

SKRIPSI

**KAJIAN EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK ALIRAN DUA FASE
UDARA-AIR + 7 % BUTANOL PADA PIPA KECIL POSISI MIRING 10°**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar

Sarjana Teknik



UMY

**UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA**

Unggul & Islami

Disusun Oleh :

AFWAN HANIF

20150130227

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2019



LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

Kajian Eksperimental Karakteristik Aliran Dua Fase Udara-Air + 7%
Butanol Pada Pipa Kecil Posisi Miring 10°

*Experimental Study on Characteristics of Air-7% Butanol Aqueous Solution
Two-Phase Flow in Minichannels with inclined angle 10°*

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Afwan Hanif
20150130227

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 11 November 2019

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Sudaria, M.T.
NIK 19620904 200104 123050

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Sukamta, M.T., IPM
NIK 19700502 199603 123023

Penguji

Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T.
NIK 19720222 200310 123054

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal, 8 Desember 2019

Mengetahui,



Rektor Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Dekan Program Studi S-1 Teknik Mesin FT UMY

Berli Yanti Puruzza Kamil, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
NIK 19740302 200104 123049


HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Afwan Hanif
Nomor Induk Mahasiswa : 20150130227
Program Studi : S-1 Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Kajian Eksperimental Karakteristik Aliran
Dua Fase Udara-Air dan Butanol 7% pada
Pipa Kecil posisi Miring 10°

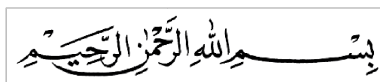
Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam tugas akhir ini adalah asli karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang sengaja tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan sumbernya dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 11 November 2019

 **6000**
RUPIAH
Afwan Hanif

NIM 20150130227

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. Oleh karena itu dengan rasa bahagia dan bangga penulis haturkan terimakasih yang setulus-tulusnya 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. Bapak Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T. selaku dosen penguji.
5. Kedua orangtua tercinta, bapak Fatoni dan ibu Fatimah yang selalu berdoa dan memberikan dukungan untuk kesuksesan penulis. Penulis tidak bisa membalas seluruh kebaikan kedua orangtua, akan tetapi penulis hanya bisa mendoakan semoga segala jerih payah dan dukungan dari kedua orangtua dibalas oleh Allah SWT dan semoga penulis bisa membahagiakan kedua orangtua di dunia dan di akhirat.
6. Kedua adik penulis yaitu : Nurul Avia dan Atma Yazid Ubaidilah yang tiada henti memberikan perhatian, doa dan dukungan kepada penulis.
7. Kepada saya yaitu : Gilang, Dimas, Wibi, Rahmat, Wahyu, Bowok, Kurnianto, Gemilang, Agus, Rifa'I, Astian, Laksmi, Nabila, Putri dan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xviii
INTISARI.....	xix
<i>ABSTRACT</i>	xx
BAB I	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.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Landasan Teori.....	19

2.2.1. Aliran Dua Fasa.....	19
2.2.2. Tegangan Permukaan	19
2.2.3. Butanol	20
2.2.4. Kecepatan Superfisial.....	20
2.2.5. Pola Aliran	21
2.2.6. Fraksi Hampa	23
2.2.7. <i>Digital Image Processing</i>	26
2.2.8. Gradien Tekanan	30
BAB III	33
3.1. Tempat Penelitian.....	33
3.2. Bahan Penelitian.....	33
3.3. Alat Penelitian.....	35
3.3.1. Skema Alat yang Digunakan.....	35
3.3.2. Aliran Fluida Udara.....	37
3.3.3. Aliran Fluida Air	40
3.3.4. Peralatan Pengambilan Gambar	44
3.3.5. Seksi Uji.....	46
3.4. Kalibrasi Alat Ukur	50
3.5. Diagram Alir	52
3.6. Prosedur Pengambilan Data	54
3.7. Pengolahan Data dan Analisis Hasil	55
3.7.1. Pola aliran.....	55
3.7.2. Fraksi Hampa	55
3.7.3. Gradien.....	58

BAB IV	59
4.1. Pola Aliran	59
4.1.1 Pola Aliran <i>Plug</i>	59
4.1.2 Pola Aliran <i>Bubbly</i>	61
4.1.3 Pola Aliran <i>Slug Annular</i>	64
4.1.4 Pola Aliran <i>Annular</i>	66
4.1.5 Pola Aliran <i>Churn</i>	68
4.1.6 Peta Pola Aliran.....	69
4.1.7 Perbandingan Peta Pola Aliran.....	71
4.2 Fraksi Hampa	73
4.2.1 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Plug</i>	73
4.2.2 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Bubbly</i>	75
4.2.3 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Slug-annular</i>	77
4.2.4 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Annular</i>	79
4.2.5 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Churn</i>	81
4.3 Gradien Tekanan	83
4.3.1 Pengaruh Kecepatan Superfisial terhadap Gradien Tekanan	84
4.3.2 Gradien Tekanan terhadap Waktu.....	85
BAB V.....	87
5.1. Kesimpulan.....	87
5.1.1. Pola Aliran dan Peta Pola Aliran	87
5.1.2. Fraksi Hampa	88
5.1.3. Gradien Tekanan	88
5.2. Saran.....	89

DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN.....	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pola aliran pada <i>circular microchannels</i> (Triplett dkk., 1999)	6
Gambar 2.2	Perbandingan peta pola aliran pada <i>circular microchannels</i> berdiameter 1,097 mm dengan peta pola aliran peneliti terdahulu Triplett dkk., (1999)	7
Gambar 2.3	Perbandingan nilai terukur (total) dan nilai perhitungan dengan asumsi aliran homogen (akselerasi) (Triplett dkk., 1999) ...	8
Gambar 2.4	Hubungan antara pengukuran dengan fraksi hampa homogen (Kawahara dkk., 2002)	9
Gambar 2.5	Peta pola aliran (Serizawa dkk., 2002).....	10
Gambar 2.6	Data gradien tekanan gesek dua fase (Kawahara dkk., 2002).....	11
Gambar 2.7	Peta pola aliran : (a) 530 μm dan (b) 250 μm (Chung dan Kawaji, 2004)	12
Gambar 2.8	Hubungan antara fraksi hampa dan <i>volumetric quality</i> (Chung dan Kawaji, 2004)	13
Gambar 2.9	Pengaruh J_G dan J_L terhadap fraksi hampa.....	15
Gambar 2.10	(a) Pengaruh J_L terhadap gradien tekanan pada berbagai J_G , (b) Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan pada berbagai J_L (Sudarja dkk., 2016).....	16
Gambar 2.11	Pola aliran pada konsentrasi gliserin 60% : (a) <i>Bubbly</i> : $J_G = 0,116 \text{ m/s}$; $J_L = 0,539 \text{ m/s}$, (b) <i>Plug</i> : $J_G = 0,116 \text{ m/s}$; $J_L = 0,033 \text{ m/s}$, (c) <i>Slug-annular</i> : $J_G = 9,62 \text{ m/s}$; $J_L = 0,091 \text{ m/s}$, (d) <i>Annular</i> : $J_G = 66,2 \text{ m/s}$; $J_L = 0,149 \text{ m/s}$ dan (e) <i>Churn</i> : $J_G = 22,26 \text{ m/s}$; $J_L = 2,297 \text{ m/s}$. (Sudarja dkk., 2018)	17
Gambar 2.12	Peta pola aliran konsentrasi gliserin 60% (Sudarja dkk., 2018).....	18

Gambar 2.13	Pola aliran <i>bubbly</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk., 1999).....	22
Gambar 2.14	Pola aliran <i>plug</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk., 1999).....	22
Gambar 2.15	Pola aliran <i>slug annular</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk., 1999).....	22
Gambar 2.16	Pola aliran <i>annular</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk., 1999).....	23
Gambar 2.17	Pola aliran <i>churn</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk., 1999)	23
Gambar 2.18	Fraksi hampa <i>local</i> (thome, 2004)	24
Gambar 2.19	Skema fraksi hampa <i>chordal</i> (Thome, 2004).....	25
Gambar 2.20	Fraksi hampa <i>cross-section</i> (Thome, 2004).....	25
Gambar 2.21	Fraksi hampa volumetrik (Thome, 2004).....	26
Gambar 2.22	Digital <i>Image processing</i> (Mayor dkk., 2007)	26
Gambar 2.23	Contoh gambar RGB dengan aliran <i>plug</i>	27
Gambar 2.24	Contoh gambar <i>greyscale</i> dengan aliran <i>plug</i>	28
Gambar 2.25	Contoh gambar <i>biner</i> dengan aliran <i>plug</i>	28
Gambar 3.1	Cairan (a) butanol dan (b) akuades	34
Gambar 3.2	Grafik perbandingan index butanol dan nilai <i>surface tension</i>	34
Gambar 3.3	Skema Instalasi Penelitian.....	36
Gambar 3.4	Kompresor.....	37
Gambar 3.5	<i>Watertrap</i>	38
Gambar 3.6	<i>Flowmeter</i> Udara	39
Gambar 3.7	Penampung Fluida Cair.....	40
Gambar 3.8	Pompa air.....	41
Gambar 3.9	<i>Flowmeter</i> Air	42

Gambar 3.10	Bejana bertekanan	43
Gambar 3.11	<i>Gate Valve</i>	44
Gambar 3.12	<i>Check Valve</i>	44
Gambar 3.13	Kamera	45
Gambar 3.14	<i>Mixer</i>	46
Gambar 3.15	<i>Test Section</i>	47
Gambar 3.16	Lampu LED.....	47
Gambar 3.17	<i>Pressure Transducer</i>	48
Gambar 3.18	Arduino UNO.....	48
Gambar 3.19	Komputer.....	49
Gambar 3.20	Grafik Kalibrasi MPX.....	50
Gambar 3.21	Kalibrasi <i>flowmeter</i> cairan kapasitas 100-500 mL/menit.....	51
Gambar 3.22	Kalibrasi <i>flowmeter</i> cairan kapasitas 0,1-1 mL/menit.....	51
Gambar 3.23	Diagram alir penelitian.....	52
Gambar 3.24	Diagram Alir lanjutan.....	53
Gambar 3.25	Sampel gambar RGB.....	56
Gambar 3.26	Sampel gambar <i>grayscale</i>	56
Gambar 3.27	Sampel gambar Crop.....	57
Gambar 3.28	Sampel gambar pembalikan warna	57
Gambar 3.29	<i>Filtering</i>	57
Gambar 3.30	<i>Biner</i>	58
Gambar 4.1	Peta pola aliran butanol 7%.....	70
Gambar 4.2	Perbandingan peta pola aliran dengan garis transisi (Fukano dan Kariyasaki, 1993)	71

Gambar 4.3	Perbandingan peta pola aliran dengan garis transisi (Chung dan Kawaji 2004)	72
Gambar 4.4	Fraksi hampa pola aliran <i>plug</i> (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s (b) $0,025$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	74
Gambar 4.5	<i>Time-Average</i> pola aliran <i>plug</i> (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s (b) $0,025$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.	74
Gambar 4.6	PDF pola aliran <i>plug</i> (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s (b) $0,025$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.	75
Gambar 4.7	Fraksi hampa pola aliran <i>bubbly</i> (a) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s.....	76
Gambar 4.8	<i>Time-Average</i> pola aliran <i>bubbly</i> (a) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s.	76
Gambar 4.9	PDF pola aliran <i>bubbly</i> (a) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s.	77
Gambar 4.10	Fraksi hampa pola aliran <i>slug-annular</i> (a) $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	78
Gambar 4.11	<i>Time-Average</i> pola aliran <i>slug-annular</i> (a) $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s (b) $J_G = 9,62$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s.....	78
Gambar 4.12	PDF pola aliran <i>slug-annular</i> (a) $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	79
Gambar 4.13	Fraksi hampa pola aliran <i>annular</i> (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s.	80
Gambar 4.14	<i>Time-Average</i> pola aliran <i>annular</i> (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s.	80

Gambar 4.15	PDF pola aliran <i>annular</i> (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s.	81
Gambar 4.16	Fraksi hampa pola aliran <i>churn</i> (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s (b) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s.....	82
Gambar 4.17	<i>Time-Average</i> pola aliran <i>churn</i> (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s (b) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s.....	82
Gambar 4.18	PDF pola aliran <i>churn</i> (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s (b) $J_G = 58,05$ m/s dan $J_L = 0,539$ m/s.	83
Gambar 4.19	Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan dengan variasi J_L	84
Gambar 4.20	Pengaruh J_L terhadap gradien tekanan dengan variasi J_G	84
Gambar 4.21	Gradien tekanan terhadap waktu pada $J_G = 0,871$ m/s dan $J_L = 0,232$ m/s	85
Gambar 4.22	Grafik PDF gradien tekanan $J_G = 0,871$ m/s dan $J_L = 0,232$ m/s	86

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Sifat fisik udara	33
Tabel 3.2	Sifat fisik cairan (Hasil uji Laboratorium Thermal UGM)	35
Tabel 3.3	Spesifikasi kompresor	37
Tabel 3.4	Spesifikasi <i>watertrap</i>	38
Tabel 3.5	Spesifikasi <i>flowmeter</i> udara	39
Tabel 3.6	Spesifikasi Penampung Akuades dan Butanol.....	40
Tabel 3.7	Spesifikasi pompa air	41
Tabel 3.8	Spesifikasi <i>flowmeter</i> air	42
Tabel 3.9	Spesifikasi Bejana Bertekanan.....	43
Tabel 3.10	Spesifikasi kamera	45
Tabel 3.11	Spesifikasi <i>Pressure Transducer</i>	48
Tabel 3.12	Spesifikasi Akuisisi Data	49
Tabel 4.1	Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G tetap 0,066m/s dan nilai J_L bervariasi.	60
Tabel 4.2	Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap 0,149 m/s.	61
Tabel 4.3	Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G tetap 0,116 m/s dan nilai J_L bervariasi.	62
Tabel 4.4	Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap 0,879 m/s	63
Tabel 4.5	Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G tetap 0,7 m/s dan nilai J_L bervariasi. .	64

Tabel 4.6	Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap 0,149 m/s.....	65
Tabel 4.7	Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G tetap 50 m/s dan nilai J_L bervariasi.	66
Tabel 4.8	Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap 0,091 m/s	67
Tabel 4.9	Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G tetap 50 m/s dan nilai J_L bervariasi.	68
Tabel 4.10	Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap 0,879 m/s.	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tabel Variasi Kecepatan Superfisial Gas (J_G) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 7%.....	92
Lampiran 2	Tabel Variasi Kecepatan Superfisial Cairan (J_L) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 7%.....	95
Lampiran 3	Hasil Kalibrasi <i>Pressure Transducer MPX System</i>	98
Lampiran 4	Matriks Pengambilan Data Pola Aliran	99
Lampiran 5	Tabel Kecepatan Superfisial Terbentuknya Pola Aliran	100
Lampiran 6	Hasil Uji Laboratorium Campuran Aquades dan Butanol.....	102

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)