

TUGAS SARJANA
BIDANG KONVERSI ENERGI

SIMULASI ALIRAN FLUIDA
PADA BLOWER SENTRIFUGAL DENGAN MENGGUNAKAN CFD
(COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC)



Diajukan sebagai Syarat Memperoleh Gelar Kesarjanaan Strata Satu (S-1)
Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Disusun oleh:

NAMA : GOGO TRI WIBOWO
NIM : L2E 004 397

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2009

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Gogoh Tri Wibowo
NIM : L2E 004 397

Dosen Pembimbing : 1. Dr.MSK Tony Suryo, ST, MT
2. Dr.Ir.Dipl Ing Berkah Fajar TK

Jangka Waktu : 8 (delapan) bulan

Judul : SIMULASI ALIRAN FLUIDA PADA BLOWER
SENTRIFUGAL DENGAN MENGGUNAKAN CFD
(COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC)

Isi Tugas : 1. Mensimulasikan Kerja Blower Sentrifugal
2. Mengukur Fluida Tekanan
3. Menentukan Pola Aliran Fluida

Semarang, Januari 2010

Dosen Pembimbing

Dr.MSK Tony Suryo, ST, MT

NIP : 132 321 137

Co. Pembimbing

Dr.Ir.Dipl Ing Berkah Fajar TK

NIP : 131 668 482

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir dengan judul “ **Simulasi Aliran Fluida Pada Blower Sentrifugal** ”
yang disusun oleh :

Nama : Gogoh Tri Wibowo

NIM : L2E 004 397

Jurusan : Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang

Telah disetujui dan disahkan pada :

Hari :

Tanggal : Januari 2010

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr.MSK.Tony Suryo,ST,MT
NIP.132 321 137

Dr.Ir.Dipl.Ing. Berkah Fajar T K
NIP. 131 668 482

Mengetahui

Koordinator Tugas Akhir

Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro

Dr.MSK.Tony Suryo, ST, MT
NIP.132 231 137

ABSTRAK

Blower Sentrifugal adalah alat yang digunakan untuk memproduksi udara yang dapat dikondisikan. Laporan ini membahas tentang simulasi aliran fluida pada blower sentrifugal dengan menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamic*). Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk memprediksi karakteristik aliran yang lebih akurat dan memberikan analisa tentang kecepatan dan tekanannya. Untuk mengevaluasi keakuratan dari simulasi aliran fluida maka hasil analisa yang dikomputasikan dibandingkan dengan pengolahan data yang dilakukan di laboratorium.

Laporan ini difokuskan pada dua hal. Yang pertama, memvariasikan sudut impeller terhadap dinamika fluida dan hubungannya dengan laju aliran fluida. Yang kedua difokuskan pada perbandingan data yang diperoleh dari simulasi dan data eksperimen. Simulasi model blower pada CFD (*Computational Fluid Dynamic*) menggunakan pemodelan software CATIA sebagai pembentukan frame awal, kemudian diimport pada GAMBIT untuk pemberian kondisi batas dan penggenerasian mesh, selanjutnya dilakukan analisa dan penghitungan pada FLUENT dengan menggunakan persamaan $k-\epsilon$ untuk memprediksi keakuratan dan efisiensi komputasi.

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut : pemakaian variasi sudut impeller tidak memberikan efek penurunan mass flow rate, tetapi menyebabkan terjadinya peningkatan nilai mass flow rate, pemakaian impeller dengan variasi sudut yang semakin besar akan mengakibatkan nilai mass flow rate yang semakin besar, pemakaian variasi sudut impeller lebih ditujukan untuk meningkatkan performansi blower sehingga ketika melaju pada kecepatan tinggi, blower tetap dalam keadaan stabil.

ABSTRACT

Centrifugal Blower is appliance used to produce air able to be conditioned. This report study about fluid flow simulation in centrifugal blower by using CFD (Computational Fluid Dynamic). Target of which wish to be reached is to more accurate stream characteristic prediction and give analysis about speed and its pressure. To evaluate accuracy of fluid flow simulation hence result of analysis which is computing compared to data processing in laboratory.

This report is focussed by two matter. First, angle corner variation of impeller to fluid dynamics and its fastly fluid flow. Second, focussed by comparison of obtained of experiment result and simulation. Simulation model blower by CFD (Computational Fluid Dynamic) using CATIA software as forming of frame early, then imported in GAMBIT for the giving of boundary condition and generation of mesh, then analyse and calculate at FLUENT by using equation of $k-\epsilon$ for prediction of computing efficiency and accuracy.

Result of which is obtained at this research shall be as follows : usage of angle corner variation of impeller do not give effect degradation of rate flow mass, but causing the happening of make-up of value of mass rate flow, usage of impeller with ever greater angle corner variation of will result value of mass ever greater rate flow, usage of angle corner variation of impeller more addressed to increase performansi of blower so that when accelerate at full tilt, blower remain to in a state of stabilizing.

PERSEMBAHAN

Hanya kepada Engkaulah kami menyembah dan hanya kepada Engkau jualah kami meminta pertolongan.(Q.S. Al Fatihah 5).

Kupersembahkan Tugas Sarjana ini untuk kedua orangtuaku yang telah memberikan kasih sayang selama ini.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah S.W.T, karena berkat rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul “*SIMULASI ALIRAN FLUIDA PADA BLOWER SENTRIFUGAL DENGAN MENGGUNAKAN CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC)*”. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi pada program strata satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih atas bimbingan, bantuan, serta dukungan kepada :

1. Bapak Dr.Msk Tony Suryo,ST.MT, selaku dosen pembimbing I dan Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
2. Bapak Dr.Ir.Dipl Ing Berkah Fajar TK, selaku dosen pembimbing II dan Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
3. Kedua orang tua dan kakak atas doa, bantuan serta dorongannya selama ini.
4. Teman-teman Mahasiswa Teknik Mesin angkatan 2004 yang telah banyak membantu penulis baik secara moril, maupun materiil.
5. Serta seluruh pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis menyadari banyak kekurangan. Oleh karena itu segala kritik yang bersifat membangun akan diterima dengan senang hati untuk kemajuan bersama. Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada siapa saja yang membutuhkan data maupun referensi yang ada dalam laporan ini.

Terima kasih.

Semarang, Januari 2010

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
NOMENKLATUR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Metode Penyelesaian Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Resistensi Sistem	7
2.2 Karakteristik Blower.....	8
2.3 Karakteristik Sistem.....	9
2.4 Hukum Kecepatan	11
2.5 Jenis-jenis Blower	12
2.5.1 Blower Sentrifugal.....	12
2.5.2 Blower jenis <i>positive-displacement</i>	13

2.5.3	Gaya Sentrifugal pada Blower	13
2.5.4	Komponen Blower Sentrifugal	14
2.5.5	<i>Casing</i> Blower	15
2.5.6	Prinsip Kerja Blower Sentrifugal.....	17
2.6	Pengkajian Terhadap Blower.....	18
2.6.1	Pengertian Kinerja atau Efisiensi.....	18
2.7	Metodologi Pengkajian Kinerja	20
2.8	Kesulitan dalam mengkaji kinerja Blower	22
2.9	Peluang Efisiensi Energi	23
2.9.1	Memilih Blower yang benar	23
2.9.2	Menurunkan resistensi sistim	24
2.9.3	Mengoperasikan mendekati BEP	25
2.9.4	Memelihara Blower secara teratur	25
2.9.5	Mengendalikan aliran udara	25
BAB III DASAR METODA VOLUME HINGGA DALAM FLUENT 6.3.26		27
3.1	CFD.....	27
3.2	Software FLUENT.....	27
3.2.1	Pre-processor dan identifikasi masalah.....	27
3.2.2	Solver	28
3.2.3	Post-processor	28
3.3	Skema Numerik	30
3.3.1	Metode Solusi <i>Segregated</i>	30
3.3.2	Metode Solusi <i>Coupled</i>	32
3.4	Diskretisasi.....	33
3.4.1	<i>First-order Upwind</i>	34
3.4.2	<i>Second-order Upwind</i>	35
3.4.3	<i>Power-law</i>	35
3.4.4	Bentuk Linear Persamaan Diskret	37

3.4.5	<i>Under-relaxation Factor</i>	38
3.5	<i>Segregated Solver</i>	38
3.5.1	Diskretisasi Persamaan Momentum.....	39
3.5.2	Skema Interpolasi Tekanan.....	39
3.5.2.1	Standar	39
3.5.2.2	Linear	39
3.5.2.3	<i>Second-order</i>	39
3.5.2.4	<i>Body-force weighted</i>	40
3.5.3	Diskretisasi Persamaan Kontinuitas.....	40
3.5.4	<i>Pressure-Velocity Coupling</i>	41
3.5.4.1	SIMPLE	41
3.5.4.2	SIMPLEC.....	43
3.5.4.3	PISO.....	43
3.6	Diskretisasi Waktu (<i>Temporal Discretization</i>)	45
3.6.1	Integrasi Waktu Implicit	46
3.6.2	Integrasi Waktu Explicit	47
3.7	Diskretisasi <i>Coupled Solver</i>	47
3.7.1	Aturan Persamaan-Persamaan dalam Bentuk Vektor	47
3.7.2	<i>Preconditioning</i>	48
3.7.3	Diskritisasi Temporal untuk <i>Steady-State Flows</i>	51
3.7.4	Diskritisasi Temporal untuk <i>Unsteady-State Flows</i>	52
3.8	Model Turbulen (Turbulence Models).....	53
3.8.1	Permodelan <i>k-epsilon</i> ($k-\epsilon$)	53
3.8.1.1	Standar	53
3.8.1.2	<i>RNG</i>	54
3.8.1.3	<i>Realizable</i>	54
3.8.2	Pemodelan <i>k-omega</i> ($k-\omega$)	55
3.8.2.1	Standar	55
3.8.2.2	<i>SST</i>	55

3.9	Perlakuan Dekat-Dinding.....	55
3.9.1	Standard <i>Wall Function</i>	57
3.9.1.1	<i>Nonequilibrium Wall Function</i>	58
3.9.1.2	<i>Two-Layer Zonal Model</i>	59
3.10	Intensitas Turbulent	59
3.10.1	Rasio Viskositas Turbulent.....	59
3.11	Adapsi Grid.....	60
3.11.1	Proses Adapsi.....	60
3.11.1.1	<i>Hanging Node Adaption</i>	60
3.11.1.2	<i>Conformal Adaption</i>	61
3.11.2	Adapsi Y^+ dan Y^*	62
3.12	Jenis Grid	63
3.13	Kualitas Mesh	64
3.13.1	Kerapatan Nodal	64
3.13.2	Kehalusan (<i>smoothness</i>)	65
3.13.3	Bentuk Cel	65
BAB IV EKSPERIMEN DATA REAL.....		66
4.1	Dasar Perhitungan	66
4.2	Metodologi Eksperimental.....	66
4.3	Perhitungan Eksperimental	67
4.3.1	Penentuan Tekanan Total dan Tekanan Statik.....	67
4.3.2	Penentuan Kecepatan Aliran Udara.....	67
4.4	Alat-alat yang digunakan dalam laboratorium.....	70
4.3.1	Profil Kecepatan.....	72
4.5	Pengukuran Kecepatan menggunakan Manometer.....	73
4.6	Pengukuran Kecepatan menggunakan Tabung Pitot	74
4.7	Pengolahan Data Eksperimen Laboratorium	76

BAB V	SIMULASI VARIABEL DALAM FLUENT	88
5.1	Model Benda.....	88
5.2	Proses Simulasi	89
5.3	Simulasi Blower Sentrifugal.....	91
4.3.1	Model Komputasi	91
4.3.2	Penggenerasian <i>Mesh</i>	92
4.3.3	Simulasi Kasus.....	93
	5.3.5.1 <i>Turbulence Models</i>	93
	5.3.5.2 <i>Mass Flow Rate</i>	93
	5.3.5.3 Kondisi Batas	93
4.3.4	Langkah-langkah Pengerjaan.....	94
4.3.5	Keterangan Pengerjaan Simulasi Blower Sentrifugal.....	97
	5.3.5.1 Sifat Fluida (<i>Fluid Property</i>)	98
	5.3.5.2 Kondisi Batas	98
	5.3.5.3 Pembuatan Grid	99
	5.3.5.4 Proses dan Hasil Simulasi.....	100
	5.3.5.5 Simulasi Opsi.....	101
	5.3.5.6 Simulasi Model Turbulensi.....	101
	5.3.5.7 Simulasi <i>Control Solution</i>	102
	5.3.5.8 Simulasi <i>Grid</i>	103
	5.3.5.9 Proses Adapsi.....	104
BAB VI	ANALISA HASIL SIMULASI	107
6.1	Simulasi <i>Turbulence Models</i> Pada Kasus <i>Steady</i>	107
6.2	Simulasi Kondisi Batas Dinding.....	107
6.3	Simulasi Variasi Sudut Impeller	111
6.4	Visualisasi Simulasi.....	117
6.5	Adapsi Sell Simulasi	119
6.6	Simulasi <i>Turbulence Models</i> Pada Kasus <i>Unsteady</i>	123
6.7	Waktu Komputasi	131

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	133
7.1 Kesimpulan	133
7.2 Saran	133
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Tabel Profil Kecepatan Inlet dng menggunakan Manometer.....	80
Tabel 4.2	Tabel Profil Kecepatan Outlet dng menggunakan Manometer.....	80
Tabel 4.3	Tabel Profil Kecepatan Inlet dng menggunakan Tabung Pitot.....	81
Tabel 4.4	Tabel Profil Kecepatan Outlet dng menggunakan Tabung Pitot.....	81
Tabel 6.1	Model Solusi dalam simulasi dan komputasi kasus Steady.....	107
Tabel 6.2	Mass Flow Rate dengan variasi kondisi batas dinding kasus Steady	107
Tabel 6.3	Mass Flow Rate dari berbagai variasi sudut impeller kasus Steady	115
Tabel 6.4	Δ Pressure dari berbagai variasi sudut impeller kasus Steady.....	116
Tabel 6.5	Adapsi Sell dari berbagai variasi sudut impeller kasus Steady.....	119
Tabel 6.6	Model solusi dalam simulasi dan komputasi kasus Unsteady	123
Tabel 6.7	<i>Mass Flow Rate</i> batas dinding pada kasus Unsteady.....	124
Tabel 6.8	Mass Flow Rate variasi sudut impeller kasus Unsteady	128
Tabel 6.9	Δ Pressure variasi sudut impeller kasus Unsteady.....	129
Tabel 6.10	Adapsi Sell dari variasi sudut impeller kasus Unsteady	130
Tabel 6.11	Parameter waktu komputasi untuk variasi sudut impeller	131

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kurva Sistim dan Pengaruhnya pada Resistansi	9
Gambar 2.2	Kurva Efisiensi	10
Gambar 2.3	Kurva kinerja	12
Gambar 2.4	Kecepatan, tekanan dan daya	12
Gambar 2.5	Blower Sentrifugal	13
Gambar 2.6	Laju aliran impeller	18
Gambar 2.7	Gambar Impeller dan penutup impeller	19
Gambar 2.8	Efisiensi versus Laju alir	20
Gambar 2.9	Pengukuran Tekanan Kecepatan dengan Tabung <i>Pitot</i>	22
Gambar 2.10	Pemakaian Daya Relatif Opsi-opsi Pengendalian Aliran	27
Gambar 3.1	Diagram Alir Prosedur Simulasi FLUENT	30
Gambar 3.2	Skema metode solusi <i>Segregated</i>	32
Gambar 3.3	Skema metode solusi <i>Coupled</i>	33
Gambar 3.4	Volum kendali ilustrasi diskretisasi persamaan transpor skalar	35
Gambar 3.5	Variasi variable ϕ antara $x = 0$ and $x = L$	38
Gambar 3.6	Sub-pembagian daerah dekat-dinding	57
Gambar 3.7	Perlakuan dinding (a) fungsi dinding (b) model dekat-dinding	58
Gambar 3.8	Contoh <i>Hanging Node</i>	62
Gambar 3.9	Hasil <i>Conformal Refinement</i>	63
Gambar 3.10	<i>Conformal Coarsening</i>	63
Gambar 3.11	Hasil Meshing Menggunakan Adapsi Y^+	64
Gambar 3.12	Tipe Sel 2D	65
Gambar 3.13	Tipe Sel 3D	65
Gambar 4.1	Gambar Blower Sentrifugal	67
Gambar 4.2	Gambar Bench	70
Gambar 4.3	Gambar Centrifugal Fan	70
Gambar 4.4	Gambar Fan Stater	71

Gambar 4.5	Gambar Tabung Pitot.....	71
Gambar 4.6	Gambar Manometer	71
Gambar 4.7	Pressure conection	72
Gambar 4.8	Profil kecepatan Blower Sentrifugal Inlet dan Outlet.....	73
Gambar 4.9	Pengukuran kecepatan dengan menggunakan Anemometer.....	73
Gambar 4.10	Pengukuran kecepatan dengan menggunakan Tabung Pitot.....	74
Gambar 5.1	Model Simulasi Blower Sentrifugal.....	88
Gambar 5.2	Hasil CFD(<i>Computational Fluid Dynamic</i>).....	89
Gambar 5.3	Diagram Alir 1	90
Gambar 5.4	Diagram Alir 2	91
Gambar 5.5	Hasil Penggenerasian mesh Pada Domain.....	93
Gambar 5.6	Panel Pemodelan Aliran.....	95
Gambar 5.7	Panel solusi kendali sebagai variabel simulasi (opsi).....	96
Gambar 5.8	Peranan opsi dalam memecahkan persamaan	97
Gambar 5.9	Daerah asal untuk Blower Sentrifugal	98
Gambar 5.10	Kondisi Batas untuk daerah asal	99
Gambar 5.11	Grid persegi terstruktur untuk mesh daerah asal aliran laminar	99
Gambar 5.12	Grafik Konvergensi Blower Sentrifugal	103
Gambar 5.13	Display Grid Dinding Blower Sentrifugal	103
Gambar 6.1	Aliran partikel fluida pada penampang radial arah sumbu Y	110
Gambar 6.2	Variasi sudut impeller dengan kemiringan sudut 45^0	111
Gambar 6.3	Variasi sudut impeller dengan kemiringan sudut 50^0	111
Gambar 6.4	Variasi sudut impeller dengan kemiringan sudut 55^0	111
Gambar 6.5	Variasi sudut impeller dengan kemiringan sudut 60^0	112
Gambar 6.6	Variasi sudut impeller dengan kemiringan sudut 65^0	112
Gambar 6.7	Variasi sudut impeller dengan kemiringan sudut 70^0	112
Gambar 6.8	Variasi sudut impeller dengan kemiringan sudut 75^0	112
Gambar 6.9	Variasi sudut impeller dengan kemiringan sudut 80^0	113
Gambar 6.10	Variasi sudut impeller dengan kemiringan sudut 85^0	113

Gambar 6.11 Variasi sudut impeller dengan kemiringan sudut 90^0	113
Gambar 6.12 Pengaruh variasi sudut impeller terhadap mass flow rate.....	114
Gambar 6.13 Pengaruh variasi sudut impeller terhadap nilai Δ pressure	115
Gambar 6.14 Visualisasi <i>path line k-ϵ standard</i>	117
Gambar 6.15 Gambar <i>Vector of Velocity Magnitude and Static Pressure</i>	117
Gambar 6.16 Gambar <i>Snapshot Velocity Vectors</i>	118
Gambar 6.17 Gambar <i>Contour of Velocity Magnitude and Static Pressure</i>	118
Gambar 6.18 Perbandingan sel (a) sebelum adaptasi,(b) adaptasi 1,(c) adaptasi 2.....	119
Gambar 6.19 Panel <i>Report Reference Value</i>	120
Gambar 6.20 Contours Static Pressure Pada kasus Unsteady	126
Gambar 6.21 Mass Flow Rate Simulasi (Steady & Unsteady) vs Eksperimen	127
Gambar 6.22 Perbandingan Nilai Δ Pressure Simulasi vs Eksperimen.....	129
Gambar 6.23 Diagram batang waktu komputasi	132

NOMENKLATUR

Lambang	=	Nama	Satuan
A	=	area permukaan	[m ²]
h	=	entalpi	[kJ/kg]
m	=	massa	[kg]
k_{eff}	=	konduktifitas efektif	[W/m. K]
k_t	=	konduktifitas turbulen	[W/m. K]
c	=	kecepatan suara	[m/s]
N_{sisi}	=	jumlah sisi sel	[-]
L	=	panjang karakteristik dari geometri daerah aliran	[m]
T	=	temperatur	[K]
M	=	bilangan Mach	[-]
μ	=	<i>viskositas fluida</i>	[kg/ m.s]
\hat{n}	=	vektor kecepatan arah normal	[-]
p	=	tekanan	[Pa]
ρ	=	massa jenis	[kg/m ³]
Re	=	bilangan Reynold	[-]
S	=	luasan acuan	[m ²]
\hat{t}	=	vektor kecepatan arah tangensial	[-]
τ	=	tegangan geser	[
u	=	kecepatan aliran	[m/s]
V_{∞}	=	kecepatan fluida relatif	[m/s]
v	=	kecepatan relatif	[m/s]