi pendahuluan, tinjauan pustaka, metode penelitian, analisis dan pembahasan serta kesimpulan dan saran dalam pelaksanaan simulasi yang telah dilakukan.

3.2 Tahap *Pre-Processing*

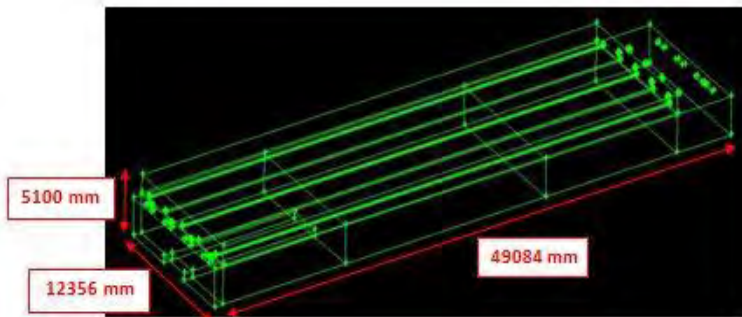
Tahap *pre-processing* merupakan tahap awal untuk menganalisis pemodelan *Computational Fluid Dynamics*. Dalam tahap ini terdiri dari pembuatan geometri, *meshing*, dan penentuan domain.

3.2.1 Geometri dan Domain Pemodelan Ruang Kedatangan

Dalam proses pemodelan ini digunakan analisa 3D dari ruangan. Berikut ini adalah bagian-bagian dari yang digambar dengan menggunakan *software GAMBIT*. Untuk mempermudah proses pemodelan dan proses *meshing* maka pemodelan ruangan ini dilakukan dengan simplifikasi terhadap bentuk-bentuk yang kompleks, seperti pilar yang dihilangkan dan simplifikasi dari bentuk konveyor. Selanjutnya domain akan dibagi menjadi volume-volume kecil. Ruangan yang disimulasikan tidak secara keseluruhan namun akan diambil sampel saja.



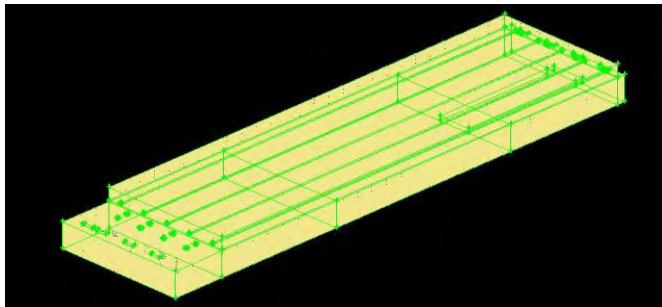
Gambar 3.3 Gambar geometri Ruang Kedatangan secara keseluruhan dari tampak atas



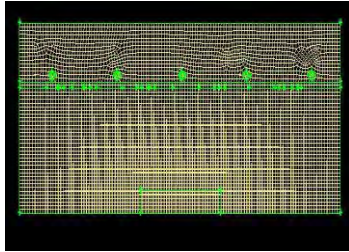
Gambar 3.4 Domain pemodelan numerik Ruang Kedatangan yang menjadi sampel pada *software* GAMBIT

3.2.2 Meshing

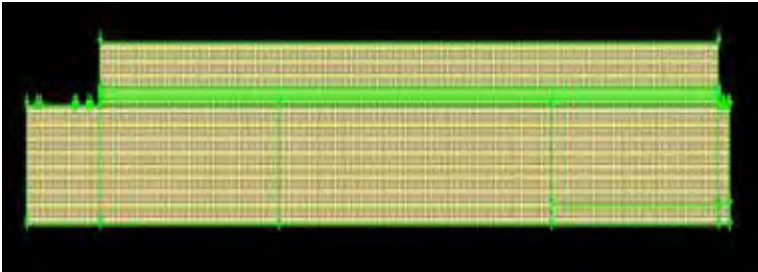
Pembuatan *mesh* elemen hingga (*meshing*) adalah pembagian model solid menjadi elemen-elemen kecil sehingga kondisi batas dan beberapa parameter yang diperlukan dapat diaplikasikan ke dalam elemen-elemen tersebut. Contoh *mesh* pada gambar 3.5 gambar 3.6 disusun dengan menggunakan *mesh* jenis *hexahedral-map*, *hexahedral submap* dan *hexahedral/wedge cooper*.



Gambar 3.5 *Meshing* dengan pandangan *isometric*



Gambar 3.6 *Meshing* dengan pandangan Z



Gambar 3.7 *Meshing* dengan pandangan X

3.2.3 *Boundary Condition*

Menentukan bentuk kondisi batas : *wall*, *velocity inlet*, dan *outflow*. Kondisi batas pada model uji tugas akhir ini adalah *inlet* sebagai *velocity inlet*, *outlet* sebagai *outflow*, dan lain-lainnya adalah sebagai *isoflux wall*.

3.3 *Processing*

Processing merupakan langkah kedua dalam melakukan simulasi numerik dengan *Computational Fluid Dynamics*. Dalam proses ini pemodelan dilakukan dengan menggunakan software *FLUENT 6.3.26*. Terdiri dari beberapa tahap yaitu *setting viscous model*, *operating condition*, *boundary condition*, *solution*, *initialize*, dan *monitor residual*.

3.3.1 Material

Menentukan jenis material yang digunakan beserta dengan sifat dan *properties*nya. Dalam penelitian ini dipilih material jenis udara dengan *properties* sebagai berikut sesuai dengan temperatur dari *inlet diffuser* yaitu $T = 292$ K, berikut merupakan tabel *properties* fluidanya :

Tabel 3.2 *Properties* Fluida (Udara yang dimasukkan sebagai gas ideal)

<i>Properties</i> Fluida	Besar
Temperatur <i>inlet</i> (K)	292
ρ atau <i>Density</i> (kg/m^3)	1,209
c_p atau Panas spesifik (kJ/kg.K)	1,0067
μ atau <i>Viskositas absolute</i> (N.s/m^2)	18,18 e-06
k atau <i>Thermal Conductivity</i> (W/m.K)	25,6 e-03

(Incropera, dkk, *Fundamental Heat and Mass Transfer sixth edition, 2002*)

3.3.2 Energy Equation

Penelitian yang dilakukan menggunakan persamaan energi karena adanya proses perpindahan panas, maka persamaan energi yang ada pada *FLUENT* diaktifkan.

3.3.3 Pemilihan *Turbulence Modelling*

Pada penelitian ini digunakan variasi *turbulence model* yaitu *Standard k- ϵ* .

3.3.4 *Operating Condition*

Pada penelitian ini, *operation condition* diatur berdasarkan perkiraan kondisi daerah operasi yang biasanya merupakan perkiraan tekanan pada daerah operasi yakni sebesar 1 atm ($=101325$ Pa).

3.3.5 *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 180 orang, sedangkan untuk malam hari penumpang berjumlah 420 orang. Dari penelitian yang dilakukan Erni Zulfa Arini, 2014, didapatkan data-data pada kondisi batas yang digunakan dalam simulasi ini, yaitu :

- *Inlet = velocity inlet*

Syarat batas *velocity inlet* disini menentukan aliran fluida yang mengalir pada domain dari model FLUENT 6.3.26. Dalam kasus ini menggunakan temperatur 250°C dan besarnya *velocity inlet* sebesar 7,84 m/s, yang didapat dari :

$$Q = 1600 \text{ cfm} = \frac{1600 \text{ ft}^3}{\text{min}} \times \left(\frac{0,3048 \text{ m}}{1 \text{ ft}} \right)^3 \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

$$= 0,755115909 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \frac{\pi x d^2}{4} = \frac{\pi x (0,35 \text{ m})^2}{4} = 0,096211275 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,755115909 \text{ m}^3/\text{s}}{0,096211275 \text{ m}^2} = 7,84 \text{ m/s}$$

- *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). Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk mencari nilai *heat flux* pada dinding atau atap.

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

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

3.3.6 Initialize

Initialize merupakan data masukan awal sebagai acuan FLUENT untuk melakukan kalkulasi. *Initialize* dapat di input dari

kondisi batas sisi masuk, sisi keluar, dan lain lain. Pada simulasi ini *initialize* dilakukan dari batas sisi masuk (*inlet*).

3.3.7 Solution Control dan Monitor Residual

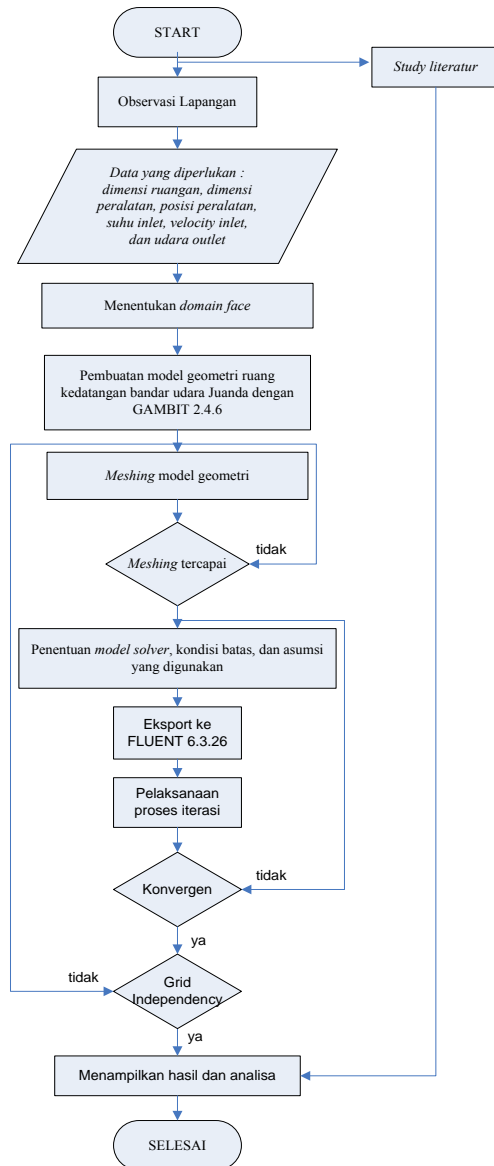
Solution control untuk metode *unsteady* yang digunakan adalah metode *pressure-velocity coupling* adalah PISO dengan diskritisasi *standar* untuk *pressure* dan *first order upwind* untuk parameter lainnya. Pada *monitoring solutions* dilakukan pengaturan kriteria *residual* untuk parameter *energy*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

3.4 Post Processing

Merupakan tampilan hasil serta analisa terhadap hasil yang telah diperoleh. Penggunaan model numerik dapat menghasilkan kontur temperatur dan kontur kecepatan yang selanjutnya akan dianalisa mengenai distribusi temperatur dan kecepatan udara yang terjadi di dalam Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Kontur yang ditampilkan yaitu pada sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z pada masing-masing variasi beban pendinginan per *total time* yang telah ditentukan.

3.5 Flowchart Penelitian

Flowchart proses pengerjaan Tugas Akhir ini, mulai dari proses pengambilan data, pemodelan hingga *post processing* ditunjukkan dibawah ini :



Gambar 3.8 Flowchart penelitian

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

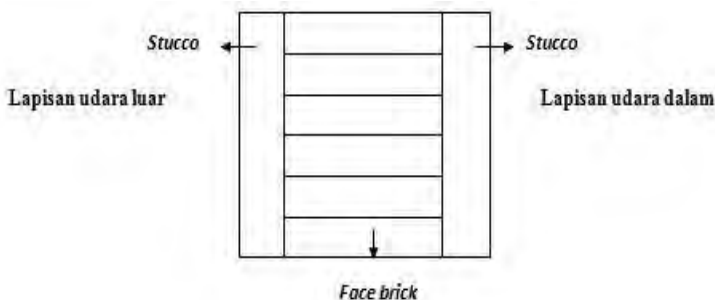
Simulasi distribusi temperatur dan kecepatan udara di dalam Ruang Kedatangan Terminal 2 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya menggunakan FLUENT 6.3.26 dengan model tiga dimensi (3d dp). Simulasi ini menampilkan hasil pada keadaan *unsteady* dimana perubahan waktu dari detik pertama sampai keadaan *steady*. Persebaran distribusi udara dari *inlet diffuser* hingga menuju *exhaust* melalui berbagai tahapan diantaranya udara dingin masuk ke dalam ruangan dengan kecepatan penuh (7,84 m/s) melalui bukaan *inlet diffuser* yang terletak pada *ceiling* ruangan. Karena mempunyai kepadatan (*density*) lebih besar, udara dingin turun dengan perlahan. Sementara turun ke bawah, aliran udara (*air flow*) *supply* dari *inlet diffuser* kehilangan kecepatan dan menyebar lebih luas mencapai lantai. Hal ini dikarenakan sifat aliran udara tidak mampu membuat aliran berbelok secara tiba-tiba. Sebagian aliran udara juga dipengaruhi efek daya apung (*buoyancy force*) di daerah yang dekat dengan tubuh penghuni dan peralatan yang ada di dalam ruang kedatangan.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini dilakukan 2 macam variasi pada beban pendinginan pada ruang kedatangan yang kedua datanya diambil pada hari Sabtu, 07 Juni 2014 yaitu variasi pertama diambil pada pukul 13.30 WIB dan variasi kedua diambil pada pukul 20.00 WIB. Untuk beban pendinginan yang divariasi disini sangatlah bergantung pada jumlah penumpang yang ada di ruang kedatangan, selain jumlah penumpang beban pendinginan sendiri dipengaruhi oleh jumlah lampu untuk penerangan yang ada didalam ruangan serta tata letak benda yang ada didalamnya.

Untuk mengetahui profil distribusi temperatur dan kecepatan udara ditunjukkan dengan potongan dua dimensi dimana masing-masing akan dianalisa kontur temperatur dan kecepatan udara yang dihasilkan dengan urutan periode detik ke-200, detik ke-600, dan detik ke-2000 untuk kedua variasi. Analisa

akan dipilih pada potongan-potongan tertentu yang memiliki beban pendinginan terbesar supaya dapat diketahui bagaimana distribusi temperatur dan kecepatan udaranya.

Dalam menentukan *range* waktu pada hasil simulasi ini berdasarkan pada waktu terpenuhinya volume ruangan oleh udara *supply* dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur yang diinginkan. Dimana laju aliran volume pada *inlet diffuser* sebesar $0,755 \text{ m}^3/\text{s}$, volume ruangan sebesar $2963,8 \text{ m}^3$ dan beban pendinginan ruang kedatangan sebesar $29329,9 \text{ Watt}$ untuk variasi siang sedangkan untuk variasi malam adalah sebesar 63216 Watt , maka dapat diketahui lama waktu udara untuk memenuhi volume ruangan. Besar beban pendinginan untuk kedua variasi dipengaruhi oleh jumlah penumpang yang berada didalam ruangan, lampu, serta *heat* yang dimiliki dinding saat siang hari. Nilai *heat gain* didapat dari ASHRAE *Fundamentals Handbook*, lampu dari data pihak PT. WASKITA dan untuk *heat* pada dinding dihitung secara perpindahan panas. Berikut adalah perhitungannya :



Gambar 4.1 Gambar konstruksi pada dinding

Tabel 4.1 Tabel nilai R pada dinding

Deskripsi	Nilai R ($\text{m}^2\text{K/W}$)
Lapisan udara luar	0,059
<i>Stucco</i>	0,037
<i>Face brick</i>	0,076

<i>Stucco</i>	0,037
Lapisan udara dalam	0,121
Total	0,33

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

$$U = \frac{1}{0,33}$$

$$= 3,03 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$q = U \times A \times \Delta T$ \longrightarrow Luasan dinding yang terhubung keluar adalah $69,766 \text{ m}^2$

$$q = 3,03 \text{ W/m}^2\text{K} \times 69,766 \text{ m}^2 \times (305 - 295)\text{K}$$

$$= 2113,9 \text{ W}$$

Tabel 4.2 Tabel *heat gain*

No.	Nama Benda	Besarnya <i>heat gain</i> (Watt)	
		Siang	Malam
1	Penumpang (@150 Watt)	27000	63000
2	Lampu (@18 Watt)	216	216
3	Dinding yang terhubung keluar	2113,9	-
	Total	29329,9	63216

Setelah diketahui total beban pendinginannya masing-masing, selanjutnya adalah mencari waktu udara mencapai keadaan *steady*. Tetapi terlebih dahulu menentukan berapa waktu udara untuk memenuhi ruang kedatangan, berikut adalah perhitungannya :

$$t = \frac{V_{ruangan}}{\nabla_{udara\text{supply}}} = \frac{133,2m^3}{(0,755m^3 / s \times 10)} = 392,56s$$

Jadi untuk memenuhi ruang kedatangan udara membutuhkan waktu sebesar 392,56 detik. Sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur yang diinginkan yaitu sebesar 22 °C menggunakan perumusan seperti dibawah ini :

$$t_c = \frac{m.c_p.\Delta T}{Q_{ruangan}}$$

Dimana:

$$m_{udara} = \rho_u.V_u$$

Keterangan:

$$c_p = 1006,7 \text{ J/kg.K}$$

$$M_{udara} = \text{massa udara (kg)}$$

$$\rho_u = \text{massa jenis udara (1,209 m}^3\text{/kg)}$$

$$V_u = \text{Volume udara (=volume ruangan) (m}^3\text{)}$$

Maka untuk variasi siang udara membutuhkan waktu mencapai keadaan *steady* sebesar :

$$t_c = \frac{3583,23 \text{ kg} \times 1006,7 \text{ J / kg.K} \times (305 - 295) \text{ K}}{29329,9 \text{ watt}} = 1229,9s$$

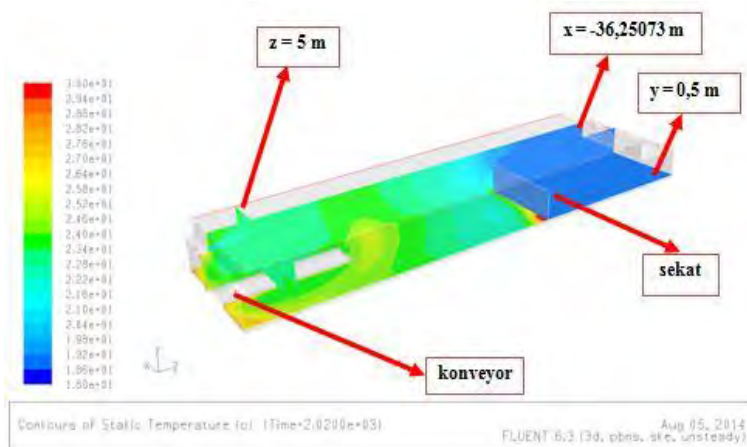
Dan untuk variasi malam udara membutuhkan waktu mencapai keadaan *steady* sebesar :

$$t_c = \frac{3583,23 \text{ kg} \times 1006,7 \text{ J / kg.K} \times (303 - 295) \text{ K}}{63216 \text{ watt}} = 456,5s$$

Secara empiris atau perhitungan ruang kedatangan mulai didinginkan pada selang waktu selama 1229,9 detik untuk variasi siang dan 456,5 detik untuk variasi malam. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut maka diambil *range* waktu pada simulasi ini setelah volume ruangan terpenuhi udara selama 392,56 detik, diambil pada detik yang udara belum tersebar secara merata yaitu pada detik ke-200 kemudian saat udara dalam ruangan sudah tersebar merata yaitu pada detik ke-600 dan selanjutnya saat mencapai kondisi *steady* yaitu pada detik ke-2000.

4.1 Analisa Hasil Simulasi Distribusi Temperatur dan Kecepatan pada Variasi Beban Pendinginan Siang pukul 13.30

Pada subbab ini akan dibahas tentang analisa dari simulasi yang telah dilakukan pada kasus variasi pertama dengan beban pendinginan yang lebih kecil. Berdasarkan data yang didapat diketahui bahwa jumlah penumpang yang *landing* pada pukul 13.30 adalah sebanyak 180 orang. Analisa akan dilakukan pada potongan dua dimensi yaitu pada $x = -36,25073$ m, $y = 0,5$ m, dan $z = 5$ m. Untuk ke arah sumbu x dipilih titik $x = -36,25073$ m karena tepat ditengah *diffuser* dan pada lantai memang banyak terdapat penumpang karena berada di sekitar konveyor, untuk ke arah sumbu $y = 0,5$ m karena geometri paling kompleks yang terdapat konveyor dan juga dekat dengan lantai, yang memang lantai disini didefinisikan sebagai penumpang yang mengeluarkan *heat flux*. Sedangkan untuk ke arah sumbu $z = 5$ m karena di zona ini memang ramai penumpang dan berada di sekitar konveyor untuk pengambilan barang oleh penumpang yang menggunakan bagasi. Berikut adalah salah satu contoh dari plot *iso surface* terhadap potongan yang akan dianalisa.



Gambar 4.2 Gambar plot *iso surface* pada variasi beban pendinginan siang untuk detik ke-2000

Berikut adalah analisa distribusi kecepatan dan temperatur pada variasi pertama pada detik ke-200, detik ke-600, dan detik ke-2000.

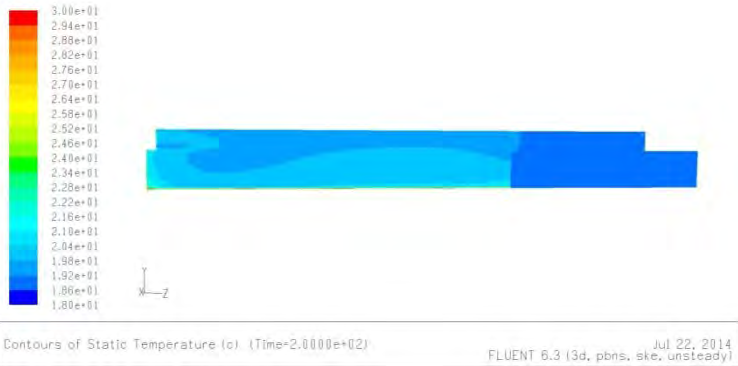
4.1.1. Analisa Hasil Simulasi Distribusi Temperatur dan Kecepatan Udara untuk Variasi Beban Pendinginan Siang pada Detik ke-200

a. *Plane x = -36,25073 m*

Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.3, distribusi temperatur udara pada *plane x = -36,25073 m*, pada daerah *inlet diffuser* udara memiliki temperatur 18°C , pada kontur terlihat bahwa 1/3 ruangan sebelah kiri memiliki temperatur sebesar $18,6^{\circ}\text{C}$ - $19,2^{\circ}\text{C}$ karena pada ruangan ini memang kosong penumpang. Untuk 2/3 ruangan sebelah kanan hanya dibatasi dengan sekat yang tingginya 3,35 m dan pada ruangan tersebut memiliki kontur temperatur yang sebagian besar memiliki *range* $19,8^{\circ}\text{C}$ - $20,4^{\circ}\text{C}$ untuk bagian bawah tetapi bukan tepat menyentuh lantai, sedangkan pada bagian atas memiliki *range* $19,2^{\circ}\text{C}$ - $19,8^{\circ}\text{C}$. Hanya pada daerah lantai dan dekat dinding saja

yang memiliki temperatur lebih tinggi yaitu sebesar 21°C – $21,6^{\circ}\text{C}$ untuk yang dekat dengan dinding dan $22,2^{\circ}\text{C}$ – $22,8^{\circ}\text{C}$ untuk lantai. Temperatur lantai ini lebih tinggi dikarenakan banyaknya jumlah penumpang yang terdapat didalamnya sedangkan untuk dinding ini terpengaruh oleh radiasi matahari dari luar.

Pada gambar 4.4 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane* $x = -36,25073$ m dimana hembusan aliran udara dari *inlet diffuser* sebagian besar masih belum mencapai daerah keseluruhan ruangan. Hal ini dapat terlihat secara visual dari vektor kecepatan yang dihasilkan di daerah *inlet diffuser* adalah sebesar $7,84$ m/s. Jangkauan aliran udara yang terlihat belum cukup jauh sampai menyentuh sekat yang terdapat di sepertiga ruangan untuk ruangan sebelah kiri, aliran udara juga terlihat akan membelok ke arah bawah dikarenakan udara dingin memiliki *density* yang rendah. Setelah udara keluar dari *diffuser* terlihat bahwa udara memiliki kecepatan yang semakin naik dan ketika berbelok kecepatannya menurun. Untuk kecepatan udara pada ruangan sebagian besar masih bernilai $0,1$ m/s dikarenakan pada detik ke-200 memang udara belum tersebar secara merata ke ruangan, ini terlihat pada kondisi yang berada tepat ditengah ruangan sedangkan untuk kecepatan udara sebelum berbelok kebawah sekitar $0,2$ m/s sampai $0,3$ m/s.



Gambar 4.3 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan siang detik ke-200



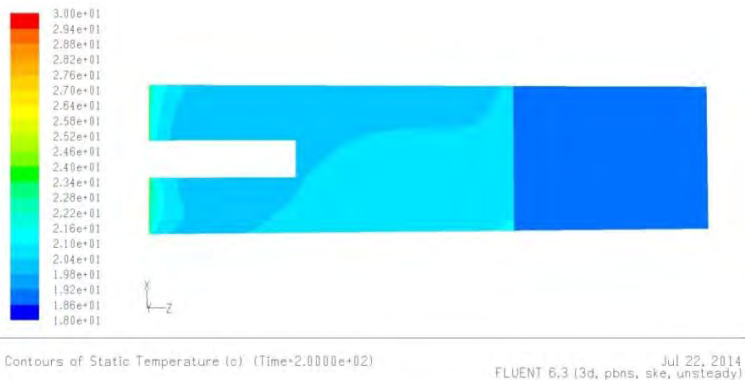
Gambar 4.4 Vektor kecepatan (m/s) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan siang detik ke-200

b. Plane $y = 0,5$ m

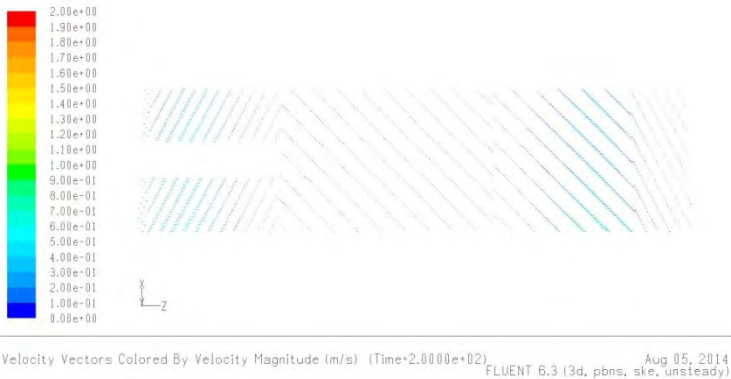
Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.5, distribusi temperatur udara pada *plane* $y = 0,5$ m, pada daerah *inlet diffuser* udara memiliki temperatur $18,6^{\circ}\text{C}$ - $19,2^{\circ}\text{C}$, pada kontur terlihat bahwa 1/3 ruangan sebelah kiri memiliki temperatur sebesar $18,6^{\circ}\text{C}$ - $19,2^{\circ}\text{C}$ karena pada ruangan ini

memang kosong penumpang. Untuk 2/3 ruangan sebelah kanan memiliki kontur temperatur yang sebagian besar memiliki range $19,2^{\circ}\text{C} - 19,8^{\circ}\text{C}$ untuk daerah didepan *diffuser*, udara dingin jangkauannya masih pendek belum sampai ke tengah ruangan. Hanya pada daerah lantai dan dekat dinding saja yang memiliki temperatur lebih tinggi yaitu sebesar $21^{\circ}\text{C} - 21,6^{\circ}\text{C}$ untuk yang dekat dengan dinding dan $22,2^{\circ}\text{C} - 22,8^{\circ}\text{C}$ untuk lantai. Temperatur lantai ini lebih tinggi dikarenakan banyaknya jumlah penumpang yang terdapat didalamnya sedangkan untuk dinding ini terpengaruh oleh radiasi matahari dari luar.

Pada gambar 4.6 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane* $y = 0,5$ m. Dimana hembusan aliran udara dari *inlet diffuser* sebagian besar masih belum mencapai daerah keseluruhan ruangan karena memang pada detik ke-200 udara belum tersebar secara merata ke ruangan. Jangkauan aliran udara yang terlihat belum cukup jauh, udara hanya memiliki kecepatan tertinggi sekitar $0,2$ m/s – $0,3$ m/s didaerah yang berada tepat didepan *diffuser* Sedangkan sebagian keseluruhan ruangan masih memiliki kecepatan $0,1$ m/s.



Gambar 4.5 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan siang detik ke-200

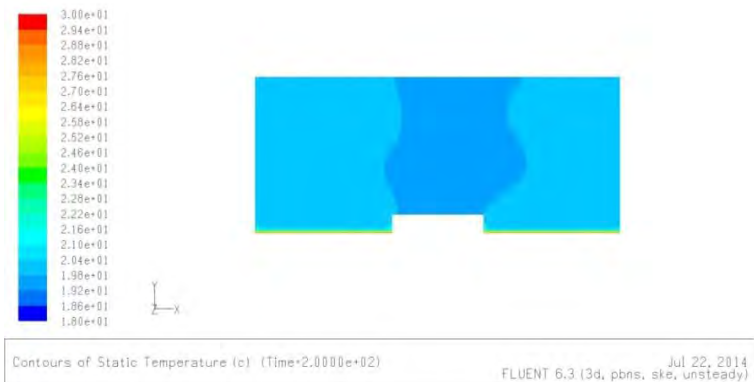


Gambar 4.6 Vektor kecepatan (m/s) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan siang detik ke-200

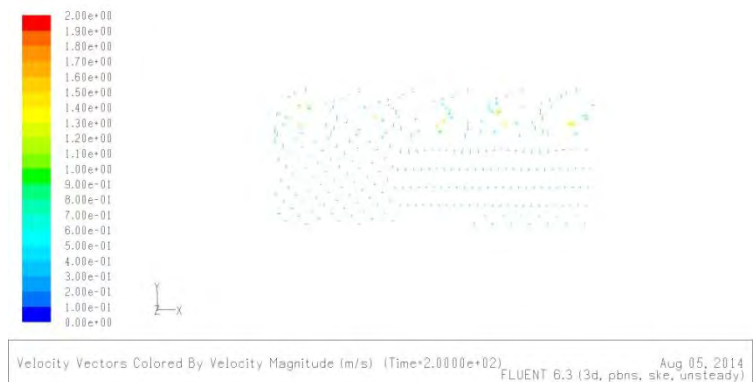
c. *Plane z = 5 m*

Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.7, distribusi temperatur udara pada *plane z = 5 m*, pada kontur terlihat sekali bahwa udara hanya sebagian kecil saja tepatnya pada lantai yang memiliki temperatur lebih tinggi yaitu sebesar $26,4^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$ hal ini dipengaruhi oleh *heat gain* yang dihasilkan oleh penumpang yang jumlahnya cukup banyak. Sedangkan untuk daerah yang berada diatas lantai memiliki temperatur lebih rendah sekitar $19,2^{\circ}\text{C} - 19,8^{\circ}\text{C}$. Sedangkan untuk daerah yang berada diatas konveyor temperturnya sekitar $18,6^{\circ}\text{C} - 19,2^{\circ}\text{C}$ karena pada konveyor tidak mengeluarkan *heat*.

Pada gambar 4.8 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane z = 5 m*. Dimana kecepatan aliran udara tertinggi yaitu pada daerah keluaran *diffuser* yaitu memiliki kecepatan $7,84$ m/s, selain itu terlihat juga arah panah dari keluaran *diffuser* terlihat menyebar secara melingkar dan memiliki kecepatan paling tinggi dibandingkan yang lainnya. Untuk daerah sekitar keluaran *diffuser* memiliki kecepatan $1,4$ m/s – $1,5$ m/s. Sebagian udara dingin yang sudah jatuh ke bawah lantai memiliki kecepatan udara sekitar $0,2$ m/s – $0,3$ m/s.



Gambar 4.7 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-200



Gambar 4.8 Vektor kecepatan (m/s) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-200

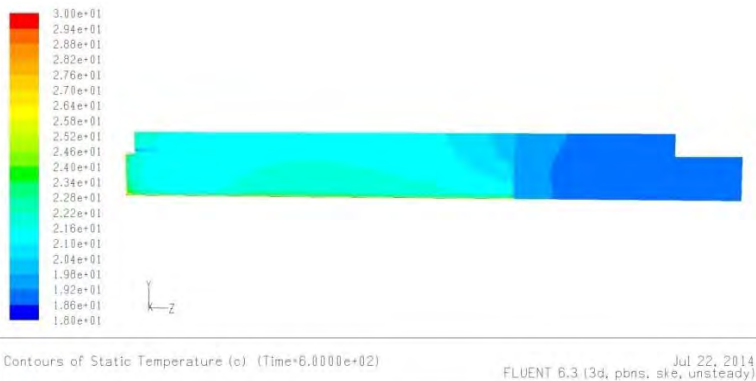
4.1.2. Analisa Hasil Simulasi Distribusi Temperatur dan Kecepatan Udara untuk Variasi Beban Pendinginan Siang pada Detik ke-600

a. *Plane x = -36,25073 m*

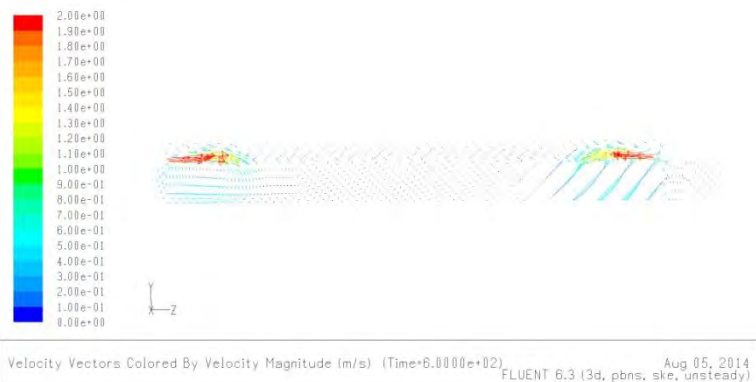
Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.9, distribusi temperatur udara pada *plane x = -36,25073 m*, pada

daerah *inlet diffuser* udara memiliki temperatur 18°C , pada kontur terlihat bahwa $1/3$ ruangan sebelah kiri memiliki temperatur sebesar $18,6^{\circ}\text{C}$ - $19,2^{\circ}\text{C}$ karena pada ruangan ini memang kosong penumpang. Untuk $2/3$ ruangan sebelah kanan hanya dibatasi dengan sekat yang tingginya 3,35 m dan pada sekat juga terlihat bahwa udara menembus diatas lewat atas sekat terlihat dikontur yang berbentuk melengkung. Pada lantai dan dinding paling kiri memiliki temperatur lebih tinggi dikarenakan terpengaruh oleh radiasi matahari dari luar dan pengaruh *heat* yang dihasilkan dari penumpang. Temperatur ruangan terlihat meningkat jika dibandingkan pada detik ke-200. Pengaruh dari kalor yang dimiliki oleh sejumlah penumpang tersebut mengakibatkan luasan udara dingin berkurang seiring bertambahnya *total time*. Sebagian besar ruangan memiliki temperatur sekitar 21°C - $21,6^{\circ}\text{C}$.

Pada gambar 4.10 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane* $x = -36,25073$ m dimana hembusan aliran udara dari *inlet diffuser* sebagian besar masih belum mencapai daerah keseluruhan ruangan. Hal ini dapat terlihat secara visual dari vektor kecepatan yang dihasilkan di daerah *inlet diffuser* sekitar 7,84 m/s. Jangkauan aliran udara yang terlihat belum cukup jauh sampai menyentuh sekat yang terdapat di sepertiga ruangan untuk ruangan sebelah kiri. Namun terdapat perbedaan pada daerah persebaran udara berkecepatan tinggi yang semakin membesar jika dibandingkan saat detik ke-200. Aliran udara juga terlihat akan membelok ke arah bawah dikarenakan udara dingin memiliki *density* yang rendah. Setelah udara keluar dari *diffuser* terlihat bahwa udara memiliki kecepatan yang semakin naik dan ketika berbelok kecepatannya menurun sedangkan untuk kecepatan udara sebelum berbelok kebawah sekitar 0,5 m/s sampai 0,6 m/s, terlihat bahwa arah vektor mengarah ke bawah. Volume udara yang jatuh ke bawah semakin besar, kecepatannya bernilai 0,3 m/s – 0,4 m/s dan arah vektornya adalah ke sebelah kiri.



Gambar 4.9 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600



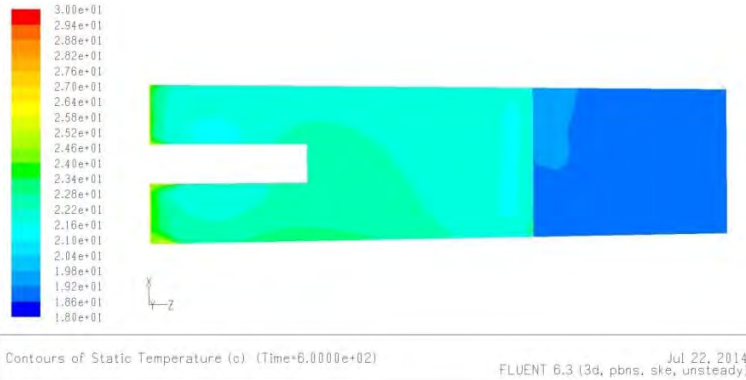
Gambar 4.10 Vektor kecepatan (m/s) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600

b. Plane $y = 0,5$ m

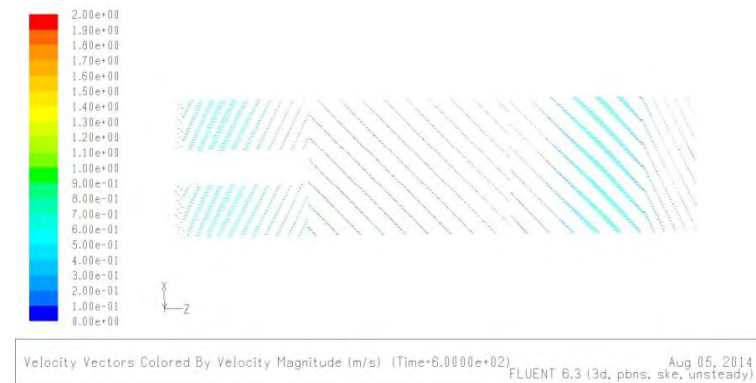
Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.11, distribusi temperatur udara pada *plane* $y = 0,5$ m, pada daerah *inlet diffuser* udara memiliki temperatur 18°C , pada kontur terlihat bahwa 1/3 ruangan sebelah kiri memiliki temperatur sebesar $18,6^{\circ}\text{C}$ - $19,2^{\circ}\text{C}$ karena pada ruangan ini memang kosong

penumpang. Untuk 2/3 ruangan sebelah kanan memiliki kontur temperatur yang sebagian besar memiliki *range* $22,2^{\circ}\text{C} - 22,8^{\circ}\text{C}$ hanya pada dekat dinding saja yang memiliki temperatur lebih tinggi yaitu sebesar $23,4^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C}$, temperatur dinding ini lebih tinggi dikarenakan terpengaruh oleh radiasi matahari dari luar.

Pada gambar 4.12 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane y = 0,5 m*. Dimana hembusan aliran udara dari *inlet diffuser* sebagian besar masih belum mencapai daerah keseluruhan ruangan. Jangkauan aliran udara yang terlihat belum cukup jauh, udara hanya memiliki kecepatan tertinggi sekitar $0,5 \text{ m/s} - 0,6 \text{ m/s}$. Sedangkan sebagian keseluruhan ruangan masih memiliki kecepatan $0,1 \text{ m/s}$. Perbedaan detik ke-200 dengan detik ke-600 yaitu pada luas persebaran udara yang semakin membesar, ini dapat dilihat dari vektor-vektor yang memiliki kecepatan lebih tinggi daripada ruangan semakin banyak.



Gambar 4.11 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $y = 0,5 \text{ m}$ pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600



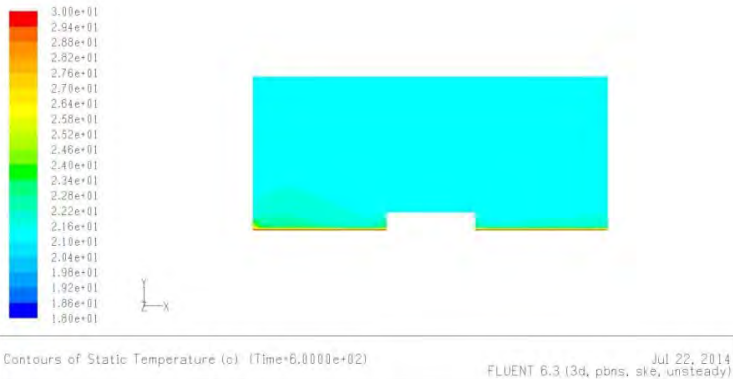
Gambar 4.12 Vektor kecepatan (m/s) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600

c. *Plane z = 5 m*

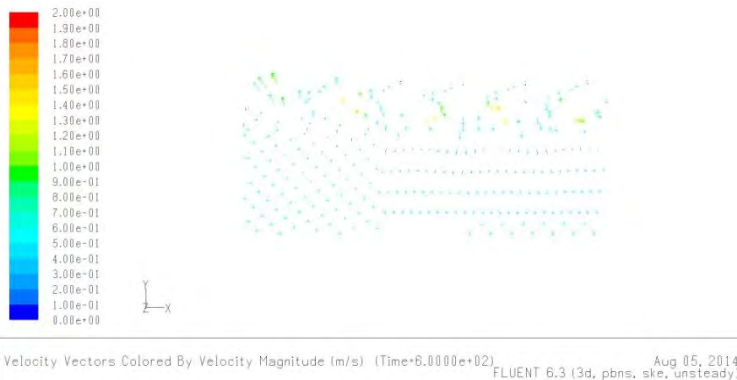
Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.13, distribusi temperatur udara pada *plane z = 5 m*, pada kontur terlihat sekali bahwa udara pada ruangan merata memiliki temperatur sebesar $22,2^{\circ}\text{C} - 22,8^{\circ}\text{C}$. Tepat pada lantai memiliki temperatur lebih tinggi yaitu sebesar $26,4^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$ hal ini dipengaruhi oleh *heat gain* yang dihasilkan oleh penumpang yang jumlahnya cukup banyak. Untuk distribusi temperatur di $z = 5$ m ini sudah merata.

Pada gambar 4.14 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane z = 5 m*. Dimana kecepatan aliran udara tertinggi yaitu pada daerah keluaran *diffuser* yaitu memiliki kecepatan $1,1$ m/s – $1,2$ m/s. Untuk daerah sekitar keluaran *diffuser* memiliki kecepatan $0,7$ m/s – $0,8$ m/s dan vektornya sudah mulai menyebar luas dengan warna yang berbeda, ini menunjukkan bahwa kecepatan udara yang menyebar tinggi jika dibandingkan dengan kecepatan udara pada ruangan. Luasan penyebaran udara terlihat meningkat dari pada detik sebelumnya. Selain area tersebut, area udara dingin yang jatuh ke bawah juga semakin meluas seperti yang ditunjukkan pada kontur

kecepatan di bawah ini. Udara dingin yang sudah jatuh ke bawah lantai memiliki kecepatan udara sekitar 0,5 m/s – 0,6 m/s.



Gambar 4.13 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600



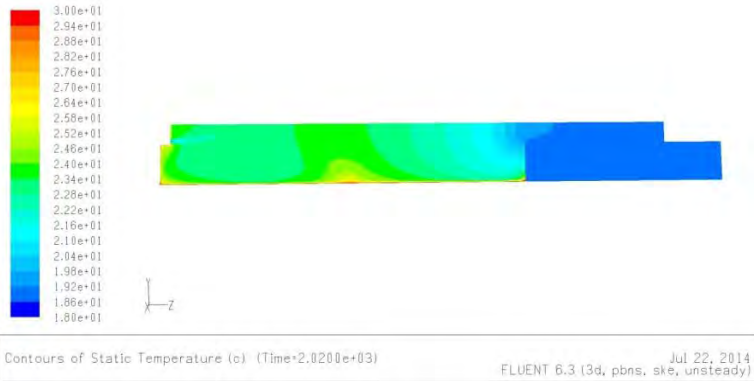
Gambar 4.14 Vektor kecepatan (m/s) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-600

4.1.3. Analisa Hasil Simulasi Distribusi Temperatur dan Kecepatan Udara untuk Variasi Beban Pendinginan Siang pada Detik ke-2000

a. *Plane x = -36,25073 m*

Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.15, distribusi temperatur udara pada *plane* $x = -36,25073$ m, pada daerah *inlet diffuser* udara memiliki temperatur 18°C , pada kontur terlihat bahwa $1/3$ ruangan sebelah kiri memiliki temperatur sebesar $18,6^{\circ}\text{C}$ - $19,2^{\circ}\text{C}$ karena pada ruangan ini memang kosong penumpang. Untuk $2/3$ ruangan sebelah kanan hanya dibatasi dengan sekat yang tingginya $3,35$ m dan pada sekat juga terlihat bahwa udara menembus diatas lewat atas sekat terlihat dikontur yang berbentuk melengkung. Pada lantai dan dinding paling kiri memiliki temperatur lebih tinggi dikarenakan terpengaruh oleh radiasi matahari dari luar dan pengaruh *heat* yang dihasilkan dari penumpang. Temperatur ruangan terlihat meningkat jika dibandingkan pada detik ke-600. Pengaruh dari kalor yang dimiliki oleh sejumlah penumpang tersebut mengakibatkan luasan udara dingin berkurang seiring bertambahnya *total time*. Sebagian besar ruangan memiliki temperatur sekitar $23,4^{\circ}\text{C}$ - 24°C .

Pada gambar 4.16 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane* $x = -36,25073$ m dimana hembusan aliran udara dari *inlet diffuser* sebagian besar masih belum mencapai daerah keseluruhan ruangan. Hal ini dapat terlihat secara visual dari vektor yang dihasilkan. Kecepatan yang dihasilkan di daerah *inlet diffuser* sekitar $7,84$ m/s., sedangkan untuk daerah ditengah ruangan masih kecil untuk nilai kecepatan udaranya. Jangkauan aliran udara yang terlihat belum cukup jauh sampai menyentuh sekat yang terdapat di sepertiga ruangan untuk ruangan sebelah kiri. Namun terdapat perbedaan pada arah hembusan udara dari *diffuser* dibandingkan saat detik ke-600. Aliran udara juga terlihat akan membelok ke arah bawah dikarenakan udara dingin memiliki *density* yang rendah. Setelah udara keluar dari *diffuser* terlihat bahwa udara memiliki kecepatan yang semakin naik dan ketika berbelok kecepatannya menurun sedangkan untuk kecepatan udara sebelum berbelok kebawah sekitar $0,7$ m/s sampai $0,8$ m/s. Volume udara yang jatuh ke bawah semakin besar, kecepatannya bernilai $0,5$ m/s – $0,6$ m/s.



Gambar 4.15 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-2000



Gambar 4.16 Kontur kecepatan (m/s) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-2000

b. Plane $y = 0,5$ m

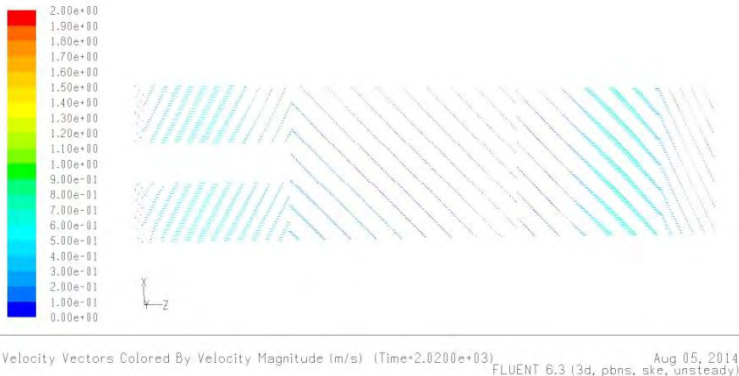
Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.17, distribusi temperatur udara pada *plane* $y = 0,5$ m, pada daerah *inlet diffuser* udara memiliki temperatur 18°C , pada kontur terlihat bahwa 1/3 ruangan sebelah kiri memiliki temperatur merata sebesar $18,6^{\circ}\text{C} - 19,2^{\circ}\text{C}$ karena pada ruangan ini memang

kosong penumpang. Untuk $2/3$ ruangan sebelah kanan memiliki kontur temperatur yang sebagian besar memiliki *range* $23,4^{\circ}\text{C}$ - 24°C . Persebaran temperatur tinggi semakin meluas, hanya pada daerah dekat sekat yang memiliki temperatur lebih rendah daripada ruangan yaitu sebesar $22,2^{\circ}\text{C}$ - $22,8^{\circ}\text{C}$.

Pada gambar 4.18 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane* $y = 0,5$ m. Dimana hembusan aliran udara dari *inlet diffuser* sebagian besar masih belum mencapai daerah keseluruhan ruangan. Jangkauan aliran udara yang terlihat belum cukup jauh, udara hanya memiliki kecepatan tertinggi sekitar $0,7$ m/s – $0,8$ m/s. Sedangkan sebagian keseluruhan ruangan masih memiliki kecepatan $0,1$ m/s. Perbedaan detik ke-600 dengan detik ke-2000 yaitu pada luas persebaran udara yang semakin membesar, ini dapat dilihat dari vektor-vektor yang memiliki kecepatan lebih tinggi daripada ruangan semakin banyak.



Gambar 4.17 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-2000



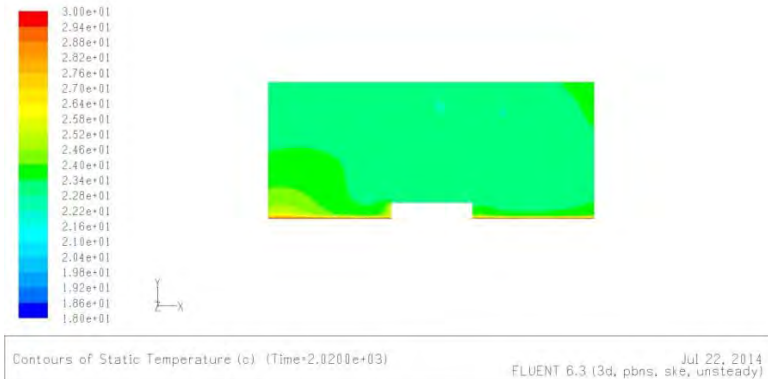
Gambar 4.18 Vektor kecepatan (m/s) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-2000

c. Plane $z = 5$ m

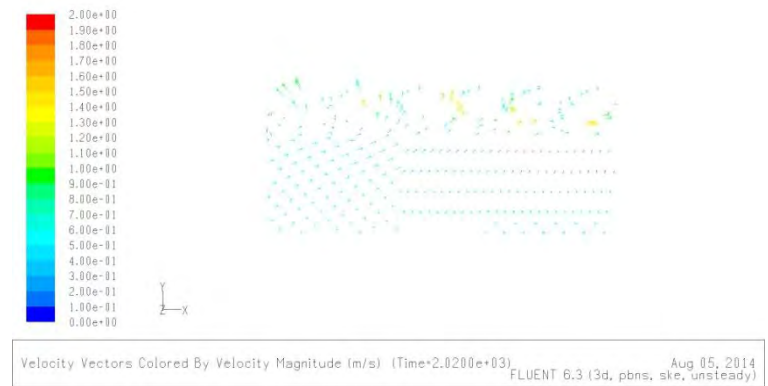
Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.19, distribusi temperatur udara pada *plane* $z = 5$ m, pada kontur terlihat sekali bahwa udara tepatnya pada lantai memiliki temperatur lebih tinggi yaitu sebesar $24^{\circ}\text{C} - 24,6^{\circ}\text{C}$ hal ini dipengaruhi oleh *heat gain* yang dihasilkan oleh penumpang yang jumlahnya cukup banyak. Sedangkan untuk daerah yang berada diatas lantai memiliki temperatur lebih rendah sekitar $22,8^{\circ}\text{C} - 23,4^{\circ}\text{C}$. Perbedaan dengan detik ke-600 adalah membesarnya luasan pada lantai yang memiliki temperatur lebih tinggi.

Pada gambar 4.20 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane* $z = 5$ m. Dimana kecepatan aliran udara tertinggi yaitu pada daerah keluaran *diffuser* yaitu memiliki kecepatan $7,84$ m/s. Untuk daerah sekitar keluaran *diffuser* memiliki kecepatan $1,4$ m/s – $1,5$ m/s dan vektornya sudah mulai menyebar luas dengan warna yang berbeda, ini menunjukkan bahwa kecepatan udara yang menyebar tinggi jika dibandingkan dengan kecepatan udara pada ruangan. Luasan penyebaran udara terlihat meningkat dari pada detik sebelumnya. Selain area tersebut, area udara dingin yang jatuh ke bawah juga semakin meluas seperti yang ditunjukkan pada kontur kecepatan

di bawah ini. Udara dingin yang sudah jatuh ke bawah lantai memiliki kecepatan udara sekitar 0,7 m/s – 0,8 m/s.



Gambar 4.19 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-2000

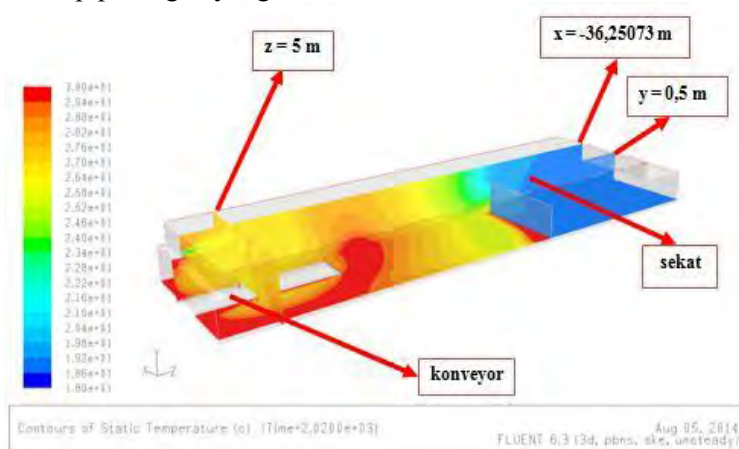


Gambar 4.20 Vektor kecepatan (m/s) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan siang pada detik ke-2000

4.2 Analisa Hasil Simulasi Distribusi Temperatur dan Kecepatan pada Variasi Beban Pendinginan Malam pukul 20.00

Pada subbab ini akan dibahas tentang analisa dari simulasi yang telah dilakukan pada kasus variasi kedua dengan

beban pendinginan yang lebih besar. Berdasarkan data yang didapat diketahui bahwa jumlah penumpang yang *landing* pada pukul 20.00 adalah sebanyak 420 orang. Analisa akan dilakukan pada potongan dua dimensi yaitu pada $x = -36,25073$ m, $y = 0,5$ m, dan $z = 5$ m. Untuk ke arah sumbu x dipilih titik $x = -36,25073$ m karena tepat ditengah *diffuser* dan pada lantai memang banyak terdapat penumpang karena berada di sekitar konveyor, untuk ke arah sumbu $y = 0,5$ m karena geometri paling kompleks yang terdapat konveyor dan juga dekat dengan lantai, yang memang lantai disini didefinisikan sebagai penumpang yang mengeluarkan *heat flux*. Sedangkan untuk ke arah sumbu $z = 5$ m karena di zona ini memang ramai penumpang dan berada di sekitar konveyor untuk pengambilan barang oleh penumpang yang menggunakan bagasi. Berikut adalah salah satu contoh dari plot *iso surface* terhadap potongan yang akan dianalisa.



Gambar 4.21 Gambar plot *iso surface* pada variasi beban pendinginan malam untuk detik ke-2000

Berikut adalah analisa distribusi kecepatan dan temperatur pada variasi beban pendinginan kedua pada detik ke-200, detik ke-600, dan detik ke-2000.

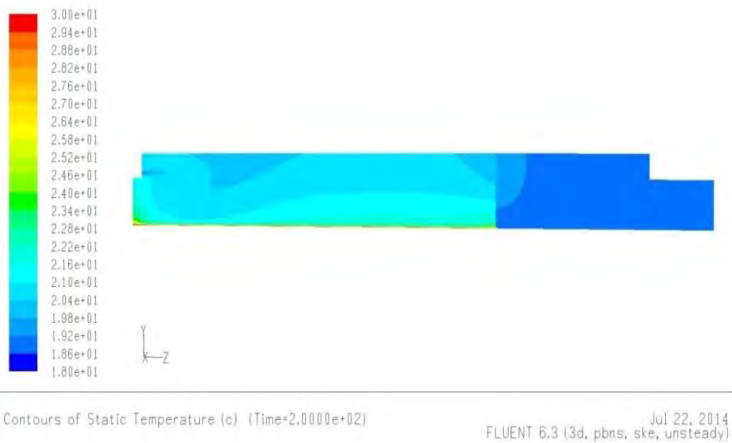
4.2.1 Analisa Hasil Simulasi Distribusi Temperatur dan Kecepatan Udara untuk Variasi Beban Pendinginan Malam pada Detik ke-200

a. *Plane x = -36,25073 m*

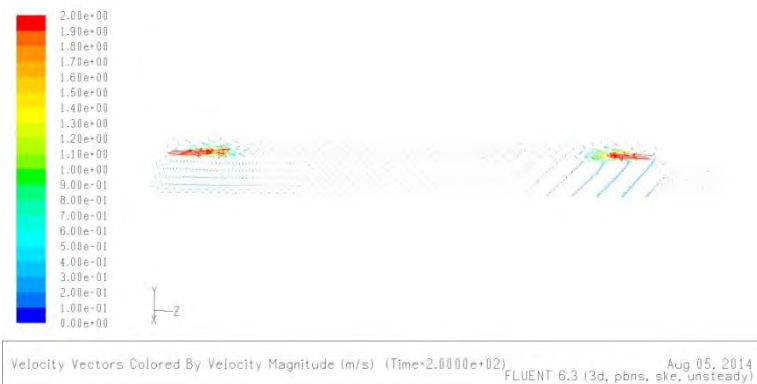
Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.22, distribusi temperatur udara pada *plane x = -36,25073 m*, pada daerah *inlet diffuser* udara memiliki temperatur 18°C , pada kontur terlihat bahwa 1/3 ruangan sebelah kiri memiliki temperatur sebesar $18,6^{\circ}\text{C}$ - $19,2^{\circ}\text{C}$ karena pada ruangan ini memang kosong penumpang. Untuk 2/3 ruangan sebelah kanan memiliki kontur temperatur yang sebagian besar memiliki range $20,4^{\circ}\text{C}$ - 21°C hanya pada daerah lantai dan atasnya yang memiliki temperatur lebih tinggi yaitu sebesar $21,6^{\circ}\text{C}$ - $22,2^{\circ}\text{C}$, temperatur lantai ini lebih tinggi dikarenakan banyaknya jumlah penumpang yang terdapat didalamnya. Pada kontur terlihat bahwa udara dingin dari *diffuser* menyebar lurus ke arah horisontal ruangan sehingga pada bagian bawah sampai ke lantai temperaturnya masih lebih tinggi daripada bagian atas ruangan sampai menembus lewat atas sekat dan mengakibatkan temperatur sekitar sekat di 1/3 ruangan mengalami kenaikan.

Pada gambar 4.23 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane x = -36,25073 m* dimana hembusan aliran udara dari *inlet diffuser* sebagian besar masih belum mencapai daerah keseluruhan ruangan. Hal ini dapat terlihat secara visual dari vektor kecepatan yang dihasilkan di daerah *inlet diffuser* adalah sebesar $7,84$ m/s. Jangkauan aliran udara yang terlihat belum cukup jauh sampai menyentuh sekat yang terdapat di sepertiga ruangan untuk ruangan sebelah kiri, aliran udara juga terlihat akan membelok ke arah bawah dikarenakan udara dingin memiliki *density* yang rendah. Setelah udara keluar dari *diffuser* terlihat bahwa udara memiliki kecepatan yang semakin naik dan ketika berbelok kecepatannya menurun. Untuk kecepatan udara pada ruangan sebagian besar masih bernilai $0,1$ m/s dikarenakan pada detik ke-200 memang udara belum tersebar secara merata ke ruangan, ini terlihat pada

kondisi yang berada tepat ditengah ruangan sedangkan untuk kecepatan udara sebelum berbelok kebawah sekitar 0,2 m/s sampai 0,3 m/s.



Gambar 4.22 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-200

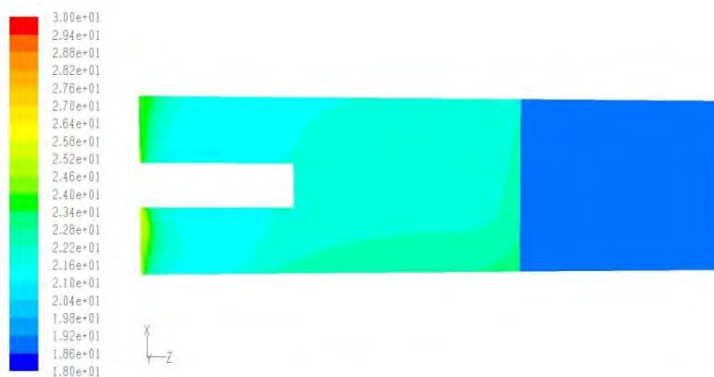


Gambar 4.23 Vektor kecepatan (m/s) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-200

b. *Plane y = 0,5 m*

Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.24, distribusi temperatur udara pada *plane* $y = 0,5$ m, pada daerah *inlet diffuser* udara memiliki temperatur 18°C , pada kontur terlihat bahwa $1/3$ ruangan sebelah kiri memiliki temperatur sebesar $18,6^{\circ}\text{C}$ - $19,2^{\circ}\text{C}$ karena pada ruangan ini memang kosong penumpang. Untuk $2/3$ ruangan sebelah kanan memiliki kontur temperatur yang sebagian besar memiliki range 21°C - $21,6^{\circ}\text{C}$ hanya pada daerah dekat dinding saja yang memiliki temperatur lebih tinggi yaitu sebesar 24°C - $24,6^{\circ}\text{C}$.

Pada gambar 4.25 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane* $y = 0,5$ m. Dimana hembusan aliran udara dari *inlet diffuser* sebagian besar masih belum mencapai daerah keseluruhan ruangan. Jangkauan aliran udara yang terlihat belum cukup jauh, udara hanya memiliki kecepatan tertinggi sekitar $0,5$ m/s - $0,6$ m/s. Sedangkan sebagian keseluruhan ruangan masih memiliki kecepatan $0,1$ m/s. Perbedaan detik ke-200 dengan detik ke-600 yaitu pada luas persebaran udara yang semakin membesar, ini dapat dilihat dari vektor-vektor yang memiliki kecepatan lebih tinggi daripada ruangan semakin banyak.



Contours of Static Temperature (c) (Time=2.0000e+02)

Jul 22, 2014
FLUENT 6.3 (3d, pbns, ske, unsteady)

Gambar 4.24 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-200



Gambar 4.25 Vektor kecepatan (m/s) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-200

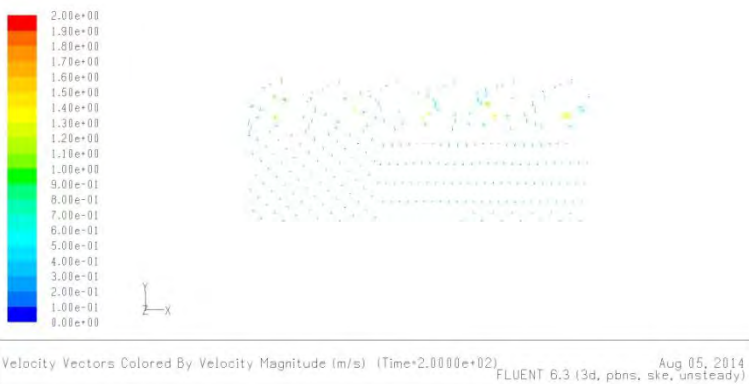
c. **Plane $z = 5$ m**

Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.26, distribusi temperatur udara pada *plane* $z = 5$ m, pada kontur terlihat sekali bahwa udara hanya sebagian kecil saja tepatnya pada lantai yang memiliki temperatur lebih tinggi yaitu sebesar $28,2^{\circ}\text{C} - 28,8^{\circ}\text{C}$ hal ini dipengaruhi oleh *heat gain* yang dihasilkan oleh penumpang yang jumlahnya lebih banyak daripada variasi beban pendinginan siang. Sedangkan untuk daerah yang berada diatas lantai memiliki temperatur lebih rendah sekitar $19,8^{\circ}\text{C} - 20,4^{\circ}\text{C}$. Sedangkan untuk daerah yang berada diatas konveyor temperaturnya sekitar $19,2^{\circ}\text{C} - 19,8^{\circ}\text{C}$ karena pada konveyor tidak mengeluarkan *heat*.

Pada gambar 4.27 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane* $z = 5$ m. Dimana kecepatan aliran udara tertinggi yaitu pada daerah keluaran *diffuser* yaitu memiliki kecepatan $7,84$ m/s, selain itu terlihat juga arah panah dari keluaran *diffuser* terlihat menyebar secara melingkar dan memiliki kecepatan paling tinggi dibandingkan yang lainnya. Untuk daerah sekitar keluaran *diffuser* memiliki kecepatan $1,4$ m/s – $1,5$ m/s. Sebagian udara dingin yang sudah jatuh ke bawah lantai memiliki kecepatan udara sekitar $0,2$ m/s – $0,3$ m/s.



Gambar 4.26 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-200



Gambar 4.27 Vektor kecepatan (m/s) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-200

4.2.2 Analisa Hasil Simulasi Distribusi Temperatur dan Kecepatan Udara untuk Variasi Beban Pendinginan Malam pada Detik ke-600

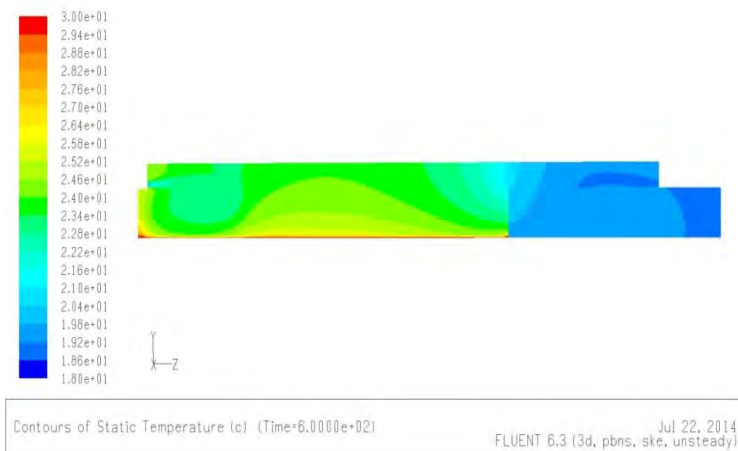
a. *Plane x = -36,25073*

Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.28, distribusi temperatur udara pada *plane x = -36,25073* m, pada

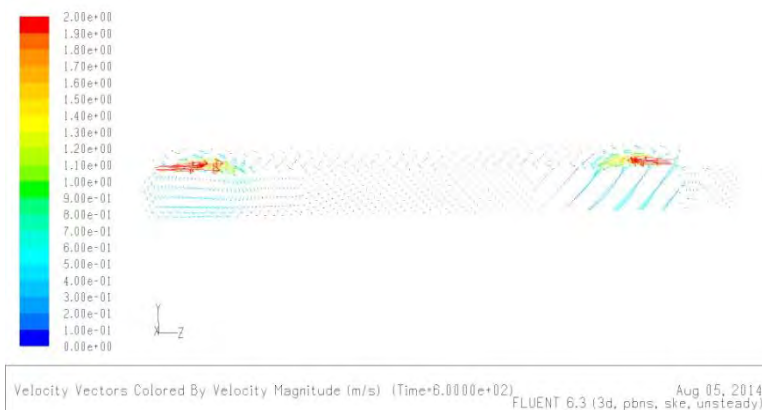
daerah *inlet diffuser* udara memiliki temperatur 18°C , pada kontur terlihat bahwa $1/3$ ruangan sebelah kiri memiliki temperatur yang sebagian besar sebesar $19,2-19,8^{\circ}\text{C}$ karena pada ruangan ini memang kosong penumpang. Terlihat pada kontur bahwa *diffuser* mengeluarkan udara dingin dengan temperatur sekitar $18,6^{\circ}\text{C} - 19,2^{\circ}\text{C}$ dan kemudian menyebar ke seluruh ruangan sehingga mengakibatkan udara mengalami kenaikan temperatur diakibatkan bertambahnya volume yang ditempati. Untuk $2/3$ ruangan sebelah kanan hanya dibatasi dengan sekat yang tingginya $3,35$ m dan terlihat pada bagian atas sekat udara dari $1/3$ ruangan saling bertukar dengan udara yang berada di $2/3$ ruangan melalui daerah atas sekat. Udara pada $2/3$ ruangan sebagian besar memiliki *range* temperatur sebesar $22,8^{\circ}\text{C} - 23,4^{\circ}\text{C}$ hanya pada daerah lantai saja yang memiliki temperatur lebih tinggi yaitu sebesar $26,4^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$, temperatur lantai ini lebih tinggi dikarenakan terpengaruh oleh *heat* yang dihasilkan oleh penumpang yang memang malam lebih banyak untuk kuantitatifnya. Terlihat disini *diffuser* mengeluarkan udara dingin dari keluaran *diffuser* yang mengarah ke segala arah ruangan yang mempunyai temperatur sekitar $22,2^{\circ}\text{C} - 2,28^{\circ}\text{C}$.

Pada gambar 4.29 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane* $x = -36,25073$ m dimana hembusan aliran udara dari *inlet diffuser* sebagian besar masih belum mencapai daerah keseluruhan ruangan. Hal ini dapat terlihat secara visual dari vektor kecepatan yang dihasilkan di daerah *inlet diffuser* sekitar $7,84$ m/s. Jangkauan aliran udara yang terlihat belum cukup jauh sampai menyentuh sekat yang terdapat di sepertiga ruangan untuk ruangan sebelah kiri. Namun terdapat perbedaan pada daerah persebaran udara berkecepatan tinggi yang semakin membesar jika dibandingkan saat detik ke-200. Aliran udara juga terlihat akan membelok ke arah bawah dikarenakan udara dingin memiliki *density* yang rendah. Setelah udara keluar dari *diffuser* terlihat bahwa udara memiliki kecepatan yang semakin naik dan ketika berbelok kecepatannya menurun sedangkan untuk kecepatan udara sebelum berbelok kebawah

sekitar 0,5 m/s sampai 0,6 m/s, terlihat bahwa arah vektor mengarah ke bawah. Volume udara yang jatuh ke bawah semakin besar, kecepatannya bernilai 0,3 m/s – 0,4 m/s dan arah vektornya adalah ke sebelah kiri.



Gambar 4.28 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600

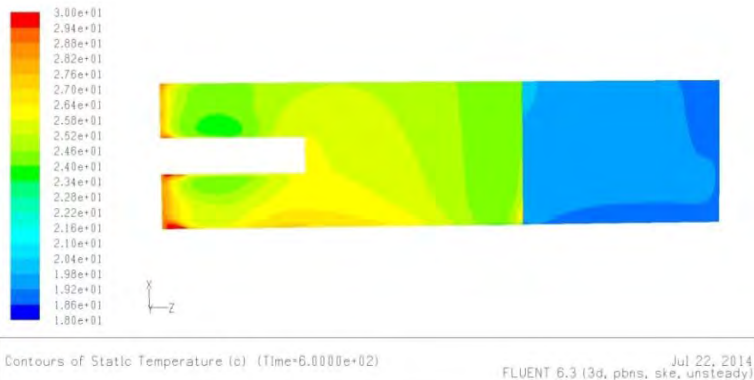


Gambar 4.29 Vektor kecepatan (m/s) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600

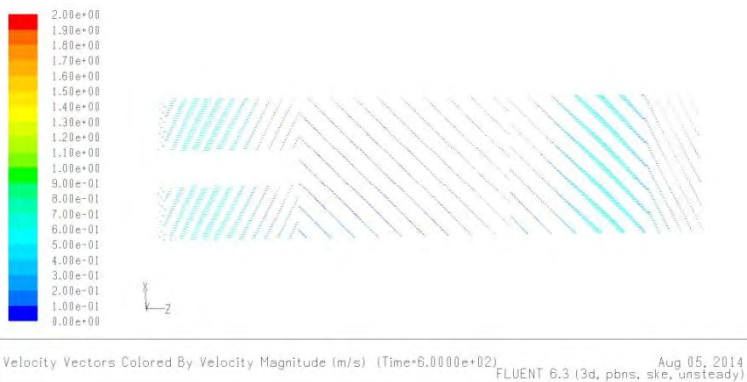
b. Plane $y = 0,5$ m

Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.30, distribusi temperatur udara pada *plane* $y = 0,5$ m, pada daerah *inlet diffuser* udara memiliki temperatur 18°C , pada kontur terlihat bahwa $1/3$ ruangan sebelah kiri memiliki temperatur sebesar $18,6^{\circ}\text{C} - 19,2^{\circ}\text{C}$ karena pada ruangan ini memang kosong penumpang. Untuk $2/3$ ruangan sebelah kanan memiliki kontur temperatur yang sebagian besar memiliki *range* $25,2^{\circ}\text{C} - 25,8^{\circ}\text{C}$ untuk ruangan bagian tengah. Di daerah sekitar sekat untuk $2/3$ ruangan memiliki temperatur yang sedikit lebih rendah sekitar $23,4^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C}$.

Pada gambar 4.31 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane* $y = 0,5$ m. Dimana hembusan aliran udara dari *inlet diffuser* sebagian besar masih belum mencapai daerah keseluruhan ruangan. Jangkauan aliran udara yang terlihat belum cukup jauh, udara hanya memiliki kecepatan tertinggi sekitar $0,4$ m/s – $0,8$ m/s. Sedangkan sebagian keseluruhan ruangan masih memiliki kecepatan $0,1$ m/s. Perbedaan detik ke-200 dengan detik ke-600 yaitu pada luas persebaran udara yang semakin membesar.



Gambar 4.30 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600



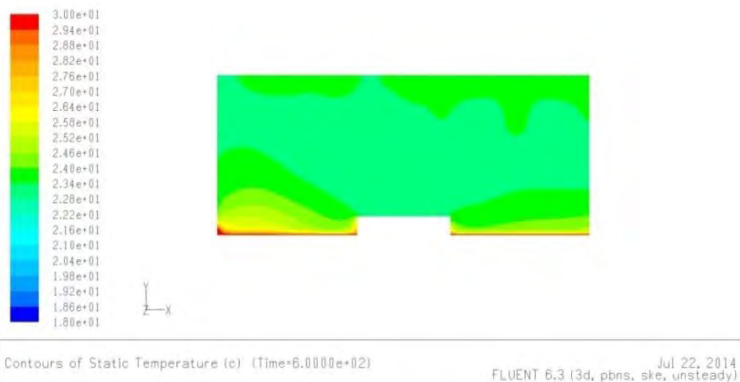
Gambar 4.31 Vektor kecepatan (m/s) pada $y = 0,5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600

c. *Plane z = 5 m*

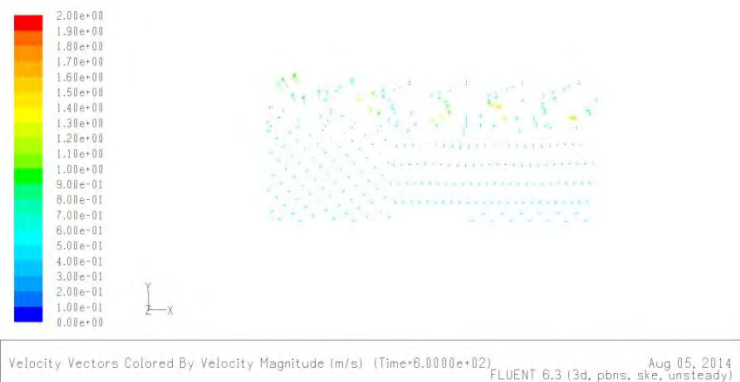
Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.32, distribusi temperatur udara pada *plane z = 5 m*, pada kontur terlihat sekali bahwa udara sebagian kecil saja tepatnya pada lantai yang memiliki temperatur paling tinggi yaitu sebesar $26,4^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$ hal ini dipengaruhi oleh *heat gain* yang dihasilkan oleh penumpang yang jumlahnya memang lebih banyak jika dibandingkan dengan variasi beban pendinginan siang. Sedangkan untuk daerah yang berada diatas lantai memiliki temperatur lebih rendah sekitar $22,8^{\circ}\text{C} - 23,4^{\circ}\text{C}$. Namun untuk besarnya temperatur yang berada diatas konveyor lebih rendah sekitar $24,5^{\circ}\text{C} - 26^{\circ}\text{C}$, hal ini dikarenakan tidak terpengaruh oleh *heat gain* yang dimiliki oleh penumpang. Perbedaan dengan detik ke-200 adalah membesarnya luasan yang memiliki temperatur lebih tinggi.

Pada gambar 4.33 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane z = 5 m*. Dimana kecepatan aliran udara tertinggi yaitu pada daerah keluaran *diffuser* yaitu memiliki kecepatan $1,1$ m/s – $1,2$ m/s. Untuk daerah sekitar keluaran *diffuser* memiliki kecepatan $0,7$ m/s – $0,8$ m/s dan vektornya sudah mulai menyebar luas dengan warna yang

berbeda, ini menunjukkan bahwa kecepatan udara yang menyebar tinggi jika dibandingkan dengan kecepatan udara pada ruangan. Luasan penyebaran udara terlihat meningkat dari pada detik sebelumnya. Selain area tersebut, area udara dingin yang jatuh ke bawah juga semakin meluas seperti yang ditunjukkan pada kontur kecepatan di bawah ini. Udara dingin yang sudah jatuh ke bawah lantai memiliki kecepatan udara sekitar 0,5 m/s – 0,6 m/s.



Gambar 4.32 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600



Gambar 4.33 Vektor kecepatan (m/s) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-600

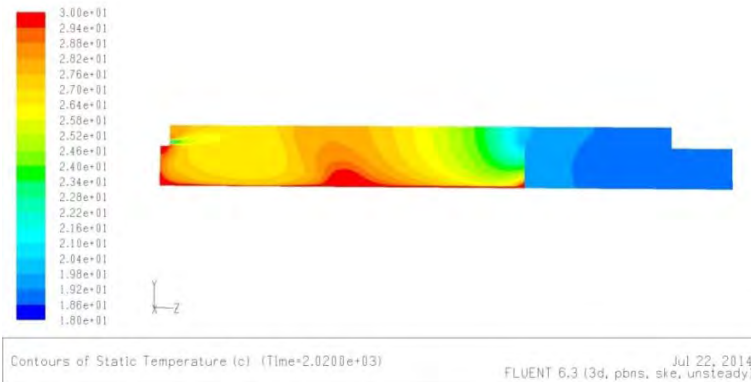
4.2.3 Analisa Hasil Simulasi Distribusi Temperatur dan Kecepatan Udara Pada Detik ke-2000 untuk Variasi Beban Pendinginan Malam

a. *Plane x = -36,25073 m*

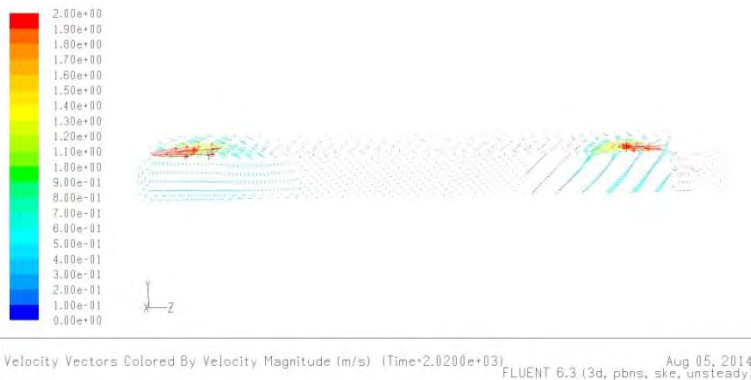
Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.34, distribusi temperatur udara pada *plane x = -36,25073 m*, pada daerah *inlet diffuser* udara memiliki temperatur 18 °C, pada kontur terlihat bahwa 1/3 ruangan sebelah kiri memiliki temperatur sebesar karena pada ruangan ini memang kosong penumpang. Untuk 2/3 ruangan sebelah kanan hanya dibatasi dengan sekat yang tingginya 3,35 m dan pada ruangan tersebut memiliki kontur temperatur yang sebagian sudah mengalami proses pendinginan yang memiliki range temperatur sebesar 23⁰C – 24,5⁰C hanya pada daerah dekat dinding saja yang memiliki temperatur lebih tinggi yaitu sebesar 26⁰C – 27,5⁰ C, temperatur lantai ini lebih tinggi dikarenakan terpengaruh oleh radiasi matahari dari luar. Pengaruh dari kalor yang dimiliki oleh sejumlah penumpang tersebut mengakibatkan luasan udara dingin berkurang seiring bertambahnya *total time*. Terlihat kontur yang melingkar diatas sekat ini menunjukkan bahwa temperatur 1/3 ruangan tersebut terpengaruh ruangan sebelahnya sehingga temperaturnya menurun.

Pada gambar 4.35 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane x = -36,25073 m* dimana hembusan aliran udara dari *inlet diffuser* sebagian besar masih belum mencapai daerah keseluruhan ruangan. Hal ini dapat terlihat secara visual dari arah dan warna vektor kecepatan yang dihasilkan di daerah *inlet diffuser* sekitar 7,84 m/s. Jangkauan aliran udara yang terlihat belum cukup jauh sampai menyentuh sekat yang terdapat di sepertiga ruangan untuk ruangan sebelah kiri. Namun terdapat perbedaan pada arah hembusan udara dari *diffuser* dibandingkan saat detik ke-600. Aliran udara juga terlihat akan membelok ke arah bawah dikarenakan udara dingin memiliki *density* yang rendah. Setelah udara keluar dari *diffuser*

terlihat bahwa udara memiliki kecepatan yang semakin naik dan ketika berbelok kecepatannya menurun sedangkan untuk kecepatan udara sebelum berbelok kebawah sekitar 0,7 m/s sampai 0,8 m/s. Volume udara yang jatuh ke bawah semakin besar, kecepatannya bernilai 0,5 m/s – 0,6 m/s. selain itu terdapat perbedaan juga pada luasan udara dingin yang jatuh ke bawah yaitu semakin meluas.



Gambar 4.34 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-2000



Gambar 4.35 Vektor kecepatan (m/s) pada $x = -36,25073$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-2000

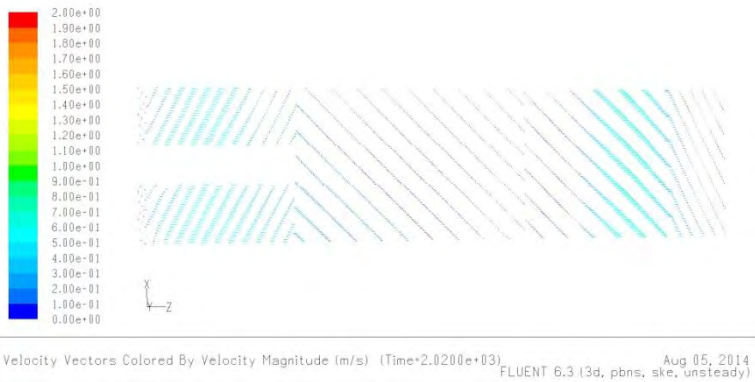
b. Plane $y = 0,5$ m

Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.33, distribusi temperatur udara pada *plane* $y = 0,5$ m, pada daerah *inlet diffuser* udara memiliki temperatur 22 °C, pada kontur terlihat bahwa $1/3$ ruangan sebelah kiri memiliki temperatur sebesar $19,2-19,8$ °C karena pada ruangan ini memang kosong penumpang. Terdapat perbedaan warna yang menunjukkan terjadi kenaikan temperatur didalam ruangan tersebut. Untuk $2/3$ ruangan sebelah kanan memiliki kontur temperatur yang sebagian besar memiliki range $27^0\text{C} - 27,6^0\text{C}$ sedangkan untuk sebagian kecilnya memiliki *range* temperatur lebih tinggi yaitu $28,8^0\text{C} - 29,4^0\text{C}$.

Pada gambar 4.34 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane* $y = 0,5$ m. Dimana hembusan aliran udara dari *inlet diffuser* sebagian besar masih belum mencapai daerah keseluruhan ruangan. Jangkauan aliran udara yang terlihat belum cukup jauh, udara hanya memiliki kecepatan tertinggi sekitar $0,8$ m/s – $0,9$ m/s. Sedangkan sebagian keseluruhan ruangan masih memiliki kecepatan $0,1$ m/s yaitu pada tengah ruangan, ditunjukkan oleh vektor yang posisinya diam. Perbedaan detik ke-600 dengan detik ke-2000 yaitu pada luas persebaran udara yang semakin membesar.



Gambar 4.36 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $y = 0,5 \text{ m}$ pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-2000



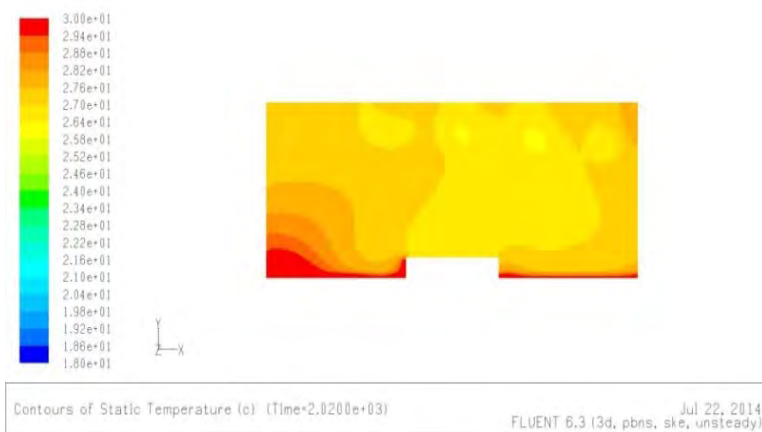
Gambar 4.37 Kontur kecepatan (m/s) pada $y = 0,5 \text{ m}$ pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-2000

c. **Plane $z = 5 \text{ m}$**

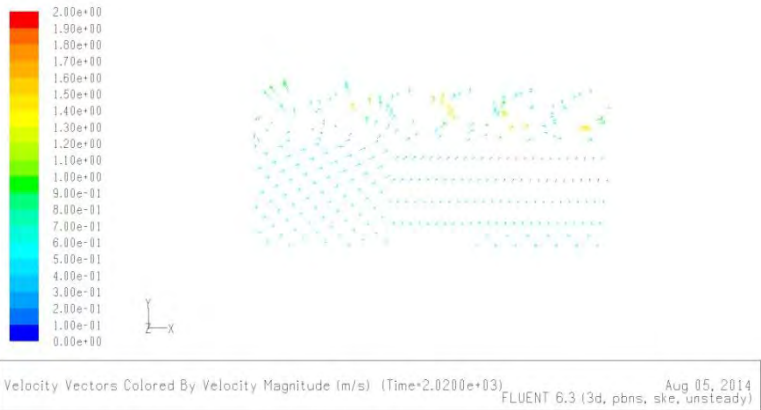
Dari gambar kontur temperatur pada gambar 4.38, distribusi temperatur udara pada *plane* $z = 5 \text{ m}$, pada kontur terlihat sekali bahwa udara tepatnya pada lantai memiliki temperatur paling tinggi yaitu sebesar $28,8^{\circ}\text{C} - 29,4^{\circ}\text{C}$ hal ini dipengaruhi oleh *heat gain* yang dihasilkan oleh penumpang yang

jumlahnya memang lebih banyak daripada variasi beban pendinginan siang hari. Pada detik ke-2000 ini temperatur hampir merata yaitu sekitar $26,4^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$. Perbedaan dengan detik ke-600 adalah membesarnya luasan pada lantai yang memiliki temperatur lebih tinggi tetapi untuk daerah konveyor keatas memiliki temperatur yang sama.

Pada gambar 4.39 menunjukkan vektor kecepatan udara dari *inlet diffuser* pada daerah *plane z = 5 m*. Dimana kecepatan aliran udara tertinggi yaitu pada daerah keluaran *diffuser* yaitu memiliki kecepatan $7,84 \text{ m/s}$. Untuk daerah sekitar keluaran *diffuser* memiliki kecepatan $1,4 \text{ m/s} - 1,5 \text{ m/s}$ dan vektornya sudah mulai menyebar luas dengan warna yang berbeda, ini menunjukkan bahwa kecepatan udara yang menyebar tinggi jika dibandingkan dengan kecepatan udara pada ruangan. Luasan penyebaran udara terlihat meningkat dari pada detik sebelumnya. Selain area tersebut, area udara dingin yang jatuh ke bawah juga semakin meluas seperti yang ditunjukkan pada kontur kecepatan di bawah ini. Udara dingin yang sudah jatuh ke bawah lantai memiliki kecepatan udara sekitar $0,7 \text{ m/s} - 0,8 \text{ m/s}$



Gambar 4.38 Kontur temperatur ($^{\circ}\text{C}$) pada $z = 5 \text{ m}$ pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-2000



Gambar 4.39 Vektor kecepatan (m/s) pada $z = 5$ m pada variasi beban pendinginan malam pada detik ke-2000

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan diskusi tentang studi numerik distribusi temperatur dan kecepatan udara di Ruang Kedatangan 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 kedatangan antara 0,4 s/d 0,8 m/s untuk variasi kasus pertama dengan beban pendinginan siang yang lebih kecil sedangkan untuk variasi kasus pertama dengan beban pendinginan malam yang lebih besar antara 0,4 m/s s/d 0,8 m/s. Distribusi temperatur udara di dalam ruang kedatangan untuk kasus pertama adalah sebesar 21 °C s/d 22°C, sedangkan untuk kasus kedua adalah sebesar 26 °C s/d 27°C.
2. Peletakan peralatan dan jumlah peralatan terutama yang memiliki *heat gain* di dalam ruang kedatangan 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 *boundary condition* untuk manusia tidak dijadikan sebagai *face* melainkan *volume* karena sangat berpengaruh terhadap temperatur dari *face* tersebut.
2. Sangat diperlukan komputer dengan spesifikasi yang tinggi karena dalam simulasi pengkondisian ruangan sangat sulit mencapai konvergenitas dengan waktu yang cepat.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASHRAE, "**Refrigeration**", 1998.
- [2] ASHRAE, "**Fundamental Handbook**", 1997.
- [3] H. Ho Son, Rosario Luis, M. Rahman Muhammad, "**Three Dimensional Analysis for Hospital Operating Room Thermal Comfort and Contaminant Removal**".
- [4] Stoecker, Wilbert F., "**Refrigerasi dan Pengkondisian Udara**", edisi kedua, Erlangga, Jakarta: 1994.
- [5] Widiyanto, 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.
- [6] Zaman, M. Badius, "**Perhitungan Ulang Sistem Pengkondisian Udara pada Ruang Operasi GBPT Rumah Sakit DR. Soetomo**", Tugas Akhir, Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya: 2010.
- [7] Ensu Lim, 2007. "**CFD Analysis of Air Flow Characteristics in Office Room with Task Air Conditioning and Natural Ventilation**". Department of Architectural Engineering, Osaka university, Japan.
- [8] Incropera, Frank P. Et al. 2007. "**Fundamental of Heat and Mass Transfer (ed.6)**". Singapura:John Wiley and Sons.

Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT HIDUP



Erni Zulfa Arini dilahirkan di Nganjuk, 02 Januari 1993. Merupakan putri kelima dari lima bersaudara, dari pasangan H. Nur Usman dan Hj. Siti Aminah.

Memulai pendidikan dasar di SD N 1 Tanjung Tani, Prambon, Nganjuk dan lulus pada tahun 2004, kemudian melanjutkan studinya ke SMP N 4 Kediri dan lulus pada tahun 2007.

Kemudian melanjutkan ke SMA N 7 Kediri dan lulus pada tahun 2010. Setelah menamatkan SMA, penulis melanjutkan studi sarjana di Teknik Mesin ITS, kemudian fokus pada bidang studi Konversi Energi di Laboratorium Mekanika dan Mesin-mesin Fluida. Pada bulan Juli 2014 Penulis menyelesaikan Tugas Akhir di Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Untuk saran, kritik, maupun pertanyaan seputar Tugas Akhir ini dapat menghubungi penulis melalui email dengan alamat ernizulfaarini@gmail.com.

LAMPIRAN

Tabel *heat gain* untuk beberapa aktivitas

Table 1 Representative Rates at Which Heat and Moisture Are Given Off by Human Beings in Different States of Activity

Degree of Activity	Location	Total Heat, Btu/h		Sensible Heat, Btu/h	Latent Heat, Btu/h	% Sensible Heat that is Radiant ^b	
		Adult Male	Adjusted, M/F ^a			Low V ^c	High V ^c
Seated at theater	Theater, matinee	390	330	225	105		
Seated at theater, night	Theater, night	390	350	245	105	60	27
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	450	400	245	155		
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	475	450	250	200		
Standing, light work; walking	Department store; retail store	550	450	250	200	58	38
Walking, standing	Drug store, bank	550	500	250	250		
Sedentary work	Restaurant ^c	490	550	275	275		
Light bench work	Factory	800	750	275	475		
Moderate dancing	Dance hall	900	850	305	545	49	35
Walking 3 mph, light machine work	Factory	1000	1000	375	625		
Bowling ^d	Bowling alley	1500	1450	580	870		
Heavy work	Factory	1500	1450	580	870	54	19
Heavy machine work; lifting	Factory	1600	1600	635	965		
Athletics	Gymnasium	2000	1800	710	1090		