


HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Kajian Eksperimental Karakteristik Aliran Dua Fase Udara-Aquades dan Butanol 3% Pada Saluran Kecil Posisi Kemiringan 30⁰” adalah asli hasil karya saya sendiri dan di dalamnya tidak terdapat karya orang lain dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku selain referensi yang ditulis dengan menyebut sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 16 Oktober 2019



Penyusun


M. Fauzan Saputra
NIM. 20150130174

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penyusun telah di bantu oleh banyak pihak, dan sebagai ungkapan terima kasih, penyusun memberikan penghargaan kepada:

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T.,M.M. M.Eng.Sc, Ph.D, selaku Ketua Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Dr.,Ir. Sudarja M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir atas bimbingan, bantuan dan saran-saran yang telah diberikan kepada penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Sukamta M.T., IPM., selaku dosen pembimbing tugas akhir atas bimbingan, bantuan dan saran-saran yang telah diberikan kepada penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Orang tua dan keluarga saya yang selalu mendoakan, yang selalu mengingatkan, menasehati dan memberi fasilitas kepada saya sehingga saya bisa menyelesaikan perkuliahan saya dengan lancar dan menyelesaikan skripsi ini.
5. Kepada teman-teman saya yang telah memberi dukungan dan hiburan kepada saya selama mengerjakan skripsi ini.
6. Kepada teman terdekat saya Zhakia Irsalina Fitra atas dukungan selama mengerjakan skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan sebagai bahan masukan untuk perbaikan. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan dengan baik dalam bidang ilmu pengetahuan, teknik dan para pembaca.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan kekuatan dan kesehatan serta atas segala limpahan ramhar, taufik dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Kajian Eksperimental Karakteristik Aliran Dua Fase Udara-Aquades Dan Butanol 3% Pada Saluran Kecil Posisi Kemiringan 30⁰”** yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program Stara-1 Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan dalam menuliskan tugas akhir atau skripsi ini, kritik dan saran yang bersifat membangun menjadi masukan bagi penulis untuk menyempurnakannya.

Akhir kata saya mengharapkan semoga laporan tugas akhir atau skripsi saya ini bermanfaat bagi penulis maupun bagi para pembaca.

Yogyakarta, 16 Oktober 2019

Penyusun



M.Fauzan Saputra

20150130174

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	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.....	10
2.2.1. Fase	10
2.2.2. Kecepatan Superfisial	10
2.2.3. Tegangan Permukaan	11
2.2.4. Butanol	12
2.2.5. Pola Aliran Dua Fase	12
2.2.6. Peta Pola Aliran.....	14
2.2.7. Fraksi Hampa (<i>Void Fraction</i>) Aliran Dua Fase.....	15
2.2.8. <i>Digital Image Processing</i>	17

2.2.8.1.	<i>Image</i>	18
2.2.8.2.	Gambar RGB.....	18
2.2.8.3.	Gambar <i>Grayscale</i>	19
2.2.8.4.	Gambar Biner	19
2.2.8.5.	<i>Noise</i>	19
2.2.8.6.	<i>Filtering</i>	20
2.2.8.7.	Metode Analisis Statistik	21
2.2.9.	Perbedaan Tekanan (<i>Pressure Drop</i>) pada Saluran Mini	21
2.2.10.	Pengukuran Perbedaan Tekanan (<i>Pressure Drop</i>) pada Saluran Mini	22
BAB III METODE PENELITIAN.....		23
3.1.	Bahan Penelitian.....	23
3.2.	Alat Penelitian.....	25
3.2.1.	Skema Alat yang Digunakan.....	25
3.2.2.	Aliran Fluida Udara.....	26
3.2.3.	Aliran Fluida Air	29
3.2.4.	Peralatan Pengambilan Gambar	33
3.2.5.	Seksi Uji	34
3.3.	Tempat Penelitian.....	38
3.4.	Kalibrasi Alat Ukur	39
3.5.	Metode Pengujian.....	40
3.6.	Jalannya Penelitian.....	42
3.7.	Penggunaan Akuades dan Butanol.....	42
3.8.	Prosedur Pengambilan Data	42
3.9.	Pengolahan Data dan Analisis Hasil	44
3.9.1.	Pola Aliran	44
3.9.2.	Fraksi Hampa	44
3.9.3.	Gradien Tekanan	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		45
4.1.	Pola Aliran	45
4.1.1.	Pola Aliran <i>Plug</i>	45

4.1.2.	Pola Aliran <i>Bubble</i>	47
4.1.3.	Pola Aliran <i>Slug-Annular</i>	50
4.1.4.	Pola Aliran <i>Annular</i>	51
4.1.5.	Pola Aliran <i>Churn</i>	53
4.2.	Peta Pola Aliran.....	55
4.3.	Perbandingan Peta Pola Aliran dengan Penelitian Terdahulu.....	56
4.4.	Fraksi Hampa (Void Fraction)	59
4.4.1.	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Plug</i>	59
4.4.2.	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Bubble</i>	60
4.4.3.	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Slug-Annular</i>	62
4.4.4.	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Annular</i>	63
4.4.5.	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Churn</i>	65
4.5.	Gradien Tekanan	66
4.5.1.	Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fase Udara-Air dan Butanol 3%	66
4.5.2.	Gradien Tekanan Terhadap Waktu	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		69
5.1.	Kesimpulan	69
5.2.	Saran.....	70
Daftar Pustaka		71
Lampiran		73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Model <i>large bubbles</i> (Fukano dan Kariyasaki,1993).....	5
Gambar 2.2. Peta pola aliran dan garis transisi (Triplett dkk, 1999)	6
Gambar 2.3. Peta pola aliran dan garis transisi (Chung dan Kawaji, 2004) ..	7
Gambar 2.4. Penurunan tekanan yang terukur terhadap penurunan tekanan prediksi menggunakan model homogen (Hassan dkk, 2006) ...	7
Gambar 2.5. Penurunan tekanan yang terukur terhadap penurunan tekanan prediksi menggunakan model Friedel (Hassan dkk, 2006).....	8
Gambar 2.6. Penurunan tekanan yang terukur terhadap penurunan tekanan prediksi menggunakan model Chisholm (Hassan dkk, 2006)...	8
Gambar 2.7. Visualisasi pola aliran pada pipa sirkular $D = 1,45$ m (Triplett dkk, 1999)	14
Gambar 2.8. Peta pola aliran dua fase udara-air pada pipa horizontal berdiameter 100, 180 dan 324 μm (Sur dan Liu, 2011).....	15
Gambar 2.9. Peta pola aliran dan garis transisi (Sudarja dkk, 2014).....	15
Gambar 2.10. Fraksi hampa chordal (Thome, 2004)	16
Gambar 2.11. Fraksi hampa cross-section (Thome, 2004)	17
Gambar 2.12. Fraksi hampa volumetrik (Thome, 2004).....	17
Gambar 2.13. Langkah-langkah dalam <i>image processing</i> (Mayor dkk, 2007)	18
Gambar 2.14. Contoh gambar RGB, <i>grayscale</i> dan biner (Santi, 2011).....	19
Gambar 3.1. Cairan (a) butanol dan (b) akuades	24
Gambar 3.2. Grafik perbandingan <i>surface tension</i> terhadap persentase butanol	25
Gambar 3.3. Skema Instalasi Penelitian.....	26
Gambar 3.4. Kompresor	26
Gambar 3.5. <i>Watertrap</i>	27
Gambar 3.6. <i>Flowmeter</i> Udara.....	28
Gambar 3.7. Penampung Fluida Cair	29

Gambar 3.8. Pompa Air	30
Gambar 3.9. <i>Flowmeter</i> Air	31
Gambar 3.10. Bejana Tekan.....	32
Gambar 3.11. <i>Gate Valve</i>	33
Gambar 3.12. <i>Check Valve</i>	34
Gambar 3.13. Kamera	34
Gambar 3.14. <i>Mixer</i>	35
Gambar 3.15. Test Section.....	36
Gambar 3.16. Lampu LED.....	36
Gambar 3.17. <i>Pressure Transducer</i>	36
Gambar 3.18. Arduino UNO.....	37
Gambar 3.19. Komputer.....	38
Gambar 3.20. Grafik Kalibrasi	39
Gambar 3.21. Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 4.1. Peta pola aliran butanol 3%.....	56
Gambar 4.2. Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran Triplett dkk. (1999).	57
Gambar 4.3. Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran Chung dan Kawaji (2004).	58
Gambar 4.4. Pola aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s, dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s.....	59
Gambar 4.5. <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s, dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s	59
Gambar 4.6. PDF aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s, dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s.....	60
Gambar 4.7. Pola aliran <i>bubble</i> pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s.....	60
Gambar 4.8. <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	61
Gambar 4.9. PDF aliran <i>bubble</i> pada pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	61

Gambar 4.10. Pola aliran <i>slug-annular</i> pada (a) $J_G = 3\text{ m/s}$, $J_L = 0,033\text{ m/s}$, dan (b) $J_G = 3\text{ m/s}$, $J_L = 0,091\text{ m/s}$	62
Gambar 4.11. <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada (a) $J_G = 3\text{ m/s}$, $J_L = 0,033\text{ m/s}$, dan (b) $J_G = 3\text{ m/s}$, $J_L = 0,091\text{ m/s}$	62
Gambar 4.12. PDF aliran <i>slug-annular</i> pada (a) $J_G = 3\text{ m/s}$, $J_L = 0,033\text{ m/s}$, dan (b) $J_G = 3\text{ m/s}$, $J_L = 0,091\text{ m/s}$	63
Gambar 4.13. Pola aliran <i>annular</i> pada (a) $J_G = 50\text{ m/s}$, $J_L = 0,033\text{ m/s}$, dan (b) $J_G = 50\text{ m/s}$, $J_L = 0,091\text{ m/s}$	63
Gambar 4.14. <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada (a) $J_G = 50\text{ m/s}$, $J_L = 0,033\text{ m/s}$, dan (b) $J_G = 50\text{ m/s}$, $J_L = 0,091\text{ m/s}$	64
Gambar 4.15. PDF aliran <i>annular</i> pada (a) $J_G = 50\text{ m/s}$, $J_L = 0,033\text{ m/s}$, dan (b) $J_G = 50\text{ m/s}$, $J_L = 0,091\text{ m/s}$	64
Gambar 4.16. Pola aliran <i>churn</i> pada (a) $J_G = 22,6\text{ m/s}$, $J_L = 0,539\text{ m/s}$, dan (b) $J_G = 22,6\text{ m/s}$, $J_L = 0,7\text{ m/s}$	65
Gambar 4.17. <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada (a) $J_G = 22,6\text{ m/s}$, $J_L = 0,539\text{ m/s}$, dan (b) $J_G = 22,6\text{ m/s}$, $J_L = 0,7\text{ m/s}$	65
Gambar 4.18. PDF aliran <i>churn</i> pada (a) $J_G = 22,6\text{ m/s}$, $J_L = 0,539\text{ m/s}$, dan (b) $J_G = 22,6\text{ m/s}$, $J_L = 0,7\text{ m/s}$	66
Gambar 4.19. (a) Pengaruh J_L terhadap gradien tekanan dengan variasi J_G , (b)Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan dengan variasi J_L .	67
Gambar 4.20. Pengaruh gradien tekanan terhadap waktu dengan butanol 3% pada $J_G = 3\text{ m/s}$ dan $J_L = 2,297\text{ m/s}$	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat fisik butanol	12
Tabel 3.1. Sifat fisik fluida gas	23
Tabel 3.2. Sifat fisik cairan (Hasil uji Laboratorium Thermal UGM)	24
Tabel 3.3. Spesifikasi kompresor	26
Tabel 3.4. Spesifikasi <i>watertrap</i>	27
Tabel 3.5. Spesifikasi <i>flowmeter</i> udara	28
Tabel 3.6. Spesifikasi penampung akuades dan butanol.....	29
Tabel 3.7. Spesifikasi pompa air	30
Tabel 3.8. Spesifikasi <i>flowmeter</i> air	31
Tabel 3.9. Spesifikasi bejana tekan	32
Tabel 3.10. Spesifikasi kamera	34
Tabel 3.11. Spesifikasi <i>pressure transducer</i>	37
Tabel 3.12. Spesifikasi akuisisi data	38
Tabel 4.1. Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai J_G tetap 0,871 m/s dan nilai J_L bervariasi.....	46
Tabel 4.2. Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap 0,232 m/s.	47
Tabel 4.3. Perbandingan pola aliran <i>bubble</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai J_G tetap 0,025 m/s dan nilai J_L bervariasi.	48
Tabel 4.4. Perbandingan pola aliran <i>bubble</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap 2,297 m/s.	49
Tabel 4.5. Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai J_G tetap 0,7 m/s dan nilai J_L bervariasi.....	50
Tabel 4.6. Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap 0,091 m/s.....	51
Tabel 4.7. Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai J_G tetap 50 m/s dan nilai J_L bervariasi.	52
Tabel 4.8. Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap 0,149 m/s.	53

Tabel 4.9. Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai J_G tetap 22,6 m/s dan nilai J_L bervariasi.	54
Tabel 4.10. Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap 0,7 m/s.	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Variasi Kecepatan Superfisial <i>Gas</i> (J_G) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 3%	73
Lampiran 2 Tabel Variasi Kecepatan Superfisial <i>Liquid</i> (J_L) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 3%	75
Lampiran 3 Hasil Kalibrasi MPX	78
Lampiran 4 Matriks Pengambilan Data Pola Aliran	79
Lampiran 5 Tabel Kecepatan Superfisial Terbentuknya Pola Aliran	80
Lampiran 6 Tabel Kecepatan Superfisial Terbentuknya Pola Aliran	81
Lampiran 7 Hasil Uji Laboratorium Campuran Aquades dan Butanol.....	83

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

J_G	= Kecepatan superfisial gas (m/s)
J_L	= Kecepatan superfisial cairan (m/s)
Q_G	= Laju aliran gas dalam pipa (m^3/s)
Q_L	= Laju aliran cairan dalam pipa (m^3/s)
A	= Luas penampang pipa (m^2)
ϵ	= Fraksi hampa
γ	= Tegangan permukaan (N/m)
d	= Panjang permukaan (m)
F	= Gaya (N)
D_H	= Diameter pipa (mm)
L	= Panjang pipa (m)
ρ	= Massa jenis (kg/m^3)
μ	= Viskositas dinamik (N.s/m ²)
ν	= Viskositas kinematik (m^2/s)