

SKRIPSI

**KAJIAN EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK ALIRAN DUA-FASE
UDARA-AIR + 3% BUTANOL PADA PIPA KECIL
POSISI Miring 10°**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



UMY
UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA

Unggul & Islami

Disusun oleh :

GEMILANG TRIFA PERDANA

20150130197

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2019

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa tugas akhir ini adalah asli hasil 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 di publikasikan oleh orang lain selain referensi yang ditulis dengan menyebutkan sumbernya dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 21 Oktober 2019



Penyusun

Gemilang Trifa Perdana

NIM. 20150130197

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan kekuatan dan kemampuan serta atas segala limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “**Kajian Eksperimental Karakteristik Aliran Dua Fase Udara-Air +3% Butanol pada Saluran Kecil Posisi miring 10^0** ” yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program Strata-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, 21 Oktober 2019

Penyusun

Gemilang Trifa Perdana

NIM. 20150130197

UCAPAN TERIMAKASIH

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, menasihati 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 Novia Putri Idiarta 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.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMAKASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
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 Landasan Teori	20
2.2.1 Aliran Dua Fase	20
2.2.2 Butanol.....	20
2.2.3 Tegangan Permukaan.....	21
2.2.4 Kecepatan Superfisial	21
2.2.5 Pola Aliran	22
2.2.6 Fraksi Hampa.....	23
2.2.6.1 Metode <i>Local</i>	23
2.2.6.2 Metode <i>Chordal</i>	23
2.2.6.3 Metode <i>Cross-Section</i>	24

2.2.6.4	Metode Volumetrik	25
2.2.7	Fraksi Hampa Homogen	25
2.2.8	Rasio Kecepatan	26
2.2.9	<i>Digital Image Processing</i>	26
2.2.9.1	<i>Image</i>	27
2.2.9.2	<i>Noise</i>	28
2.2.9.3	<i>Filtering</i>	29
2.2.9.4	Metode Analisis Statistik.....	29
2.2.10	<i>Pressure Gradient</i>	30
BAB III	METODE PENELITIAN	33
3.1	Tempat Penelitian	33
3.2	Bahan Penelitian	33
3.3	Skema Penelitian	35
3.3.1	Aliran fluida cair	36
3.3.2	Aliran fluida gas.....	39
3.3.3	Peralatan uji	41
3.3.4	Peralatan pengambilan gambar	45
3.4	Kalibrasi alat ukur.....	45
3.5	Diagram alir	48
3.6	Prosedur pengambilan data.....	50
3.7	Pengolahan Data dan Analisa Hasil.....	51
3.7.1	Pola aliran	51
3.7.2	Gradien tekanan	51
3.7.3	Fraksi hampa.....	52
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1	Pola Aliran	55
4.1.1	Pola Aliran <i>Plug</i>	55
4.1.2	Pola Aliran <i>Bubbly</i>	58
4.1.3	Pola Aliran <i>Slug Annular</i>	60
4.1.4	Pola Aliran <i>Annular</i>	62
4.1.5	Pola Aliran <i>Churn</i>	64
4.1.6	Peta Pola Aliran	66

4.2 Fraksi Hampa.....	71
4.2.1 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Plug</i>	71
4.2.2 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Bubbly</i>	73
4.2.3 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Slug Annular</i>	75
4.2.4 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Annular</i>	77
4.2.5 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Churn</i>	79
4.2.6 Fraksi Hampa Homogen	80
4.3 Gradien Tekanan.....	82
4.3.1 Pengaruh Kecepatan Superfisial terhadap Gradien Tekanan.....	82
4.3.2 Gradien Tekanan terhadap Waktu	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1 Kesimpulan	85
5.2 Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN.....	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pola aliran pada <i>circular microchannels</i> berdiamter 1,097 mm (Triplett dkk., 1999)	5
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)	6
Gambar 2.3	Perbandingan nilai terukur (total) dan nilai perhitungan dengan asumsi aliran homogen (akselerasi) (Triplett dkk., 1999).....	7
Gambar 2.4	Hubungan antara pengukuran dengan fraksi hampa homogen (Kawahara dkk., 2002)	8
Gambar 2.5	Data gradien tekanan gesek dua fase (Kawahara dkk., 2002).....	9
Gambar 2.6	Peta pola aliran (Serizawa dkk., 2002).....	10
Gambar 2.7	Peta pola aliran : (a) 530 μm dan (b) 250 μm (Chung dan Kawaji, 2004).....	11
Gambar 2.8	Hubungan antara fraksi hampa dan <i>volumetric quality</i> (Chung dan Kawaji, 2004)	12
Gambar 2.9	(a) Pengaruh J_G dan J_L terhadap fraksi hampa, (b) Pengaruh β terhadap ε . ($\varepsilon = \alpha$) (Sudarja dkk., 2015).....	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% (Sudarja dkk., 2018)...	18
Gambar 2.12	Peta pola aliran konsentrasi gliserin 60% (Sudarja dkk., 2018)....	19
Gambar 2.13	Fraksi hampa <i>local</i>	23
Gambar 2.14	Skema fraksi hampa <i>chordal</i>	24
Gambar 2.15	Fraksi hampa <i>cross-section</i>	24
Gambar 2.16	Fraksi hampa volumetrik.....	25
Gambar 2.17	<i>Digital Image processing</i> (Mayor dkk., 2007).....	27
Gambar 2.18	Contoh gambar RGB dengan aliran <i>plug</i> (Sudarja dkk., 2016)	27
Gambar 2.19	Contoh gambar biner dengan aliran <i>plug</i> (Sudarja dkk., 2016)	28
Gambar 3.1	Butanol dan akuades.....	33
Gambar 3.2	Grafik persentase butanol dan nilai <i>surface tension</i>	34

Gambar 3.3	Skema instalasi penelitian	36
Gambar 3.4	Tangki campuran butanol	36
Gambar 3.5	Pompa	37
Gambar 3.6	Bejana bertekanan	38
Gambar 3.7	<i>Flowmeter</i> cairan	38
Gambar 3.8	<i>Gate valve</i>	39
Gambar 3.9	<i>Check valve</i>	39
Gambar 3.10	Kompresor	40
Gambar 3.11	<i>Water trap</i>	40
Gambar 3.12	<i>Flowmeter</i> udara	41
Gambar 3.13	<i>Mixer</i>	42
Gambar 3.14	<i>Flens</i>	42
Gambar 3.15	<i>Correction box</i>	43
Gambar 3.16	Lampu LED	43
Gambar 3.17	Pressure transducer merek MPX	44
Gambar 3.18	Data akuisisi merek Arduino	44
Gambar 3.19	Komputer	44
Gambar 3.20	Kamera Nikon J4	45
Gambar 3.21	Grafik kalibrasi MPX	46
Gambar 3.22	Kalibrasi <i>flowmeter</i> cairan kapasitas 100-500 mL/menit	46
Gambar 3.23	Kalibrasi <i>flowmeter</i> cairan kapasitas 0,1-1 GPM	47
Gambar 3.24	<i>Flowchart</i>	49
Gambar 3.25	Sampel gambar RGB	52
Gambar 3.26	Sampel gambar <i>greyscale</i>	52
Gambar 3.27	Sampel gambar <i>crop</i>	53
Gambar 3.28	Sampel gambar pembalikan warna	53
Gambar 3.29	<i>Filtering</i>	53
Gambar 3.30	Biner	54
Gambar 4.1	Peta pola aliran	67
Gambar 4.2	Perbandingan peta pola aliran (Fukano dan Kariyasaki, 1993)	68
Gambar 4.3	Perbandingan peta pola aliran (Triplett dkk., 1999) dan (Chung dan Kawaji, 2004)	69

Gambar 4.4	Perbandingan peta pola aliran (Pipathattakul, 2014).....	70
Gambar 4.5	Gradien tekanan pada $J_G = 0 - 66,3$ [m/s] dengan variasi $J_L = (0,149; 0,879; 4,935$ [m/s])	82
Gambar 4.6	Gradien tekanan pada $J_L = 0,033 - 4,935$ [m/s] dengan variasi $J_G = (7; 22,6; 66,3$ [m/s])	82
Gambar 4.7	Gradien tekanan terhadap waktu pada $J_G = 50$ m/s dan $J_L = 0,539$ m/s	83
Gambar 4.8	PDF gradien tekanan pada $J_G = 50$ m/s dan $J_L = 0,539$ m/s	84

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Sifat fisik udara.....	33
Tabel 3.2.	Sifat fisik cairan (Hasil uji Laboratorium Termal UGM)	34
Tabel 4.1.	Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan nilai J_G tetap yaitu 0,207 m/s dan nilai J_L bervariasi	56
Tabel 4.2.	Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan nilai J_L tetap yaitu 0,149 m/s dan nilai J_G bervariasi.....	57
Tabel 4.3.	Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> dengan nilai J_G tetap yaitu 0,207 m/s dan nilai J_L bervariasi	58
Tabel 4.4.	Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> dengan nilai J_L tetap yaitu 0,7 m/s dan nilai J_G bervariasi.....	59
Tabel 4.5.	Perbandingan pola aliran <i>slug-annular</i> dengan nilai J_G tetap yaitu 7 m/s dan nilai J_L bervariasi	61
Tabel 4.6.	Perbandingan pola aliran <i>slug-annular</i> dengan nilai J_L tetap yaitu 0,149 m/s dan nilai J_G bervariasi	61
Tabel 4.7.	Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan nilai J_G tetap yaitu 50 m/s dan nilai J_L bervariasi	63
Tabel 4.8.	Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan nilai J_L tetap yaitu 0,033 m/s dan nilai J_G bervariasi	64
Tabel 4.9.	Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan nilai J_G tetap yaitu 50 m/s dan nilai J_L bervariasi	65
Tabel 4.10.	Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan nilai J_L tetap yaitu 0,879 m/s dan nilai J_G bervariasi.....	66
Tabel 4.11.	Fraksi hampa aliran <i>plug</i>	72
Tabel 4.12.	Fraksi hampa aliran <i>bubbly</i>	74
Tabel 4.13.	Fraksi hampa aliran <i>slug-annular</i>	75
Tabel 4.14.	Fraksi hampa aliran <i>annular</i>	77
Tabel 4.15.	Fraksi hampa aliran <i>churn</i>	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Variasi Kecepatan Superfisial <i>Liquid</i> (J_L) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 3%	92
Lampiran 2. Tabel Variasi Kecepatan Superfisial <i>Gas</i> (J_G) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 3%	95
Lampiran 3. Hasil Kalibrasi MPX.....	98
Lampiran 4. Matriks Pengambilan Data Pola Aliran	99
Lampiran 5. Tabel Kecepatan Superfisial Terbentuknya Pola Aliran <i>plug</i> , <i>bully</i> dan <i>slug-annular</i>	100
Lampiran 6. Tabel Kecepatan Superfisial Terbentuknya Pola Aliran <i>annular</i> dan <i>churn</i>	101
Lampiran 7. 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)

Aplikasi aliran dua fase yang sangat luas serta pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada industri, elektronik hingga otomotif menyebabkan manusia untuk terus menciptakan alat yang semakin kompak dan praktis. Untuk menunjang hal tersebut diperlukan penyesuaian dari sistem aliran dua fase yaitu menggunakan saluran mini. Berbeda dengan saluran konvensional saluran mini tidak dipengaruhi oleh gaya gravitasi melainkan dipengaruhi oleh tegangan permukaan. Menurut pendapat penulis bahwa beberapa penelitian tentang tegangan permukaan belum banyak mengungkap pengaruh tegangan permukaan terhadap karakteristik aliran dua fase pada saluran mini.

Seksi uji berupa pipa kaca berdiameter dalam 1,6 mm dengan sudut kemiringan 10° terhadap posisi horizontal. Fluida kerja yang digunakan dalam penelitian ini yaitu larutan akuades dan 3% butanol dengan tegangan permukaan 42,90 mN/m. Variasi kecepatan superficial udara dan cairan yaitu 0 m/s – 66,3 m/s dan 0,033 m/s – 4,935 m/s. Data pola aliran dan fraksi hampa didapatkan dari gambar video yang direkam kamera berkecepatan tinggi. Gradien tekanan diperoleh dari pengolahan data dari data akuisisi.

Hasil pengamatan yang telah dilakukan ditemukan lima pola aliran yang terbentuk yaitu: *plug*, *bubbly*, *slug-annular*, *annular* dan *churn*. Pola aliran yang terbentuk didominasi oleh aliran *plug*. Peta pola aliran menunjukkan kesesuaian dengan penelitian Triplett dkk., (1999) dan Chung dan Kawaji (2004). Tegangan permukaan mempengaruhi bentuk pola aliran *bubbly* dan *plug*. Meningkatnya nilai J_G menyebabkan nilai fraksi hampa meningkat. Meningkatnya kecepatan superficial gas maupun cairan mempengaruhi naiknya gradien tekanan.

Kata kunci: dua fase, pipa mini, tegangan permukaan, kecepatan superficial.

ABSTRACT

The application of two phase-flow is very wide with the rapid of development of science and technology on industry, electronics until automotive causing humans to create increasingly compact and practical tools. To support this, it is necessary to adjust the two-phase flow system using a minichannel. Different from conventional channel, minichannels are not affected by gravity but influenced by surface tension. In the author's opinion that several studies of surface tension have not yet revealed the effect of surface tension on the characteristic of two-phase flow in minichannels.

The test section was 1.6 mm with incline angle 10° to horizontal orientation. The working fluids used in this research were aquades and 3% butanol with 42.90 mN/m surface tension. Variation of gas and liquid superficial velocities were 0 m/s – 66,3 m/s and 0,033 m/s – 4,935 m/s. Flow pattern and void fraction data obtained from video images which recorded with a high-speed camera. Pressure gradient obtained from data processing from data acquisition.

As a result, there were five flow pattern that have been found in this present study: bubbly, plug, slug-annular, annular and churn. Flow pattern map showed suitability with Triplett et al. (1999) and Chung and Kawaji (2004) research. Surface tension affected shape of bubbly and plug flow pattern. Increasing the value of JG cause the value of void fraction to increase as well. Increased superficial velocities of both gas and liquid affects the increase of pressure gradient.

Keyword: *two-phase, minichannel, surface tension, superficial velocity.*