

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini saya:

Nama : Suta

Nomor Induk Mahasiswa : 20140130242

Saya menyatakan bahwa skripsi **"KAJIAN EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK ALIRAN DUA-FASE UDARA-AIR + 7% BUTANOL PADA PIPA KECIL POSISI MIRING 40°"** ini adalah murni asli hasil dari karya saya dan di dalamnya tidak terdapat karya (tulisan) yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain sebelumnya. Selain itu karya tulis ilmiah ini juga tidak berisi pendapat atau hasil penelitian yang sudah dipublikasikan oleh orang lain selain referensi yang ditulis dengan menyebutkan sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 25 Oktober 2019



Suta

KATA PENGANTAR

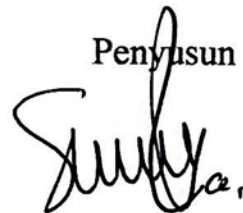
Assalamualaikum Wr . Wb.

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunianya penyusun dapat menyelesaikan laporan tugas akhir. Sungguh Allah telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, serta atas Petunjuk-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “kajian eksperimental karakteristik aliran dua-fase udara-air + 7% butanol pada pipa kecil posisi miring 40°”. Yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program Strata-1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam pelaksanaan tugas akhir ini terdapat beberapa tahapan yang harus diselesaikan. Tahapan itu berupa persiapan bahan penelitian dan alat penelitian, kalibrasi alat ukur, pengolahan data dan menganalisa karakteristik pola aliran dua fasa udara air + 7% butanol pada pipa kecil posisi miring 40°.

Yogyakarta, 25 Oktober 2019

Penyusun



Suta

MOTTO

“Seorang terpelajar harus sudah bersikap adil sejak dalam fikiran apalagi dalam perbutan” (Pramodya Ananta Toer)

“Harus selalu konsisten dalam menekuni suatu disiplin ilmu yang anda pelajari. Karena dengan konsisten, anda bisa seperti saya” (Prof. Bacharuddin Jusuf Habbie)

“Barang siapa yang bersungguh-sungguh, maka ia akan mendapatkan hasil” (Man Jadda Wajadda)

“Jangan pernah berhenti mengejar yang kamu impikan, mesti apa yang di damba belum ada di depan mata “ (Prof. Bacharuddin Jusuf Habbie)

“Tidak ada gunanya IQ Anda tinggi namun malas, tidak memiliki disiplin. Yang penting adalah anda sehat dan mau berkorban untuk masa depan yang cerah.”
(Prof. Bacharuddin Jusuf Habbie)

“Jadilah anak muda yang produktif, sehingga menjadi pribadi yang profesional dengan tidak melupakan dua hal, yaitu iman dan takwa.” (Prof. Bacharuddin Jusuf Habbie)

“Ketika muda kita habisi dengan bermalas-malasan maka tua juga akan malas-malasan lalu tak terasa besok mati, namun kalau kita banyak belajar dan banyak analisis maka saat dia tua dia menang.” (Prof. Bacharuddin Jusuf Habibie)

“Ilmu itu lebih baik daripada harta. Ilmu menjaga engkau dan engkau menjaga harta. Ilmu itu penghukum dan harta terhukum. Harta itu kurang apabila dibelanjakan, tapi ilmu bertambah bila dibelanjakan.” (Ali bin Abi Thalib)

“Tuhan tidak tersakiti oleh pengingkaran anda. Tetapi Tuhan sangat tersakiti jika

Anda berpura-pura menyembahnya.” (Emha Ainun Nadjib)

HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan mengucapkan Alhamdulillahirabbilalaamiin, puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat-Nya dan atas dukungan dan doa dari orang-orang tercinta sehingga penulis bisa tetap tegar untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Dalam menyelesaikan skripsi ini penyusun telah banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penyusun sangat berterima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT karena berkat rahmat dan ridhonya, saya dapat menyelesaikan skripsi tanpa ada halangan yang berarti.
2. Almarhum bapak saya yang selalu ingin menjadi anaknya lebih berguna bagi masyarakat dan keluarga.
3. Ibu dan kakak saya yang telah mendukung saya baik secara dukungan moril maupun materil untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Berli Paripurna kamil, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D selaku ketua prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Bapak Dr.Ir Sudarja, M.T. selaku dosen pembimbing 1 skripsi saya, atas bimbingan dan motivasi yang telah diberikan kepada saya.
6. Bapak Dr. Sukamta, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 skripsi saya, atas bimbingan dan pengarahan dalam proses penyusunan skripsi saya.
7. Segenap dosen, dan karyawan/karyawati Universitas Muhammadiyah Yogyakarta prodi Teknik Mesin yang membantu bidang akademik.
8. Ikrar, Hanif, Imung, Gemilang, Kurnianto, Resa, Anas, Fauzan, Dimas, Rahmat, Wahyu selaku team Tugas Akhir Aliran dua fasa.
9. Ikhsan Aprima Kautsar, Niko Prastomo, Yudha Yanuar Pamungkas, Jeffry Zulkarnen, Muhammad Marwan Masruri, Ariza Umam selaku teman kontrakan SGPLB yang selalu memberikan dukungan dan bantuan untuk saya.

10. Bryan Dwi Purwanto S.T dan Yogi Febrianto yang selalu mengajarkan saya ketika tidak menemukan solusi dalam penyusunan skripsi saya.
11. Deya Pita Mustika dan keluarga yang selalu menasehati saya ketika males, selalu mendorong dan memberikan motivasi saya untuk segera menyelesaikan skripsi saya.
12. Zulvan Muawwalin S.Pi dan keluarga besar TKR 3 yang selalu mensupport saya.
13. Ustad Adi Hidayat Lc, Ustad Abdul Somad Lc, Kiai haji Yahya Zainul Maarif atau yang lebih dikenal dengan sebutan Buya Yahya yang selalu memberikan tausiyah ketika saya sedang ragu dan bimbang dalam pelaksanaan skripsi saya.
14. Coretan dinding kos tembok saya yang selalu setia mengingatkan saya setiap bangun tidur untuk segera menyelesaikan skripsi.
15. Semua teman-teman Teknik mesin wabilkhusus kelas F angkatan 2014, terima kasih atas persahabatan yang indah selama ini.
16. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin angkatan 2014 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
17. Semua pihak yang terkait dalam proses penyusunan skripsi ini

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xvii
INTISARI.....	xviii
ABSTRAK	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	13
2.2.1 Fase	13
2.3 Pola Aliran Dua Fase	14
2.4 Peta Pola Aliran dua Fase	16
2.5 Parameter Aliran Dua Fase	18
2.6 Tegangan Permukaan	18
2.7 Fraksi Hampa	21
2.7.1 Fraksi hampa <i>Chordal</i>	21

2.7.2 Fraksi Hampa <i>Cross-Section</i>	21
2.7.3 Fraksi Hampa Volumetrik	22
2.8 <i>Digital Image Processing</i>	23
2.8.1 <i>Image</i>	23
2.8.2 <i>Noise</i>	24
2.8.3 <i>Filtering</i>	25
2.8.4 Metode Analisis Statistik	26
2.9 <i>Pressure Drop</i>	27
2.9.1. Kecepatan Superficial	28
2.9.2. Viskositas Cairan	28
2.9.3 Pengukuran Perbedaan Tekanan	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1. Bahan	29
3.2. Alat	30
3.2.1 Skema Alat yang Digunakan	30
3.2.2 Aliran Fluida Udara	31
3.2.3 Aliran Fluida Air.	33
3.2.4 Peralatan Pengambilan gambar	36
3.2.5 Seksi Uji	37
3.3. Tempat Penelitian.....	39
3.4. Kalibrasi Alat Ukur	39
3.5 Jalannya Penelitian	40
3.6 Prosedur Pengambilan Data	41
3.7 Diagram Alir Penelitian	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1. Pola Aliran	46
4.1.1 Pola Aliran <i>Bubbly</i>	46
4.1.2 Pola Aliran <i>Plug</i>	48
4.1.3 Pola Aliran <i>Slug Annular</i>	50
4.1.4 Pola Aliran Annular	52
4.1.5 Pola Aliran Churn.	54

4.2 Peta Pola Aliran	56
4.3 Perbandingan Peta Pola Aliran dengan Penelitian Terdahulu	58
4.4 Fraksi Hampa (Void Fraction)	60
4.4.1 Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Bubbly</i>	60
4.4.2 Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Plug</i>	63
4.4.3 Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Slug-Annular</i>	67
4.4.4 Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Annular</i>	70
4.4.5 Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Churn</i>	73
4.3. Gradien Tekanan	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	78
5.1. Kesimpulan	78
5.2. Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Pengambilan Data.....	82
Lampiran 2 Kecepatan superfisial terbentuknya pola aliran <i>plug</i> butanol 7%.....	83
Lampiran 3 Kecepatan superfisial terbentuknya pola aliran <i>bubbly</i> butanol 7%.....	84
Lampiran 4 Kecepatan superfisial terbentuknya pola aliran <i>Slug-annular</i> butanol 7%.....	85
Lampiran 5 Kecepatan superfisial terbentuknya pola aliran <i>Annular</i> butanol 7%.....	86
Lampiran 6 Kecepatan superfisial terbentuknya pola aliran <i>Churn</i> butanol 7%.....	87
Lampiran 7 Data pola aliran, time average fraksi hampa, dan PDF fraksi hampa pola aliran <i>bubbly</i> $J_G = 0,025$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s butanol 7.....	88
Lampiran 8 Data pola aliran, time average fraksi hampa, dan PDF fraksi hampa pola aliran <i>bubbly</i> $J_G = 0,066$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s butanol 7%...	89
Lampiran 9 Data pola aliran, time average fraksi hampa, dan PDF fraksi hampa pola aliran <i>plug</i> $J_G = 0,066$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s butanol 7%.....	90
Lampiran 10 Data pola aliran, time average fraksi hampa, dan PDF fraksi hampa pola aliran <i>plug</i> $J_G = 0,207$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s butanol 7%....	91
Lampiran 11 Pengaruh J_L terhadap gradien tekanan Variasi J_G Tetap butanol 7%.....	92
Lampiran 12 Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan Variasi J_L Tetap butanol 7%.....	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pola aliran yang terdeteksi (Sudarja dkk., 2014)	9
Gambar 2.2 Peta pola aliran dan garis transisi (Sudarja dkk., 2014)	9
Gambar 2.3 pola aliran yang terdeteksi (Sudarja dkk. 2015)	10
Gambar 2.4 Peta pola aliran dan garis transisi (Sudarja dkk, 2015)	10
Gambar 2.5 Pola aliran <i>bubbly</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk. 1999)	11
Gambar 2.6 Pola aliran <i>Plug</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk. 1999)	15
Gambar 2.7 Pola aliran <i>slug annular</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk. 1999)	15
Gambar 2.8 Pola aliran <i>Annular</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk. 1999)	15
Gambar 2.9 Pola aliran <i>churn</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk. 1999)	16
Gambar 2.10 Peta pola aliran (Baker 1954)	17
Gambar 2.11 Peta pola aliran dua fase udara-air pada pipa horizontal berdiameter 100, 180 dan 324 μm (Sur dan Liu, 2011)	17
Gambar 2.12 Kohesi pada molekul air	19
Gambar 2.13 Fraksi hampa <i>chordal</i> (Thome, 2004)	21
Gambar 2.14 Fraksi hampa <i>cross-section</i> (Thome, 2004)	22
Gambar 2.15 Fraksi hampa volumetrik (Thome, 2004)	22
Gambar 2.16 Langkah-langkah dalam <i>image processing</i> (Mayor dkk. 2007)	23
Gambar 3.1 Aquades dan Butanol	29
Gambar 3.2 Skema instalasi penelitian	31
Gambar 3.3 Kompresor	31
Gambar 3.4 Regulator dan filter	32
Gambar 3.5 <i>Flowmeter</i> udara	32
Gambar 3.6 Penampung fluida cair	33
Gambar 3.7 Pompa air	34
Gambar 3.8 <i>Flowmeter</i> air	34
Gambar 3.9 Bejana bertekanan	35
Gambar 3.10 <i>Gate valve</i>	35
Gambar 3.11 <i>Check valve</i>	36
Gambar 3.12 kamera	36
Gambar 3.13 <i>mixer</i>	37

Gambar 3.14 <i>Test section</i>	37
Gambar 3.15 Lampu LED	38
Gambar 3.16 MPX	38
Gambar 3.17 Arduino UNO	39
Gambar 3.18 Komputer	39
Gambar 3.19 Kalibrasi <i>pressure transducer</i>	40
Gambar 3.20 Diagram alir penelitian.....	43
Gambar 3.21 Diagram alir penelitian.....	44
Gambar 3.22 Diagram alir penelitian.....	45
Gambar 4.1 Peta pola aliran pada konsentrasi butanol 7%	57
Gambar 4.2 Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran Triplett dkk. (1999.....	58
Gambar 4.3 Perbandingan hasil penelitian peta pola aliran dengan peta pola aliran Sudarja dkk. (2015)	59
Gambar 4.4 Pola Aliran <i>bubby</i> pada $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s.....	60
Gambar 4.5 <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s....	61
Gambar 4.6 PDF aliran <i>bubbly</i> pada $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s.....	61
Gambar 4.7 Pola Aliran <i>bubbly</i> pada $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s.....	62
Gambar 4.8 <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s....	62
Gambar 4.9 PDF aliran <i>bubbly</i> pada $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s.....	63
Gambar 4.10 Pola Aliran <i>plug</i> pada $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	63
Gambar 4.11 <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s...64	64
Gambar 4.12 PDF aliran <i>plug</i> pada $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	64
Gambar 4.13 Pola Aliran <i>plug</i> pada $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0.033$ m/s.....	65
Gambar 4.14 <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s..65	65
Gambar 4.15 PDF aliran <i>plug</i> pada $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	66
Gambar 4.16 Pola Aliran <i>Slug annular</i> pada $J_G = 4.238$ m/s, $J_L = 0.091$ m/s.....	66
Gambar 4.17 <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada $J_G = 4.238$ m/s, $J_L = 0.091$ m/s..67	67
Gambar 4.18 PDF aliran <i>slug annular</i> pada $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	67
Gambar 4.19 Pola Aliran <i>Slug annular</i> pada $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0.091$ m/s.....	68
Gambar 4.20 <i>Time-Average</i> fraksi hampa $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0.091$ m/s.....	68

Gambar 4.21 PDF aliran <i>slug annular</i> pada $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	69
Gambar 4.22 Pola Aliran <i>annular</i> pada $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0.033$ m/s.....	69
Gambar 4.23 <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0.033$ m/s....	70
Gambar 4.24 PDF aliran <i>Annular</i> pada $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	70
Gambar 4.25 Pola Aliran <i>annular</i> pada $J_G = 58.05$ m/s, $J_L = 0.033$ m/s.....	71
Gambar 4.26 <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada $J_G = 58.05$ m/s, $J_L = 0.033$ m/s..	71
Gambar 4.27 PDF <i>Annular</i> pada $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	71
Gambar 4.28 Pola Aliran <i>Churn</i> pada $J_G = 3$ m/s, $J_L = 2.297$ m/s.....	72
Gambar 4.29 <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada $J_G = 3$ m/s, $J_L = 2.297$ m/s.....	72
Gambar 4.30 PDF aliran <i>Churn</i> pada $J_G = 3$ m/s, $J_L = 2,291$ m/s.....	73
Gambar 4.31 Pola Aliran <i>Churn</i> pada $J_G = 4.238$ m/s, $J_L = 2.297$ m/s.....	73
Gambar 4.32 <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s..	74
Gambar 4.33 PDF aliran <i>Churn</i> pada $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 2,291$ m/s.....	74
Gambar 4.34 Pengaruh J_L terhadap gradien tekanan dengan variasi J_G pada surface tension butanol 7%.....	75
Gambar 4.35 Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan dengan variasi J_L pada surface tension butanol.....	76
Gambar 4.36 <i>Time Series</i> gradien tekanan J_G 22.6 m/s dan J_L 0.232 m/s.....	77

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Sifat Fisik Cairan	30
Tabel 3.2 Spesifikasi Penampung Aquades dan butanol	33
Tabel 3.3 Spesifikasi Bejana Bertekanan	35
Tabel 4.1 Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> butanol 7%, dengan nilai J_G 0.116 m/s tetap dan nilai J_L bervariasi	47
Tabel 4.2 Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> butanol 7%, dengan nilai J_L 0,879 m/stetap dan nilai J_G bervariasi	48
Tabel 4.3 Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan J_G 0.207 m/s dengan J_L	49
Tabel 4.4 Perbandingan pola aliran <i>plug</i> butanol 7%, dengan nilai J_L 0,033 m/s tetap dan nilai J_G .bervariasi	50
Tabel 4.5 Perbandingan pola aliran <i>Slug annular</i> butanol 7%, dengan nilai J_G 4.238 m/s tetap dan nilai J_L bervariasi	51
Tabel 4.6 Perbandian pola aliran <i>slug annular</i> dengan J_L 0.091 m/s dengan J_G bervariasi pada konsentrasi butanol 7%	52
Tabel 4.7 Perbandingan pola aliran <i>Annular</i> butanol 7%, dengan nilai J_G 58.05 m/s tetap dan nilai J_L bervariasi	53
Tabel 4.8 Perbandingan pola aliran <i>Annular</i> butanol 7%, dengan nilai J_L 0,149 m/s tetap dan nilai J_G bervariasi	54
Tabel 4.9 Perbandingan pola aliran <i>Churn</i> butanol 7%, dengan nilai J_G 50 m/s tetap dan nilai J_L bervariasi.....	55
Tabel 4.10 Perbandingan pola aliran <i>Churn</i> butanol 7%, dengan nilai J_L 0.879 m/s tetap dan nilai J_G bervariasi	56

DAFTAR NOTASI

J_G = Kecepatan superfisial gas

J_L = Kecepatan superfisial liquid

J_M = Kecepatan superfisial campuran

A = Luas Penampang

Q_m = Laju volumetrik campuran

Q_G = Laju volumetrik gas

Q_L = Laju volumetrik liquid

U_G = Kecepatan aktual gas

U_L = Kecepatan aktual liquid

A_G = Luas penampang gas

A_L = Luas penampang liquid

σ : tegangan permukaan (N/m)

F : gaya (N)

l : panjang permukaan (N/m)

Bo = *Bond number*

ρ = Massa jenis fluida

g = Percepatan gravitasi

r = Radius pipa

γ = Tegangan permukaan.

L_L = Panjang fase cairan

L_G = Panjang fase gas

V_G = Volume gas

V_L = Volume liquid