

SKRIPSI

**KAJIAN EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK ALIRAN DUA FASE
UDARA-AIR + 7 % BUTANOL PADA SALURAN KECIL POSISI
KEMIRINGAN 30⁰**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar

Sarjana Teknik



UMY
**UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA**

Unggul & Islami

Disusun Oleh :

WAHYU SOLIHIN

20150130214

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2019

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wahyu Solihin
Nomor Induk Mahasiswa : 20150130214
Program Studi : S-1 Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Kajian Eksperimental Karakteristik Aliran
Dua Fase Udara-Air dan Butanol 7% pada
Saluran Kecil posisi Miring 30°

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, 21 Oktober 2019



Wahyu Solihin
NIM 20150130214

HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan mengucap 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 Ibnu Sina dan ibu Suriasmis 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. Ketiga kakak penulis yaitu : Kakak Devi, Kakak Wiwi, Kakak Cici yang tiada henti memberikan perhatian, doa dan dukungan kepada penulis.
7. Kepada teman-teman satu kos saya yaitu : Hanif, Dimas, Wibi, Rahmat, Kurnianto, Gemilang, dan Hafizh terimakasih karena telah menemani perjuangan selama perkuliahan ini dan terimakasih untuk kehangatan yang kalian berikan.

8. Teman teman kelas E dan seluruh angkatan teknik mesin 2015 yang telah membantu berjuang selama kuliah di UMY.
9. Kelompok tugas akhir Aliran Dua Fase, karna kalian penulis bisa melaksanakan pengambilan data dan pengolahan data.

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 kehadirat 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-Air + 7% Butanol Pada Saluran Kecil Posisi Kemiringan 30^o”** 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, 21 Oktober 2019

Penyusun

Wahyu Solihin

NIM 20150130174

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xviii
INTISARI	xix
ABSTRACT	xx
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	16
2.2.1 Fase	16
2.2.2 Tegangan Permukaan	16
2.2.3 Butanol	17
2.2.4 Kecepatan Superfisial	17
2.3 Pola Aliran	18
2.4 Peta Pola Aliran	20
2.5 Fraksi Hampa	22
2.5.1 Metode <i>Local</i>	22
2.5.2 Metode Chordal	23

2.5.3 Metode <i>Cross-Section</i>	23
2.5.5 Metode Volumetrik	24
2.6 <i>Digital Image Processing</i>	24
2.6.1 <i>Image</i>	25
2.6.2 <i>Noise</i>	26
2.6.3 <i>Filtering</i>	27
2.6.4 Metode Analisis Statistik	27
2.7 Gradien Tekanan	28
2.8 Pengukuran Perbedaan Tekanan	29
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Tempat Penelitian	30
3.2 Bahan Penelitian	30
3.3 Alat Penelitian	31
3.3.1 Skema Penelitian	31
3.3.2 Aliran Fluida Cair	33
3.3.3 Aliran Fluida Gas	37
3.3.4 Peralatan Seksi Uji	39
3.3.5 Peralatan Pengambilan Gambar	43
3.4 Kalibrasi Alat Ukur	44
3.5 Diagram Alir	45
3.6 Jalannya Penelitian	47
3.7 Penggunaan Akuades dan Butanol	48
3.8 Prosedur Pengambilan Data	48
3.9 Pengolahan Data dan Analisis Hasil	49
3.9.1 Pola Aliran	49
3.9.2 Fraksi Hampa	50
3.9.3 Gradien Tekanan	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Pola Aliran	51
4.1.1 Pola Aliran <i>Plug</i>	51
4.1.2 Pola Aliran <i>Bubbly</i>	53

4.1.3 Pola Aliran <i>Slug annular</i>	56
4.1.4 Pola Aliran <i>Annular</i>	58
4.1.5 Pola Aliran <i>Churn</i>	60
4.1.6 Peta Pola Aliran.....	62
4.1.7 Perbandingan Peta Pola Aliran.....	64
4.2 Fraksi Hampa	67
4.2.1 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Plug</i>	67
4.2.2 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Bubbly</i>	69
4.2.3 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Slug annular</i>	71
4.2.4 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Annular</i>	74
4.2.5 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Churn</i>	75
4.2.6 Hubungan Parameter	76
4.3 Gradien Tekanan	79
4.3.1 Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fase Udara-Akuades dan Butanol 7%	79
4.3.2 Gradien Tekanan Terhadap Waktu.....	81
4.3.3 PDF Gradien Tekanan	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	82
5.1 Kesimpulan	82
5.1.1 Pola Aliran.....	82
5.1.2 Fraksi Hampa	83
5.1.3 Gradien Tekanan	83
5.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pola aliran pada <i>circular microchannels</i> berdiameter 1,097 mm (Triplett dkk., 1999)	7
Gambar 2.2	Data gradien tekanan gesek dua fase (Kawahara dkk., 2002).....	8
Gambar 2.3	Grafik gradien tekanan dengan kecepatan superfisial gas (Gunawan dkk., 2015)	9
Gambar 2.4	Hubungan antara pengukuran dengan fraksi hampa homogen (Kawahara dkk, 2002)	10
Gambar 2.5	Hubungan antara fraksi hampa dan <i>volumetric quality</i> (Chung dan Kawaji, 2004)	11
Gambar 2.6	Pola aliran pada konsentrasi gliserin 60% (a) <i>Bubbly</i> : $J_G = 0,116$ m/s ; $J_L = 0,539$ m/s , (b) <i>Plug</i> : $J_G = 0,116$ m/s ; $J_L = 0,033$ m/s , (c) <i>Slug-annular</i> : $J_G = 9,62$ m/s ; $J_L = 0,091$ m/s , (d) <i>Annular</i> : $J_G = 66,2$ m/s ; $J_L = 0,149$ m/s dan (e) <i>Churn</i> : $J_G = 22,26$ m/s ; $J_L = 2,297$ m/s . (Sudarja dkk., 2018)	15
Gambar 2.7	Peta pola aliran konsentrasi gliserin 60% (Sudarja dkk., 2018).....	15
Gambar 2.8	Pola aliran <i>bubbly</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk., 1999).....	19
Gambar 2.9	Pola aliran <i>plug</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk., 1999)	19
Gambar 2.10	Pola aliran <i>slug annular</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk., 1999) .	20
Gambar 2.11	Pola aliran <i>annular</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk., 1999).....	20
Gambar 2.12	Pola aliran <i>churn</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk., 1999)	20
Gambar 2.13	Peta Peta pola aliran dua fase udara-air pada pipa horizontal berdiameter 100, 180 dan 324 μm (Sur dan Liu, 2011)	21
Gambar 2.14	Peta pola aliran Sudarja dkk (2014) dibandingkan dengan peta pola aliran Triplett dkk (1999)	22

Gambar 2.15	Fraksi hampa <i>local</i> (thome, 2004)	23
Gambar 2.16	Skema fraksi hampa <i>chordal</i> (Thome, 2004).....	23
Gambar 2.17	Fraksi hampa <i>cross-section</i> (Thome, 2004).....	24
Gambar 2.18	Fraksi hampa volumetrik (Thome, 2004).....	24
Gambar 2.19	<i>Digital Image processing</i> (Mayor dkk., 2007).....	25
Gambar 3.1	Cairan (a) butanol dan (b) akuades	30
Gambar 3.2	Skema instalasi penelitian	33
Gambar 3.3	Penampung Fluida Cair	34
Gambar 3.4	Pompa Air	34
Gambar 3.5	Bejana Tekan.....	35
Gambar 3.6	<i>Flowmeter</i> cair (a) 0,001-0,1 mL/menit (b) 0,1-0,5 mL/menit (c) 0,3785-3,785 mL/menit	36
Gambar 3.7	<i>Gate Valve</i>	36
Gambar 3.8	<i>Check Valve</i>	37
Gambar 3.9	Kompresor.....	37
Gambar 3.10	<i>Watertrap</i>	38
Gambar 3.11	<i>Flowmeter</i> Udara (a) 0,01-0,1 L/menit (b) 0,1-1 L/menit (c) 1-10 L/menit	39
Gambar 3.12	<i>Mixer</i>	40
Gambar 3.13	<i>Test Section</i>	40
Gambar 3.14	Lampu LED.....	41
Gambar 3.15	<i>MPX</i>	41
Gambar 3.16	<i>Arduino UNO</i>	42
Gambar 3.17	Komputer.....	43

Gambar 3.18	Kamera Nikon J4.....	43
Gambar 3.19	Grafik kalibrasi.....	44
Gambar 3.20	Diagram <i>Flowchart</i>	46
Gambar 3.21	Kalibrasi <i>Flowmeter</i> cairan 1 dan cairan 2.....	47
Gambar 4.1	Peta pola aliran pada konsentrasi butanol 7%	63
Gambar 4.2	Perbandingan peta pola aliran dengan garis transisi (Fukano dan Kariyaki, 1993).....	64
Gambar 4.3	Perbandingan peta pola aliran dengan garis transisi (Triplett dkk., 1999).....	65
Gambar 4.4	Perbandingan peta pola aliran dengan garis transisi (Chung dan Kawaji 2004)	66
Gambar 4.5	Fraksi hampa pola aliran <i>plug</i> (a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	68
Gambar 4.6	<i>Time-Average</i> pola aliran <i>plug</i> (a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	68
Gambar 4.7	PDF pola aliran <i>plug</i> (a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s	69
Gambar 4.8	Fraksi hampa pola aliran <i>bubbly</i> (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s (b) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s.....	70
Gambar 4.9	<i>Time-Average</i> pola aliran <i>bubbly</i> (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s (b) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s.....	70
Gambar 4.10	PDF pola aliran <i>bubbly</i> (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s (b) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s.....	71

Gambar 4.11	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.....	72
Gambar 4.12	<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, $J_L = 0,033$ m/s.....	73
Gambar 4.13	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	73
Gambar 4.14	Fraksi hampa pola aliran <i>annular</i> (a) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	74
Gambar 4.15	<i>Time-Average</i> pola aliran <i>annular</i> (a) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s	75
Gambar 4.16	PDF aliran pola <i>annular</i> (a) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s	75
Gambar 4.17	Fraksi hampa pola aliran <i>churn</i> (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	76
Gambar 4.18	<i>Time-Average</i> pola aliran <i>churn</i> (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	77
Gambar 4.19	PDF pola aliran <i>churn</i> (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s.....	77
Gambar 4.20	Hubungan antara fraksi hampa homogen dengan fraksi hampa hasil penelitian ini	78
Gambar 4.21	(a) Pengaruh J_L terhadap gradien tekanan dengan variasi J_G , (b) Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan dengan variasi J_L	80
Gambar 4.22	Pengaruh gradien tekanan terhadap waktu dengan butanol 7% pada $J_G = 0,025$ m/s dan $J_L = 0,232$ m/s	81

Gambar 4.23 PDF gradien tekanan dengan butanol 7% pada $J_G = 0,025$ m/s dan $J_L = 0,232$ m/s.....81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat-sifat butanol.....	17
Tabel 3.1	Sifat fisik cairan (Hasil uji Laboratorium Thermal UGM)	31
Tabel 3.2	Spesifikasi Penampung Akuades dan Butanol.....	34
Tabel 3.3	Spesifikasi pompa air	35
Tabel 3.4	Spesifikasi Bejana Bertekanan.....	35
Tabel 3.5	Spesifikasi kompresor	38
Tabel 3.6	Spesifikasi <i>Pressure Transducer</i>	41
Tabel 3.7	Spesifikasi Akuisisi Data	42
Tabel 3.8	Spesifikasi kamera	43
Tabel 3.9	Kalibrasi J_G dan J_L	47
Tabel 4.1	Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G tetap 0,207 m/s dan nilai J_L bervariasi.	51
Tabel 4.2	Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap 0,033 m/s.	52
Tabel 4.3	Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G tetap 0,207 m/s dan nilai J_L bervariasi.	54
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.	55
Tabel 4.5	Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G tetap 9,62 m/s dan nilai J_L bervariasi.	56
Tabel 4.6	Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap 0,091 m/s.	57

Tabel 4.7	Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G tetap 58,05 m/s dan nilai J_L bervariasi.	58
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.	59
Tabel 4.9	Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi butanol 7%, dengan nilai J_G tetap 4,238 m/s dan nilai J_L bervariasi.	60
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.	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tabel Variasi Kecepatan Superfisial Gas (J_G) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 7%.....	84
Lampiran 2	Tabel Variasi Kecepatan Superfisial Cairan (J_L) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 7%.....	89
Lampiran 3	Hasil Kalibrasi <i>Pressure Transducer MPX System</i>	92
Lampiran 4	Matriks Pengambilan Data Pola Aliran	93
Lampiran 5	Tabel Kecepatan Superfisial Terbentuknya Pola Aliran	94
Lampiran 6	Hasil Uji Laboratorium Campuran Aquades dan Butanol.....	97

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)