

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di Perguruan Tinggi dan sepanjang sepengetahuan 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, Februari 2017

Penulis

Achmad Virza Mubarraqah

MOTTO



“Barang siapa menempuh suatu jalan untuk mencari ilmu, maka Allah memudahkannya mendapat jalan ke syurga”

(H.R Muslim)

“Orang yang menuntut ilmu berarti menuntut rahmat : orang yang menuntut ilmu berarti menjalankan rukun islam dan pahala yang diberikan kepadanya sama dengan para nabi”

(H.R Dailani dari Anas r.a)

“Sesungguhnya Allah tidak mengubah suatu kaum, sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri sendiri”

(Q.S. Ar-Ra'd : 11)

“Kesuksesan akan dapat diraih apabila kuat dan terbiasa menghadapi masalah, tantangan dan hambatan secara mandiri”

(Achmad Virza Mubarraqah)

PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan karunianya, nikmatnya, serta hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar. Tugas akhir ini penulis persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua tercinta yang selalu mendo'akan dan memotivasi setiap hari.
2. Mbak Merly Wahyuni Rahayu, kakak Yalen Trikano, adek Azizah Zakiah Putri, adek Achmad Najib Haitami yang selalu memberikan motivasi dan dorongan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Untuk kakek dan nenek yang selalu mendo'akan cucunda supaya dapat selalu maju dan terus berjuang untuk mencapai cita-cita.
4. Teman satu kost Amran, Roy (icuk), Dedy (jendol 1), Priyo (jendol 2), Fajar (payeng) yang tidak bosan-bosan memberikan semangat..
5. Teman-teman Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta angkatan 2012.
6. Tim Tugas Akhir simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yang bersama-sama menyelesaikan penelitian ini.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir tentang “**Simulasi CFD Aliran Annular Air-Udara Searah Pada Pipa Horizontal**”. Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi syarat menyelesaikan program pendidikan S-1 untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Lepas tanpa adanya bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak baik yang bersifat materi maupun non materi, penulis tidak dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Sukamta, S.T., M.T selaku dosen pembimbing 1 yang telah membimbing selama penelitian.
3. Bapak Thoharudin, S.T., M.T selaku dosen pembimbing 2 yang telah membimbing dan memberi masukan selama penelitian.
4. Bapak Berli Paripurna Kaniel, S.T., M.Eng. Sc., Ph.D. selaku dosen penguji Tugas Akhir.
5. Staff pengajar, laboran dan tata usaha Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
6. Segenap keluarga besar penulis yang telah memberikan dukungan baik material maupun doanya.

7. Tim Tugas Akhir simulasi CFD yang bersama-sama menyelesaikan penelitian ini.
8. Teman – teman mahasiswa angkatan 2012 Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam bentuk apapun yang tidak bisa disebut satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna disebabkan karena kelemahan serta keterbatasan kemampuan dari penulis, namun penulis berharap Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, Februari 2017

Penulis

Achmad Virza Mubarraqah

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN	v
INTI SARI	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	14
2.2.1 Pola Aliran	14
2.2.2 Aliran <i>Annular</i>	21

2.3 <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	22
2.3.1 Penggunaan CFD	23
2.3.2 Proses Simulasi CFD	24
2.4 FLUENT	24
2.4.1 Struktur Program	26
2.4.2 Gambaran Penggunaan FLUENT	27
2.4.3 Kondisi Batas dan Parameter Pada Kondisi Batas	27
2.4.4 <i>Velocity Inlet</i>	28
2.4.5 <i>Mass Flow Inlet</i>	28
2.4.6 <i>Pressure Inlet</i>	28
2.4.7 <i>Pressure Outlet</i>	28
2.4.8 <i>Outflow</i>	29
2.4.9 <i>Pressure Far-Field</i>	29
2.4.10 <i>Inlet Vent</i> dan <i>Outlet Vent</i>	29
2.4.11 <i>Intake Fan</i> dan <i>Exhaust Fan</i>	29
2.4.12 Dinding (<i>Wall</i>)	29
2.4.13 <i>Symmetry</i> dan <i>Axis</i>	30
2.4.14 <i>Periodic</i>	30
2.4.15 <i>Cell Zone : Fluid</i>	30
2.4.16 <i>Cell Zone : Solid</i>	30
2.4.17 <i>Porous Media</i>	30
2.4.18 Kondisi Batas	31
2.5 Persamaan Umum FLUENT	31

2.5.1 Persamaan Kekekalan Massa	31
2.5.2 Persamaan Kekekalan Momentum	33
2.6 General	36
2.6.1 <i>Solver</i>	36
2.7 <i>Models</i>	37
2.7.1 <i>Multifasa</i>	37
2.7.2 <i>Viskositas</i>	37
2.8 <i>Solution Methods</i>	40
2.8.1 <i>Scheme</i>	40
2.8.2 <i>Gradient</i>	41
2.8.3 <i>Pressure</i>	41
2.8.4 <i>Momentum, Turbulent Kinetic Energy,</i> <i>Turbulent Dissipation Rate</i>	41
2.8.5 <i>Solution Initialization</i>	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	43
3.1 Alat Penelitian	43
3.1.1 Prosedur Penggunaan <i>software ansys</i> FLUENT 15.0	43
3.2 Diagram Alir Simulasi	44
3.3 Proses Simulasi CFD	45
3.3.1 <i>Pre-Processing</i>	45
3.3.2 <i>Processing</i>	48
3.3.3 <i>Post-Processing</i>	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	57

4.1 Hasil Simulasi	57
4.2 Pengaruh Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Terhadap Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 1 m/s	58
4.3 Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Dengan J_L = 1 m/s	59
4.4 Pengaruh Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Terhadap Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 1,5 m/s	60
4.5 Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Dengan J_L = 1,5 m/s	61
4.6 Pengaruh Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Terhadap Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 2 m/s	63
4.7 Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Dengan J_L = 2 m/s	64
4.8 Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Dengan J_L = 2,5 m/s	65
4.9 Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Dengan J_L = 2,5 m/s	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69
Daftar Pustaka	70
Lampiran	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Visualisasi Aliran <i>Annular</i> $J_L = 0,06$ m/s dan $J_G = 18,32$ m/s	4
Gambar 2.2. Visualisasi Aliran <i>Annular</i> $J_L = 0,13$ m/s dan $J_G = 39,26$ m/s	4
Gambar 2.3. Struktur Antar Muka Gas-Cair Aliran <i>Wavy-Annular</i> Pada $J_L = 0,05$ m/s dan $J_G = 12$ m/s	5
Gambar 2.4. Struktur Antar Muka Gas-Cair Aliran <i>Annular</i> Pada $J_L = 0,05$ m/s dan $J_G = 18$ m/s	5
Gambar 2.5. Aliran Yang Terbentuk Pada $J_L = 0,025$ m/s dan $J_G = 10$ m/s	5
Gambar 2.6. Aliran Yang Terbentuk Pada $J_L = 0,1$ m/s dan $J_G = 12$ m/s	6
Gambar 2.7. Aliran Yang Terbentuk Pada $J_L = 0,4$ m/s dan $J_G = 30$ m/s	6
Gambar 2.8. Grafik Hubungan ($Re-\lambda$) Dengan Penambahan Kecepatan Aliran Udara U_g Dari (0,0199-0,1191) m/s dan Kecepatan Aliran Air U_L Dari (0,397-1,191) m/s	6
Gambar 2.9. Fraksi Hampa Vs Kecepatan Superfisial Udara Penambahan Kecepatan Air (U_L) Pada Pipa Spiral	7
Gambar 2.10. Aliran Air-Udara, PLE-Udara, FC-Udara dan Aliran HFE-Udara Pada Pipa 5 mm di Empat Cairan dan	

Volumetric Gas Fluks Kombinasi	8
Gambar 2.11. Aliran <i>Annular</i> Pada Kecepatan Superfisial Air 0,05 m/s dan Kecepatan Superfisial Gas 12 m/s Pada Pipa 16 mm	9
Gambar 2.12. Aliran <i>Annular</i> Pada Kecepatan Superfisial Air 0,05 m/s dan Kecepatan Superfisial Gas 12 m/s Pada Pipa 26 mm	9
Gambar 2.13. Grafik Fluktuasi Gaya Pada Aliran Gelembung (<i>Bubble</i>)	9
Gambar 2.14. Grafik Fluktuasi Gaya Pada Aliran Kantung Gas (<i>Plug</i>).....	10
Gambar 2.15. Grafik Fluktuasi Gaya Pada Aliran Strata Licin (<i>Stratified</i>)...	10
Gambar 2.16. Grafik Distribusi Tekanan Pada Aliran Satu Fasa (Air) dan Aliran Dua Fasa (Air-Udara)	11
Gambar 2.17. Grafik Hubungan Fraksi Volume Gas Terhadap Faktor Pengali Aliran Dua Fasa (a) $Q_1 = 14$ liter/menit, (b) $Q_1 = 16$ liter/menit, (c) $Q_1 = 18$ liter/menit, (d) $Q_1 = 20$ liter/menit	12
Gambar 2.18. Fenomena Gradien Tekanan Dengan $Q_{uap} = 0,00211361$ m ³ /s Pada Detik Ke-34 (<i>Stratified</i>)	12
Gambar 2.19. Fenomena Gradien Tekanan Untuk $Q_{uap} = 0,005456701$ m ³ /s Pada Detik Ke-2,75 (<i>Pre-Slug</i>)	12
Gambar 2.20. Fenomena Gradient Tekanan Untuk $Q_{uap} = 0,005456701$ m ³ /s Pada Detik Ke-6 (<i>Wavy</i>)	13
Gambar 2.21. Fenomena Gradient Tekanan Untuk $Q_{uap} = 0,005456701$ m ³ /s Pada Detik Ke-102 (<i>Plug</i>)	13
Gambar 2.22. Kontur Volume Air-Udara Menggunakan VOF	

Permodelan Transient Dari Pola Aliran <i>Plug</i> Sampai Pola Aliran <i>Annular</i> , Menunjukkan Bahwa : A) Aliran <i>Plug/Slug</i> , B) Aliran <i>Slug</i> , C), D), E), F) Aliran <i>Annular-Wavy</i> , G) Aliran <i>Annular</i> , H) Skala Warna VOF Yang Mewakili Semua Diagram	13
Gambar 2.23. Pola Aliran Gas-Cair Pada Pipa Horizontal	14
Gambar 2.24. Peta Pola Aliran	15
Gambar 2.25. Visualisasi Pola Aliran Pada Kecepatan $U_{sl} = 0,4$ m/s	16
Gambar 2.26. Visualisasi Pola Aliran Pada Kecepatan $U_{sl} = 0,55$ m/s	17
Gambar 2.27. Visualisasi Pola Aliran Pada Kecepatan $U_{sl} = 0,85$ m/s	17
Gambar 2.28. Visualisasi Pola Aliran Pada Kecepatan $U_{sl} = 1,0$ m/s	18
Gambar 2.29. Visualisasi <i>Bubble flow</i> Pada TPI Dengan Variasi U_{sl}	18
Gambar 2.30. Aliran Laminar	20
Gambar 2.31. Aliran Turbulen	20
Gambar 2.32. Aliran Turbulen	21
Gambar 2.33. Struktur Komponen Program FLUENT 15.0	27
Gambar 2.34. Massa Mengalir Kedalam dan Keluar Elemen Fluida	32
Gambar 2.35. Tegangan Pada Tiga Bidang Elemen Fluida	34
Gambar 2.36. Tegangan Dalam Arah x	35
Gambar 3.1. Diagram Alir Simulasi CFD Menggunakan <i>Ansys FLUENT 15.0</i>	44
Gambar 3.2. Pipa (Tampak Depan)	45
Gambar 3.3. Pipa (Tampak Samping)	46

Gambar 3.4. <i>Report Quality</i>	47
Gambar 3.5. <i>Proses Name Selection</i>	47
Gambar 3.6. Hasil <i>Meshing (Outlet)</i>	48
Gambar 3.7. Hasil <i>Meshing (Tampak Samping)</i>	48
Gambar 3.8. <i>General</i>	49
Gambar 3.9. <i>Models</i>	50
Gambar 3.10. <i>Materials</i>	51
Gambar 3.11. <i>Cell Zone Conditions</i>	51
Gambar 3.12. <i>Boundary Conditions</i>	52
Gambar 3.13. <i>Solution Methods</i>	53
Gambar 3.14. <i>Residual Monitor</i>	53
Gambar 3.15. <i>Solution Initialization</i>	54
Gambar 3.16. <i>Run Calculation</i>	55
Gambar 3.17. <i>Plane</i>	56
Gambar 3.18. <i>Contour</i>	56
Gambar 4.1. Hasil simulasi pola aliran <i>annular</i> terhadap pengaruh kecepatan superfisial udara (J_G) dengan $J_L = 1$ m/s, pada saat $t = 0,1$ detik, serta skala warna dan koordinat	58
Gambar 4.2. Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh waktu pada $J_G = 35$ m/s dengan $J_L = 1$ m/s, serta skala warna dan koordinat	60
Gambar 4.3. Hasil simulasi pola aliran <i>annular</i> terhadap pengaruh kecepatan superfisial udara (J_G) dengan $J_L = 1,5$ m/s,	

	pada saat $t = 0,1$ detik, serta skala warna dan koordinat	61
Gambar 4.4.	Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh waktu pada $J_G = 35$ m/s dengan $J_L = 1,5$ m/s, serta skala warna dan koordinat	62
Gambar 4.5.	Hasil simulasi pola aliran <i>annular</i> terhadap pengaruh kecepatan superfisial udara (J_G) dengan $J_L = 2$ m/s, pada saat $t = 0,1$ detik, serta skala warna dan koordinat	63
Gambar 4.6.	Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh waktu pada $J_G = 35$ m/s dengan $J_L = 2$ m/s, serta skala warna dan koordinat	65
Gambar 4.7.	Hasil simulasi pola aliran <i>annular</i> terhadap pengaruh kecepatan superfisial udara (J_G) dengan $J_L = 2,5$ m/s, pada saat $t = 0,1$ detik, serta skala warna dan koordinat	66
Gambar 4.8.	Hasil simulasi pola aliran terhadap pengaruh waktu pada $J_G = 35$ m/s dengan $J_L = 2,5$ m/s, serta skala warna dan koordinat	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel nilai J_L dan J_G	73
Lampiran 2. Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial	
Udara (J_G) = 45 m/s Dengan $J_L = 1$ m/s,	73
Lampiran 3. Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial	
Udara (J_G) = 55 m/s Dengan $J_L = 1$ m/s,	74
Lampiran 4. Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial	
Udara (J_G) = 65 m/s Dengan $J_L = 1$ m/s,	75
Lampiran 5. Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial	
Udara (J_G) = 45 m/s Dengan $J_L = 1,5$ m/s	76
Lampiran 6. Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial	
Udara (J_G) = 55 m/s Dengan $J_L = 1,5$ m/s	77
Lampiran 7. Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial	
Udara (J_G) = 65 m/s Dengan $J_L = 1,5$ m/s	79
Lampiran 8. Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial	
Udara (J_G) = 45 m/s Dengan $J_L = 2$ m/s	80
Lampiran 9. Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial	
Udara (J_G) = 55 m/s Dengan $J_L = 2$ m/s	81
Lampiran 10. Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial	
Udara (J_G) = 65 m/s Dengan $J_L = 2$ m/s	82
Lampiran 11. Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial	
Udara (J_G) = 45 m/s Dengan $J_L = 2,5$ m/s	83
Lampiran 12. Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial	

Udara (J_G) = 55 m/s Dengan J_L = 2,5 m/s	84
Lampiran 13. Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial	
Udara (J_G) = 65 m/s Dengan J_L = 2,5 m/s	85
Lampiran 14. Geometri benda	86
Lampiran 15. <i>Meshing</i>	87
Lampiran 16. <i>Report preview</i>	88

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

j_G = Kecepatan <i>Superficial Gas</i>	m/s
j_L = Kecepatan <i>Superficial Liquid</i>	m/s
Q_G = <i>Gas flow rate</i> Pada Pipa	m ³ /s
Q_L = <i>Liquid flow rate</i> Pada Pipa	m ³ /s
A = Luas Pipa Pada Area <i>Cross Sectional</i>	m ² ρ
= Densitas	kg/m ³ δ
= Ketebalan Cairan Film	m τ
= Tegangan Geser	N/m ²
p = Tekanan	N/m ²
D = Diameter Pipa	m
S = Parameter	m
Re = Bilangan Reynolds	