

**PEMODELAN CFD RUANG BERSIH FARMASI**

**SKRIPSI**

Oleh :

**ANDHIKA HERLAMBAANG SETIADI**

**040402007X**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GENAP 2007/2008**

# **PEMODELAN CFD RUANG BERSIH FARMASI**

## **SKRIPSI**

Oleh :

**ANDHIKA HERLAMBAANG SETIADI**

**040402007X**



**SKRIPSI INI DITUJUKAN UNTUK MELENGKAPI  
SEBAGIAN PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GENAP 2007/2008**

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

### **PEMODELAN CFD RUANG BERSIH FARMASI**

Yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan dilingkungan Universitas Indonesia maupun diperguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, Juli 2008

Andhika Herlambang Setiadi

NPM 04 04 02 00 7X

## **PENGESAHAN**

Skripsi dengan judul :

### **PEMODELAN CFD RUANG BERSIH FARMASI**

Dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan telah disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian skripsi dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, Juli 2008

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Ahmad Indra Siswantara

NIP 131 999 249

## UCAPAN TERIMA KASIH

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT, skripsi ini akhirnya dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Tak lupa penulis juga ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak, antara lain:

1. Ibunda dan Ayahanda tercinta beserta kakak dan adik yang tanpa pernah lelah memberikan doa, nasihat, dan dorongan semangat kepada penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Ahmad Indra Siswantara selaku pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaganya dalam membimbing serta menjadi referensi utama dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
3. Dosen-dosen Departemen Teknik Mesin, yang telah banyak memberikan saran dan kritik membangun kepada penulis.
4. Dimas Adrianto, rekan seperjuangan, yang selalu siap berdiskusi demi selesainya skripsi ini.
5. PT. Bristol Myers Squibb dan Mas Budi Susanto, yang telah memberikan waktu dan tempatnya untuk pengambilan data ruang bersih.
6. Seluruh karyawan DTM-FTUI terutama kepada : Mas Awang, Mas Yasin, Mas Syarif, Mas Udiono, dan karyawan lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
7. Teman-teman Mesin angkatan 2004, yang telah banyak membantu memberikan saran dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman di Fiena Boesana : AY, Topik, Askha, Sendy, Berto, Asep, Adam, Panji, Hendras dan Ferdinand dan atas bantuannya dalam penulisan skripsi ini.

9. Juwita Putri Nur'aisyah, yang telah sabar mendengarkan keluh kesah penulis dan juga memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Serta teman-teman dan pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas dukungan baik moriil maupun materiil yang telah diberikan kepada penulis hingga dapat terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan di dalam penulisan dan penyampaian laporan skripsi ini. Baik dalam pengumpulan informasi dan pengolahan data yang didapatkan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun bagi pembaca agar menjadi masukan bagi penulisan karya ilmiah selanjutnya. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat ilmu pengetahuan serta berguna bagi penelitan selanjutnya dimasa depan.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Depok, Juli 2008

Andhika Herlambang Setiadi

NPM 04 04 02 00 7X

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
PENGESAHAN.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SINGKATAN.....	xvi
DAFTAR SIMBOL.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.3 PEMBATASAN MASALAH.....	2
1.4 METODOLOGI PENELITIAN.....	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN.....	3
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	5
2.1 INDOOR AIR QUALITY.....	5
2.1.1 Penjelasan Umum.....	5
2.1.2 Penyebab Kualitas Udara Yang Buruk.....	7
2.1.3 Solusi Buruknya Kualitas Udara Dalam Ruang.....	8
2.2 RUANG BERSIH.....	9
2.2.1 Penjelasan Umum.....	9
2.2.2 Aplikasi-Aplikasi Ruang Bersih.....	10

2.2.3	Konsep Dasar Ruang Bersih .....	12
2.2.4	Klasifikasi Ruang Bersih .....	17
2.2.5	Partikel-Partikel Kontaminan.....	19
2.2.6	Kinerja Dari Ruangan Ruang Bersih .....	20
2.2.7	Kontrol ruang bersih .....	20
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN, PENGAMBILAN DATA DAN SIMULASI.....	23
3.1	METODOLOGI PENELITIAN .....	23
3.2	PENGAMBILAN DATA.....	24
3.2.1	Data Ekperimen .....	24
3.2.2	Cara Pengukuran.....	25
3.3	SIMULASI.....	31
3.3.1	Proses Pembuatan Geometri .....	31
3.3.2	Proses Simulasi Geometri.....	34
BAB 4	DATA PENGUKURAN.....	35
4.1	DATA PENGUKURAN <i>CRITICAL AREA</i> .....	35
4.2	DATA PENGUKURAN RUANGAN LUAR .....	36
4.3	DATA PENGUKURAN GEOMETRI.....	37
BAB 5	VALIDASI DATA DAN HASIL SERTA ANALISA PEMODELAN .	38
5.1	Validasi Data .....	38
5.1.1	Validasi Data Kecepatan.....	39
5.1.2	Validasi Data Temperatur.....	40
5.1.3	Nilai Penyimpangan.....	41
5.2	HASIL DAN ANALISA PEMODELAN DENGAN OPERATOR ....	43
5.2.1	Hasil dan Analisa Pola Aliran Udara .....	43
5.2.2	Hasil dan Analisa Distribusi Kecepatan.....	45
5.2.3	Analisa Distribusi Temperatur dan Kenaikan Temperatur .....	48
5.2.4	Analisa Distribusi Tekanan.....	51
5.2.5	Hasil dan Analisa Pola Aliran Kontaminan.....	54
5.3	HASIL DAN ANALISA PEMODELAN TANPA OPERATOR.....	55
	Secara umum, tidak ada perbedaan yang besar antara hasil pemodelan dengan adanya operator dengan hasil pemodelan tanpa operator. Perbedaan terdapat pada distribusi temperatur dimana dengan adanya operator, terdapat sumber <i>heat</i> sebesar masing-masing 80 W.....	55
5.3.1	Hasil dan Analisa Pola Aliran Udara .....	56
5.3.2	Hasil dan Analisa Distribusi Kecepatan.....	57
5.3.3	Analisa Distribusi Temperatur .....	58
5.3.4	Analisa Distribusi Tekanan.....	60



BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....	62
6.1 KESIMPULAN .....	62
6.2 SARAN .....	63
DAFTAR PUSTAKA .....	64
LAMPIRAN 1.....	65
LAMPIRAN 2 .....	68
LAMPIRAN 3.....	79



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Inlet Critical area.....	25
Gambar 3.2 Outlet Critical area.....	26
Gambar 3.3 Corong <i>Outlet</i> .....	27
Gambar 3.4 <i>Inlet</i> Luar.....	27
Gambar 3.5 <i>Outlet</i> Luar.....	28
Gambar 3.6 Titik – Titik <i>Outlet</i> .....	28
Gambar 3.7 Geometri <i>Cleanroom</i> .....	33
Gambar 5.1 Dinding Depan dan Dinding Acuan.....	38
Gambar 5.2 Titik Validasi.....	39
Gambar 5.3 Pola Aliran Udara.....	43
Gambar 5.4 Pola Aliran Udara di <i>Critical Area</i> .....	44
Gambar 5.5 Garis Kecepatan Aliran.....	45
Gambar 5.6 Distribusi Kecepatan Bidang XZ Y = 1 m.....	46
Gambar 5.7 Distribusi Kecepatan Bidang XZ Y = 0.1 m.....	46
Gambar 5.8 Distribusi Kecepatan Bidang XY Z = -0.35 m.....	47
Gambar 5.9 Distribusi Temperatur Bidang XZ Y = 1 m.....	48
Gambar 5.10 Distribusi Temperatur Bidang XZ Y = 0.1 m.....	48
Gambar 5.11 Distribusi Temperatur Bidang XY Z = -0.35 m.....	49
Gambar 5.12 Distribusi Tekanan Bidang XZ Y = 1 m.....	51
Gambar 5.13 Garis Plot Distribusi Tekanan.....	51
Gambar 5.14 Distribusi Tekanan Bidang XZ Y = 0.1 m.....	52
Gambar 5.15 Distribusi Tekanan Bidang XY Z = -0.35 m.....	53
Gambar 5.16 Pola Aliran Kontaminan.....	55
Gambar 5.17 Pola Aliran Udara.....	56
Gambar 5.18 Distribusi Kecepatan Bidang XZ Y = 1 m.....	57
Gambar 5.19 Distribusi Kecepatan Bidang XZ Y = 0.1 m.....	57
Gambar 5.20 Distribusi Kecepatan Bidang XY Z = -0.35 m.....	58
Gambar 5.21 Distribusi Temperatur Bidang XZ Y = 1 m.....	58
Gambar 5.22 Distribusi Temperatur Bidang XZ Y = 0.1 m.....	59
Gambar 5.23 Distribusi Temperatur Bidang XY Z = -0.35 m.....	60
Gambar 5.24 Distribusi Tekanan Bidang XZ Y = 1 m.....	60
Gambar 5.25 Distribusi Temperatur Bidang XZ Y = 0.1 m.....	61
Gambar 5.26 Distribusi Temperatur Bidang XY Z = -0.35 m.....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Aplikasi <i>cleanroom</i> .....	11
Tabel 2.2 Standar ruang bersih berdasarkan US FED 209E.....	17
Tabel 2.3 Standar ruang bersih ISO 14644-1.....	18
Tabel 2.4 Standar ruang bersih berdasarkan BS 5295.....	18
Tabel 3.1 Data-data pengukuran.....	24
Table 4.1 Data Laju Kecepatan Udara dan Temperatur pada Masukan/ <i>Inlet Critical Area</i> .....	35
Table 4.2 Data Laju Kecepatan Udara pada Keluaran/ <i>Outlet Critical Area</i> .....	35
Tabel 4.3 Data Laju Kecepatan Udara pada Corong.....	36
Tabel 4.4 Data Laju Kecepatan Udara dan Temperatur pada Masukan/ <i>Inlet Ruang Luar</i> .....	36
Table 4.5 Data Laju Kecepatan Udara pada Keluaran/ <i>Outlet Ruang Luar</i> .....	37
Tabel 4.6 Data Geometri Ruang serta Perlengkapan.....	37
Tabel 5.13 Penyimpangan Kecepatan Horizontal.....	42
Tabel 5.14 Penyimpangan Kecepatan Vertikal.....	42
Tabel 5.15 Penyimpangan Temperatur Horizontal.....	42
Tabel 5.16 Penyimpangan Temperatur Vertikal.....	43

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1 Psychrometric chart .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Grafik 5.1 Validasi Data Kecepatan Horizontal .....	39
Grafik 5.2 Validasi Data Kecepatan Vertikal .....	40
Grafik 5.3 Validasi Temperatur Horizontal .....	40
Grafik 5.4 Validasi Data Temperatur Vertikal .....	41
Grafik 5.5 Grafik Kecepatan Aliran .....	45
Grafik 5.6 Distribusi Temperatur .....	49
Grafik 5.7 Kenaikan Temperatur .....	50
Grafik 5.8 Distribusi Tekanan Atas .....	52
Grafik 5.9 Distribusi Tekanan Bawah .....	53
Grafik 5.10 Distribusi Tekanan Horizontal .....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

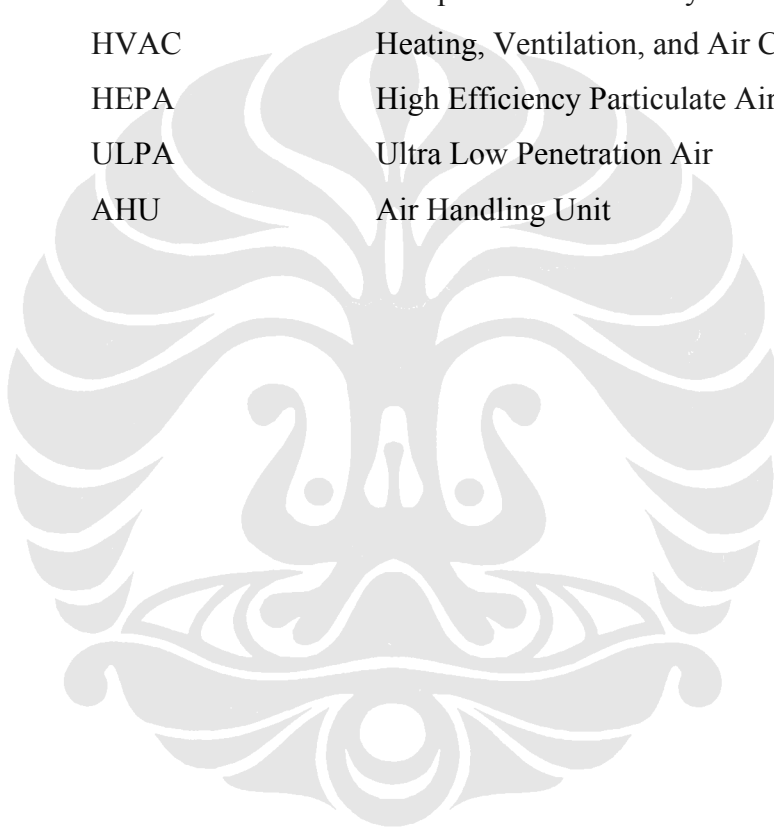
**Lampiran 1** Tabel Validasi Data

67



## DAFTAR SINGKATAN

CFD	Computational Fluids Dynamics
HVAC	Heating, Ventilation, and Air Conditioning
HEPA	High Efficiency Particulate Air
ULPA	Ultra Low Penetration Air
AHU	Air Handling Unit



## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
s	suplai konsentrasi partikel udara	particle/m <sup>3</sup>
v	suplai volume udara rata – rata	/h
g	tingkat pertumbuhan partikel internal	partikel/m <sup>3</sup> h
x	konsentrasi udara balik	particle/m <sup>3</sup>