

## **MOTTO**

***“ Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah keadaan mereka sendiri”***

***(Q.S. Ar-Ra'du : 11)***

***“ Apalah arti proses jika tiada hasil, dan apalah arti hasil tanpa suatu proses, setiap hasil pasti melalui tahap demi tahap dari suatu proses “***

***(Dedy Milano)***

**“Ing Madya Mangun Karsa, Ing Ngarsa Sun Tulodho,  
Tut Wuri Handayani “  
(Ki Hajar Dewantara)**

**“Berusaha dan berdoa dalam melaksanakan pekerjaan maupun mengatasi permasalahan, tidak lupa pula selalu bersyukur atas nikmat-Nya”**

**(Ayahanda & Ibunda)**

**PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**



**Saya yang bertandatangan di bawah ini:**

**Nama** : Dedy Meilanto Nugroho  
**NIM** : 20120130156  
**Program studi** : Teknik Mesin  
**Fakultas** : Teknik  
**Jenis karya** : Skripsi  
**Judul karya** : Simulasi CFD Aliran *Stratified* Air-Udara Searah  
Pada Pipa Horisontal

**Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.**

**Yogyakarta, Desember 2016  
Yang menyatakan,**

**Dedy Meilanto Nugroho**

## PERSEMBAHAN



Dia memberikan hikmah (ilmu yang berguna) kepada siapa yang dikehendaki Nya. Barang siapa yang mendapat hikmah itu sesungguhnya ia telah mendapat kebajikan yang banyak. Dan tiadalah yang menerima peringatan melainkan orang-orang yang bertawakal. (Q.S. Al-Baqarah: 269)

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayah dan Ibu tercinta, terimakasih atas kasih sayang dan dukungan yang kalian berikan.
2. Adekku tercinta Sari Nia Anggraini yang sudah menyemangati dan mendukung terselesaikannya skripsi ini.
3. Kakak-kakak tersayang, yang telah memberikan motivasi, nasehat serta dukungan.
4. Dr. Sukamta, S.T., M.T dan Thoharuddin, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing tugas akhir.
5. Tito Hadji Agung Santoso, S.T., M.T. Selaku dosen penguji tugas akhir.
6. Teman-teman Teknik Mesin UMY semua angkatan, terutama TM 2012 yang selalu memberi dukungan satu sama lain.
7. Seseorang yang istimewa, serta sahabat-sahabat ku dari kos-kosan *Ik\*\*-ik\*\**, Fajar (*payeng*), Priyo (*jendol*), Haerul (*irul*), Roy (*icuk alias kuro*), Virza (*mubar*), Amran (*a'a ros*), Nana (*gosol*) dan *Singo Lover's* yang telah menyemangati dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai.

## KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami bisa menyelesaikan Tugas Akhir kami dengan judul **“SIMULASI CFD ALIRAN STRATIFIED AIR-UDARA SEARAH PADA PIPA HORIZONTAL”**. Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan akademis menyelesaikan Program Strata-1 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini kami ucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng. Selaku ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Sukamta, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing 1 yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberi bimbingan dan petunjuk sampai Tugas Akhir ini selesai.
3. Bapak Thoharudin, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing 2 yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberi bimbingan dan petunjuk sampai Tugas Akhir ini selesai.
4. Tito Hadji Agung Santoso, S.T., M.T. Selaku dosen penguji tugas akhir.
5. Bapak Suparno dan Ibu Nurul Hidayati serta seluruh keluarga atas dukungan morilnya selama ini.
6. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Mesin 2012, “M” Solidarity Forever.
7. Seluruh mahasiswa Teknik Mesin, “M” Solidarity Forever.
8. Saudara Virza, Roy dan Ridwan selaku team *CFD* yang sudah bekerja keras mencoba-coba simulasi walaupun selalu gagal tapi berkat kerja keras dan usaha kita semua akhirnya selesai juga ini skripsi.
9. Saudara Immawan, Haris dan Mas Ajim yang sudah banyak membantu dalam mengajari program *Ansys Fluent 15* ini.
10. Seluruh pihak yang telah membantu kami, yang tak dapat kami sebutkan semua satu per satu. Karena keterbatasan dalam pengetahuan dan pengalaman, kami menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam Tugas Akhir kami ini. Maka kritik dan saran dari anda sangat kami harapkan untuk pengembangan selanjutnya. Besar harapan kami sekecil apapun informasi yang ada di buku kami ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, Desember 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori.....	17
2.2.1 Aliran Fluida.....	17
2.2.2 Pola Aliran Fluida Pada Pipa Horisontal.....	19
2.2.3 Pengaruh Aliran <i>Stratified</i> .....	20
2.2.4 Kecepatan Superfisial .....	20
2.2.5 Komputasi Dinamika Fluida.....	22
2.3 <i>Fluent</i> .....	23
2.3.1 Struktur Program .....	26
2.3.2 Gambaran Penggunaan <i>Fluent</i> .....	26

2.3.3	Merencanakan Analisis <i>CFD</i> .....	26
2.3.4	Langkah Penyelesaian Masalah.....	27
2.3.5	Kondisi Batas dan Parameter pada Kondisi Batas.....	27
2.3.6	<i>Velocity Inlet</i> .....	28
2.3.7	<i>Mass Flow Inlet</i> .....	28
2.3.8	<i>Pressure Inlet</i> .....	28
2.3.9	<i>Pressure Outlet</i> .....	28
2.3.10	<i>Out Flow</i> .....	29
2.3.11	<i>Pressure Far-Inlet</i> .....	29
2.3.12	<i>Inlet Vent dan Outlet Vent</i> .....	29
2.3.13	<i>Intake Fan dan Exhaust Fan</i> .....	29
2.3.14	Dinding ( <i>wall</i> ).....	29
2.3.15	<i>Symetry dan Axis</i> .....	30
2.3.16	<i>Periodic</i> .....	30
2.3.17	<i>Cell Zone : Fluid</i> .....	30
2.3.18	<i>Cell Zone : Solid</i> .....	30
2.3.19	<i>Porous Media</i> .....	30
2.3.20	Kondisi Batas Internal.....	31
2.4	Persamaan Umum <i>Fluent</i> .....	31
2.4.1	Persamaan Kekekalan Massa.....	31
2.4.2	Persamaan Kekekalan Momentum.....	33
2.5	<i>General</i> .....	36
2.5.1	<i>Solver</i> .....	36
2.6	<i>Models</i> .....	37
2.6.1	Multifasa.....	37
2.6.2	Viskositas.....	37
2.6.3	Model <i>k-epsilon</i> .....	38
2.6.4	Model <i>k-omega</i> .....	39
2.6.5	<i>Reynold Stress</i> .....	39
2.6.6	<i>Detached Eddy Simulation (DES)</i> .....	40
2.6.7	<i>Large Eddy Simulation (LES)</i> .....	40

2.7	<i>Solution Methods</i> .....	40
2.7.1	<i>Scheme</i> .....	40
2.7.2	<i>Gradient</i> .....	41
2.7.3	<i>Pressure</i> .....	42
2.7.4	<i>Momentum, Turbulent Kinetic Energy, Turbulent Dissipation Rate</i> ...42	
2.8	<i>Solution Intialization</i> .....	43
2.8.1	<i>Intialization Methods</i> .....	43
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>45</b>
3.1	Alat Penelitian.....	45
3.1.1	Prosedur penggunaan Software Ansys 15.0.....	45
3.2	Proses Simulasi <i>CFD</i> .....	47
3.2.1	<i>Pre-Processing</i> .....	47
3.2.2	<i>Processing</i> .....	51
3.2.3	<i>Post-Processing</i> .....	57
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>62</b>
4.1	Hasil Simulasi dan Analisa.....	62
4.2	Pengaruh Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) Terhadap $J_L = 0,025$ m/s .....	63
4.3	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) dengan $J_L = 0,025$ m/s.....	64
4.4	Pengaruh Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) Terhadap $J_L = 0,05$ m/s .....	66
4.5	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) dengan $J_L = 0,05$ m/s .....	67
4.6	Pengaruh Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) Terhadap $J_L = 0,075$ m/s .....	69
4.7	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) dengan $J_L = 0,075$ m/s .....	70
4.8	Pengaruh Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) Terhadap $J_L = 0,1$ m/s .....	72
4.9	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara ( $J_G$ ) dengan $J_L = 0,1$ m/s .....	73
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>75</b>
5.1	Kesimpulan .....	75
5.2	Saran.....	75

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>76</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>78</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil visualisasi pola aliran.....	5
Gambar 2.2 Tekanan diferensial dalam rangkaian waktu.....	6
Gambar 2.3 Tipe pola aliran slug hasil observasi penelitian pada kecepatan superfisial air tetap .....	7
Gambar 2.4 Tipe pola aliran slug hasil observasi penelitian pada kecepatan superfisial udara tetap.....	8
Gambar 2.5 Visualisasi Aliran <i>Stratified Smooth</i> (JL = 0,016 m/s dan JG = 1,02 m/s).....	8
Gambar 2.6 Visualisasi Aliran <i>Stratified Wavy + Ripple</i> (JL = 0,092 m/s dan JG = 1,02 m/s).....	8
Gambar 2.7 Visualisasi Aliran <i>Stratified Wavy + Roll</i> (JL = 0,047 m/s dan JG = 3.77 m/s).....	9
Gambar 2.8 Pola penurunan tekanan aliran <i>singlephase</i> dan <i>multiphase</i> . ....	10
Gambar 2.9 Fenomena gradien tekanan dengan $Quap = 0,00211361 \text{ m}^3/\text{s}$ pada detik ke-34 ( <i>stratified</i> ) .....	10
Gambar 2.10 Fenomena gradien tekanan untuk $Quap = 0,005456701 \text{ m}^3/\text{s}$ pada detik ke-2,75 ( <i>pre- slug</i> ).....	10
Gambar 2.11 Fenomena gradien tekanan untuk $Quap = 0,005456701 \text{ m}^3/\text{s}$ pada detik ke-6 ( <i>wavy</i> ) .....	10
Gambar 2.12 Grafik transfer panas <i>nanofluid</i> dengan material <i>copper</i> <i>nanopartikel</i> .....	11
Gambar 2.13 Grafik variasi <i>liquid film</i> panjang pipa dari <i>nanofluid</i> dengan material <i>copper nanopartikel</i> .....	11
Gambar 2.14 Grafik variasi transfer panas dari semua <i>nanopartikel</i> .....	12

Gambar 2.15 Visualisasi pola aliran pada kecepatan $U_{sl} = 0,4$ m/s .....	13
Gambar 2.16 Visualisasi pola aliran pada kecepatan $U_{sl} = 0,55$ m/s .....	13
Gambar 2.17 Visualisasi pola aliran pada $U_{sl} = 0,85$ m/s .....	14
Gambar 2.18 Visualisasi pola aliran $U_{sl} = 1,0$ m/s .....	14
Gambar 2.19 Visualisasi bubble flow pada TP1 dengan variasi $U_{sl}$ .....	15
Gambar 2.20 Oil <i>volume fraction</i> dengan $U_{sw} = 0.23$ m/s, $U_{so} = 0.29$ m/s .....	16
Gambar 2.21 Simulasi pola aliran <i>stratified mixed</i> .....	16
Gambar 2.22 Aliran Laminar (Munson dkk, 2012) .....	18
Gambar 2.23 Aliran Turbulen (Munson dkk, 2012) .....	18
Gambar 2.24 Aliran Transisi (Munson dkk, 2012) .....	19
Gambar 2.25 Pola aliran pada pipa horizontal .....	19
Gambar 2.26 Peta Pola Aliran (Mandhane dkk, 1974) .....	21
Gambar 2.27 Struktur Komponen Program FLUENT .....	26
Gambar 2.28 Massa Mengalir Kedalam dan Keluar Elemen Fluida (Versteeg, dkk, 1995).....	32
Gambar 2.29 Komponen Tegangan Pada Tiga Bidang Elemen Fluida (Versteeg, dkk, 1995) .....	34
Gambar 2.30 Komponen Tegangan Dalam Arah $x$ (Versteeg, dkk, 1995).....	35
Gambar 3.1 Diagram alir simulasi <i>CFD</i> menggunakan software <i>Ansys Fluent 15</i> .....	46
Gambar 3.2 Pipa (tampak depan) .....	47
Gambar 3.3 Pipa (tampak samping).....	48
Gambar 3.4 Proses <i>Report Quality Mesh</i> .....	49
Gambar 3.5 Proses <i>Name Selection</i> .....	49
Gambar 3.6. Hasil <i>meshing</i> (tampak samping) .....	50
Gambar 3.7 Hasil <i>meshing outlet</i> .....	50
Gambar 3.8. Hasil <i>meshing body</i> .....	51
Gambar 3.9 <i>User Interface General Menu</i> .....	52

Gambar 3.10 <i>User Interface Menu Models</i> .....	52
Gambar 3.11 <i>User Menu Materials</i> .....	53
Gambar 3.12 <i>User Menu Cell Zone Conditions</i> .....	53
Gambar 3.13 <i>User Menu Boundary Condition</i> .....	54
Gambar 3.14 <i>User Interface Solution Methods</i> .....	55
Gambar 3.15 <i>User Menu Residual Monitor</i> .....	55
Gambar 3.16 <i>User Menu Solution Initialization</i> .....	56
Gambar 3.17 <i>User Menu Run Calculation</i> .....	56
Gambar 3.18 Tampilan Menu Pembuatan <i>Plane</i> .....	57
Gambar 3.19 Tampilan <i>YZ Plane</i> .....	58
Gambar 3.20 Tampilan <i>XY Plane</i> pada titik Z di koordinat 50 cm dari inlet.....	58
Gambar 3.21 Tampilan Menu Pembuatan <i>Contour</i> .....	59
Gambar 3.22 Tampilan <i>YZ Contour</i> .....	59
Gambar 3.23 Tampilan <i>XY Contour</i> pada titik Z di koordinat 50 cm dari inlet....	60
Gambar 3.24 Tampilan Menu Pembuatan Legend .....	60
Gambar 3.25 Legend berdasarkan koordinat <i>YZ</i> .....	61
Gambar 4.1 Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh kecepatan udara ( $J_G$ ) terhadap $J_L = 0,025$ m/s .....	63
Gambar 4.2 Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh waktu dengan $J_L = 0,025$ m/s dan $J_G = 0,05$ m/s .....	64
Gambar 4.3. Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh kecepatan udara ( $J_G$ ) terhadap $J_L = 0,05$ m/s .....	65
Gambar 4.4 Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh waktu dengan $J_L = 0,05$ m/s dan $J_G = 0,05$ m/s .....	67
Gambar 4.5 Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh kecepatan udara ( $J_G$ ) terhadap $J_L = 0,075$ m/s.....	69
Gambar 4.6 Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh waktu dengan $J_L = 0,075$ m/s dan $J_G = 0,05$ m/s .....	70

Gambar 4.7 Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh kecepatan udara ( $J_G$ ) terhadap $J_L = 0,1$ m/s .....	72
Gambar 4.8 Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh waktu dengan $J_L = 0,1$ m/s dan $J_G = 0,05$ m/s .....	73

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel nilai $J_L$ dan $J_G$ .....	78
Lampiran 2. Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) terhadap $J_L = 0,025$ m/s saat (1,5 detik) .....	78
Lampiran 3. Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) terhadap $J_L = 0,025$ m/s saat (2 detik) .....	79
Lampiran 4. Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) terhadap $J_L = 0,05$ m/s saat (1,5 detik) .....	80
Lampiran 5. Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) terhadap $J_L = 0,05$ m/s saat (2 detik) .....	81
Lampiran 6. Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) terhadap $J_L = 0,075$ m/s saat (1,5 detik) .....	82
Lampiran 7. Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) terhadap $J_L = 0,075$ m/s saat (2 detik) .....	83
Lampiran 8. Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) terhadap $J_L = 0,1$ m/s saat (1,5 detik) .....	84
Lampiran 9. Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh kecepatan superfisial udara ( $J_G$ ) terhadap $J_L = 0,1$ m/s saat (2 detik) .....	85
Lampiran 10. Geometri benda .....	86
Lampiran 11. <i>Meshing</i> .....	86
Lampiran 12. <i>Report Meshing</i> .....	88

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$A$	: Luas penampang diameter dalam ( $m^2$ )
$D$	: Diameter pipa (m)
$L$	: Luas penampang pipa ( $m^2$ )
$J_G$	: Kecepatan superfisial gas (m/s)
$J_L$	: Kecepatan superfisial cairan (m/s)
$Q$	: Debit ( $m^3/s$ )
$Re$	: Bilangan Reynold
$V$	: Kecepatan fluida (m/s)
$\mu$	: Viskositas dinamik fluida
$\rho$	: Massa jenis fluida ( $kg/m^3$ )