

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ridwan Kurnia

NIM : 20120130143

Program studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

Judul karya : Simulasi CFD Aliran *Slug* Air-Udara Searah Pada Pipa Horisontal

Menyatakan dengan benar dan tanpa paksaan bahwa :

1. Karya ini adalah asli hasil karya saya sendiri dengan arahan dan bimbingan dosen pembimbing.
2. Karya ini tidak memuat hasil karya orang lain kecuali acuan atau kutipan yang telah disebutkan sumbernya.
3. Karya ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana, magister, dan/doktor) di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atau institusi lainnya.
4. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui memberikan hak kepada dosen pembimbing dan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta untuk menyimpan, menggunakan, dan mengelola karya ini dan perangkat lainnya serta mempublikasikannya dalam bentuk lain baik itu semua maupun sebagian dengan tetap mencantumkan nama saya.

Yogyakarta, 10 Februari 2017

Yang menyatakan,

Ridwan Kurnia

MOTTO



“Sesungguhnya allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri”

(Q.S. Ar Ra’d ayat 11)

“Barang siapa keluar untuk mencari ilmu, maka dia berada di jalan allah”

(H.R. Tirmidzi)

“Ing Madya Mangun Karsa, Ing Ngarsa Sun Tulodho, Tut Wuri Handayani”

(Ki Hajar Dewantara)

PERSEMBAHAN

Dia memberikan hikmah (ilmu yang berguna) kepada siapa yang dikehendakiNya. 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. Bapak dan Ibu tercinta, terimakasih atas doa dan dukungan yang selalu kalian berikan.
2. Kakak-kakak tersayang, yang selalu memberikan motivasi, nasihat serta dukungan.
3. Teman-teman satu tim dalam pengerjaan Tugas Akhir, Dedy M, Virza M, dan Roy M, yang berkali-kali gagal tetapi tetap berusaha bersama-sama hingga berhasil menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Teman-teman Teknik Mesin UMY semua angkatan, terutama TM 2012 yang selalu memberi dukungan satu sama lain.

INTISARI

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui proses terbentuknya aliran *slug* pada kecepatan superficial air dan udara yang berbeda menggunakan CFD dan mengetahui bentuk simulasi CFD aliran *slug* air-udara searah pada pipa horisontal.

Penelitian ini dilakukan dengan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) menggunakan *software Ansys Fluent 15*. Pada simulasi ini menggunakan model *Volume Of Fluid* (VOF), dengan jenis aliran turbulen RNG k- ϵ , dan kondisi *transient*. Geometri yang digunakan adalah bentuk pipa horisontal berdiameter dalam 19 mm dan panjang 1000 mm. Simulasi ini menggunakan fluida air dan udara, dengan variasi kecepatan superficial udara (J_G) = 1,5 m/s – 3,0 m/s dan kecepatan superficial air (J_L) = 1,0 – 2,0 m/s.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pola aliran yang terbentuk yaitu *slug*. Pola aliran *slug* terjadi ketika kecepatan superficial udara (J_G) semakin meningkat, sehingga menyebabkan terjadinya gangguan pada lapis batas antara air dan udara yang membentuk gelombang yang signifikan hingga meruncing dan terbentuk *slug*. Bentuk dari pola aliran *slug* ini berbeda-beda, semakin besar kecepatan superficial udara (J_G), maka gelembung yang terbentuk akan semakin besar dan waktu terjadinya *slug* juga semakin cepat.

Kata kunci : Air – Udara, Aliran *Slug*, Simulasi, Pipa Horisontal.

ABSTRACT

The objective of the research was to find out the process of slug flow formation in different water and air superficial speed using Computational Fluid Dynamic (CFD) and to discover the form of CFD simulation on one way water-air slug flow in horizontal pipe.

The research was conducted numerically with CFD method using Ansys Fluent 15 software. This simulation used Volume Of Fluid (VOF) model, with type of third RNG turbulent flow, and transient condition. The geometry used was horizontally shaped pipe with inside diameter of 19 mm and with length of 100 mm. This simulation used water and air fluid, with air superficial speed variety (J_G) = 1.5 m/s – 3.0 m/s and water superficial speed (J_L) = 1.0 – 2.0 m/s.

The result of the research showed that the flow pattern formed was slug, and slug flow pattern was formed when air superficial speed (J_G) was more increasing, so that it caused obstruction in the border line between water and air and formed significant wave until it became pointed and slug was formed. The forms of this slug flow were various, the bigger the air superficial speed was (J_G), the larger the bubble formed was and the time of slug formation was also faster.

Keyword : Water-Air, Slug Flow, Simulation, Horizontal Pipe

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadirat Allah Subhanallahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan segala rahmat nikmat serta karunia-Nya. Sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “simulasi CFD aliran *slug* air-udara searah pada pipa horisontal”, dengan waktu dan kesempatan yang sebaik-baiknya.

Tugas akhir ini disusun sebagai persyaratan akademis menyelesaikan program Strrata-1 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dalam penyusunan ini kami banyak sekali mendapat bantuan dan bimbingan dari kampus ataupun lingkungan. Oleh karena itu penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng selaku Ketua Program Strata 1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Sukamta, M.T., IPM. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberi bimbingan sampai tugas akhir ini selesai.
3. Bapak Thoharuddin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberi bimbingan sampai tugas akhir ini selesai.
4. Bapak Tito Hadji Agung Santoso, S.T., M.T. selaku dosen penguji tugas akhir yang telah memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Kepada orang tua yang telah memberikan dukungannya berupa semangat, doa, dan biaya kepada penulis.
6. Kepada teman-teman Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan semangat dan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Serta kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan baik tulisan, ucapan, bimbingan, arahan dan lain-lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu-persatu.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu penulis mengharapkan kepada pembaca untuk memberikan kritik dan saran yang membangun untuk penulisan tugas akhir ini.

Penyusun menghaturkan permohonan maaf atas segala kekurangan penulis, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi orang yang membacanya.

Yogyakarta, 07 Maret 2017

Ridwan Kurnia

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori	12
2.2.1 Aliran Fluida	12
2.2.2 Pola Aliran Fluida Pada Pipa Horisontal	13
2.3 Pengaruh Aliran <i>Slug</i>	15
2.4 Kecepatan Superfisial	15
2.5 Komputasi Dinamika Fluida.....	16
2.6 FLUENT	16
2.6.1 Struktur Program.....	18
2.6.2 Gambaran Penggunaan Fluent	18
2.6.3 Kondisi Batas dan Parameter Pada Kondisi Batas.....	19

2.7 Persamaan Umum Fluent	23
2.7.1 Persamaan Kekekalan Massa	23
2.7.2 Persamaan Kekekalan Momentum	25
2.8 General	28
2.8.1 <i>Solver</i>	28
2.9 Model Viskos.....	29
2.9.1 Model <i>k-epsilon</i>	29
2.9.2 Model <i>k-omega</i>	30
2.10 Solution Method	33
2.10.1 <i>Scheme</i>	33
2.10.2 <i>Gradient</i>	34
2.10.3 <i>Pressure</i>	34
2.10.4 Momentum, Kinetic Energy, Turbulet Dissipation Rate	35
2.11 Solution Initialization	35
2.11.1 <i>Hybrid initialization</i>	35
2.11.2 <i>Standart initialization</i>	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1 Alat Penelitian	36
3.1.1 Prosedur Penggunaan Software Ansys 15.0	36
3.1.2 Diagram Alir Penelitian.....	37
3.2 Proses Simulasi CFD	38
3.2.1 <i>Pre-Processing</i>	38
3.2.2 <i>Processing</i>	42
3.2.3 <i>Post-Processing</i>	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1 Hasil Simulasi dan Analisa.....	53
4.1.1 Pengaruh Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Terhadap Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 1,0 m/s.....	53
4.1.2 Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 1,0 m/s	54
4.1.3 Pengaruh Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Terhadap Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 1,5 m/s.....	56
4.1.4 Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 1,5 m/s	57

4.1.5 Pengaruh Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Terhadap Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 2,0 m/s.....	58
4.1.6 Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 2,0 m/s	59
4.1.7 Pengaruh Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Terhadap Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 2,5 m/s.....	61
4.1.8 Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 2,5 m/s	62
BAB V PENUTUP	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Sinyal Pada <i>Hydrostatic Tranducer</i> dan Tipe <i>Cross-Correlation Time Shift</i> Pada Sinyal ($J_G = 0,61$ m/s, $J_G = 0,89$ m/s)	5
Gambar 2.2.	Pola Penurunan Tekanan Aliran Singlephase Dan Multiphase ...	6
Gambar 2.3.	Tipe Pola Aliran <i>Slug</i> Hasil Observasi Penelitian	7
Gambar 2.4.	Tipe Pola Aliran <i>Slug</i> Hasil Observasi Penelitian Pada Kecepatan Superfisial Air Tetap	7
Gambar 2.5.	Fenomena Gradien Tekanan Untuk $Quap = 0,007078511$ m ³ /s Pada Detik Ke-4 (<i>Stratified</i>)	8
Gambar 2.6.	Fenomena Gradien Tekanan Untuk $Quap = 0,007078511$ m ³ /s Pada Detik Ke-9 Hingga 10 (<i>Wavy-Pre-Slug</i>)	8
Gambar 2.7.	Fenomena Gradien Tekanan Untuk $Quap = 0,007078511$ m ³ /s Pada Detik Ke-52-54 (<i>Long Slug</i>)	8
Gambar 2.8.	Distribusi Kecepatan Superfisial Untuk Fasa Cair dan Gas Pada <i>Liquid Slug</i>	9
Gambar 2.9.	Formasi <i>Slug</i> Dengan $U_{SG} = 2/4$ (m/s) and $U_{SL} = 0.59$	10
Gambar 2.10.	Kecepatan Gelombang Dengan Variasi J_G	10
Gambar 2.11.	Visualisasi Pola Aliran Pada Kecepatan $U_{SL} = 0,55$ m/s	11
Gambar 2.12.	Pola Aliran Pada Pipa Horisontal	14
Gambar 2.13.	Peta Pola Aliran	14
Gambar 2.14.	Struktur Komponen Program Fluent	18
Gambar 2.15.	Massa Mengalir Kedalam dan Keluar Elemen Fluida	24
Gambar 2.16.	Komponen Tegangan Pada Tiga Bidang Elemen Fluida	26
Gambar 2.17.	Komponen Tegangan Dalam Arah x	27
Gambar 3.1.	Diagram Alir Simulasi CFD Menggunakan <i>Software Ansys Fluent</i>	34
Gambar 3.2.	Hasil Geometri (tampak depan)	38
Gambar 3.3.	Hasil Geometri (tampak samping)	39
Gambar 3.4.	Proses <i>Name Selection</i>	40
Gambar 3.5.	<i>Orthogonal Quality</i>	40
Gambar 3.6.	<i>Report Quality</i>	40
Gambar 3.7.	Hasil <i>Meshing</i> (tampak depan)	41
Gambar 3.8.	Hasil <i>Meshing</i> (tampak samping)	41
Gambar 3.9.	Hasil <i>Meshing</i>	42

Gambar 3.10. Tampilan Menu <i>General</i>	43
Gambar 3.11. Tampilan Menu <i>Models</i>	44
Gambar 3.12. Tampilan Menu <i>Boundary Condition</i>	45
Gambar 3.13. Tampilan Menu <i>Solution Methods</i>	46
Gambar 3.14. Tampilan Menu <i>Residual Monitor</i>	46
Gambar 3.15. Tampilan Menu <i>Solution Initialization</i>	47
Gambar 3.16. Tampilan Menu <i>Run Calculation</i>	48
Gambar 3.17. Tampilan Menu Pembuatan <i>Plane</i>	49
Gambar 3.18. Tampilan <i>YZ Plane</i>	49
Gambar 3.19. Tampilan <i>XY Plane</i> Pada Titik Z 500 mm Dari <i>Inlet</i>	50
Gambar 3.20. Tampilan Menu Pembuatan <i>Countur</i>	50
Gambar 3.21. Tampilan <i>YZ Countur</i>	51
Gambar 3.22. Tampilan <i>XY Countur</i>	51
Gambar 3.23. Tampilan Menu Pembuatan <i>Legend</i>	52
Gambar 3.24. Tampilan <i>Legend</i>	52
Gambar 4.1. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan $J_L = 1,0$ m/s, dan J_G Berbeda Pada Saat 1 detik	54
Gambar 4.2. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan $J_G = 1,5$ m/s dan $J_L = 1,0$ m/s Pada Waktu Berbeda	55
Gambar 4.3. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan $J_L = 1,5$ m/s, dan J_G Berbeda Pada Saat 1 detik	56
Gambar 4.4. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan $J_G = 1,5$ m/s dan $J_L = 1,5$ m/s Pada Waktu Berbeda	57
Gambar 4.5. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan $J_L = 2,0$ m/s, dan J_G Berbeda Pada Saat 1 detik	59
Gambar 4.6. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan $J_G = 1,5$ m/s dan $J_L = 2,0$ m/s Pada Waktu Berbeda	60
Gambar 4.7. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan $J_L = 2,5$ m/s, dan J_G Berbeda Pada Saat 1 detik	61
Gambar 4.8. Hasil Simulasi Pola Aliran Dengan $J_G = 1,5$ m/s dan $J_L = 2,5$ m/s Pada Waktu Berbeda	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Tabel Nilai J_G dan J_L	68
Lampiran 2.	Geometri	68
Lampiran 3.	<i>Meshing</i>	69
Lampiran 4.	<i>Report Meshing</i>	70
Lampiran 5.	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 1,5 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 1,0 m/s Secara Utuh	76
Lampiran 6.	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 1,5 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 1,5 m/s Secara Utuh	79
Lampiran 7.	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 1,5 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 2,0 m/s Secara Utuh	82
Lampiran 8.	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 1,5 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 2,5 m/s Secara Utuh	85
Lampiran 9.	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 2,0 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 1,0 m/s	88
Lampiran 10.	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 2,5 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 1,0 m/s	88
Lampiran 11.	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 3,0 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 1,0 m/s	89
Lampiran 12.	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 2,0 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 1,5 m/s	90
Lampiran 13.	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 2,5 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 1,5 m/s	91
Lampiran 14.	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 3,0 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 1,5 m/s	91
Lampiran 15.	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 2,0 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 2,0 m/s	92
Lampiran 16.	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 2,5 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 2,0 m/s	93
Lampiran 17.	Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 3,0 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 2,0 m/s	94

Lampiran 18. Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 2,0 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 2,5 m/s	94
Lampiran 19. Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 2,5 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 2,5 m/s	95
Lampiran 20. Pengaruh Waktu Terhadap Kecepatan Superfisial Udara (J_G) = 3,0 m/s Dengan Kecepatan Superfisial Air (J_L) = 2,5 m/s	96

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	=	Luas penampang pipa diameter dalam
J_G	=	Kecepatan superfisial gas
J_L	=	Kecepatan superfisial cairan
Q_G	=	Laju aliran gas
Q_L	=	Laju aliran cairan
Re	=	Bilangan Reynold
V	=	Kecepatan fluida
μ	=	Viskositas fluida
ρ	=	Massa jenis fluida
CFD	=	<i>Computer Fluid Dynamic</i>
RNG	=	<i>Renormalization-group</i>
SST	=	<i>Shear – Stress Transport</i>
SIMPLE	=	<i>Semi Implicit Method For Pressure Linked Equation</i>
SIMPLEC	=	<i>Semi Implicit Method For Pressure Linked Equation Consistent</i>
PISO	=	<i>Pressure Implicit with Splitting of Operators</i>
MUSCLE	=	<i>Monotone Upstream–Centered Scheme for Conservation Laws</i>
QUICK	=	<i>Quadratic Upwind Interpolation</i>