

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rahmat Dwi Hidayat
Nomor Induk Mahasiswa : 20150130194
Program Studi : S-1 Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Kajian Eksperimental Karakteristik Aliran
Dua-Fase Udara-Akuades + Butanol 3%
pada Pipa Kecil posisi Miring 40°.

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, 10 Januari 2020



Rahmat Dwi Hidayat

NIM 20150130194

HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan mengucapkan Alhamdulillah rabbilalaaamiin, 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 Johannas dan ibu Yunnita 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: Muhammad Ridho Fauzan dan Muhammad Fahri Akbar yang tiada henti memberikan perhatian, doa dan dukungan kepada penulis.

7. Kepada saya yaitu: Dimas, Wibi, Hanif, Wahyu, Teguh, Kurnianto, Gemilang, Agus 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.

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	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xv
INTISARI	xvi
ABSTRACT.....	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 Landasan Teori	22
2.2.1 Aliran Dua Fase	22
2.2.2 Butanol.....	23
2.2.3 Tegangan Permukaan.....	23
2.2.4 Kecepatan Superfisial	23
2.2.5 Pola Aliran	24
2.2.6 Fraksi Hampa.....	25

2.2.6.1	Metode <i>Local</i>	25
2.2.6.2	Metode <i>Chordal</i>	26
2.2.6.3	Metode <i>Cross-Section</i>	26
2.2.6.4	Metode Volumetrik	27
2.2.7	Fraksi Hampa Homogen	27
2.2.8	Rasio Kecepatan	28
2.2.9	<i>Digital Image Processing</i>	28
2.2.9.1	<i>Image</i>	29
2.2.9.2	<i>Noise</i>	30
2.2.9.3	<i>Filtering</i>	31
2.2.9.4	Metode Analisis Statistik.....	31
2.2.10	<i>Pressure Gradient</i>	33
BAB III METODE PENELITIAN		35
3.1	Tempat Penelitian.....	35
3.2	Bahan Penelitian.....	35
3.3	Skema Penelitian	37
3.3.1	Aliran fluida cair	38
3.3.2	Aliran fluida gas.....	41
3.3.3	Peralatan uji	43
3.3.4	Peralatan pengambilan gambar	47
3.4	Kalibrasi alat ukur	47
3.5	Diagram alir	50
3.6	Prosedur pengambilan data	52
3.7	Pengolahan Data dan Analisa Hasil	53
3.7.1	Pola aliran	53
3.7.2	Gradien tekanan	53
3.7.3	Fraksi hampa.....	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		57
4.1	Pola Aliran.....	57

4.1.1	Pola Aliran <i>Plug</i>	57
4.1.2	Pola Aliran <i>Bubbly</i>	59
4.1.3	Pola Aliran <i>Slug Annular</i>	61
4.1.4	Pola Aliran <i>Annular</i>	63
4.1.5	Pola Aliran <i>Churn</i>	65
4.1.6	Peta Pola Aliran	67
4.1.7	Perbandingan Peta Pola Aliran	69
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
4.3	Gradien Tekanan	81
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.....		91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pola aliran pada <i>circular microchannels</i> berdiameter 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)	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	Data gradien tekanan gesek dua fase (Kawahara dkk., 2002).....	10
Gambar 2.6	Peta pola aliran (Serizawa dkk., 2002).....	11
Gambar 2.7	Peta pola aliran : (a) pada diameter = 530 μm dan (b) pada diameter = 250 μm (Chung dan Kawaji, 2004).....	12
Gambar 2.8	Hubungan antara fraksi hampa dan fraksi hampa homogen (Chung dan Kawaji, 2004)	14
Gambar 2.9	(a) Pengaruh J_G dan J_L terhadap fraksi hampa, (b) Pengaruh β terhadap ε . ($\varepsilon = \alpha$) (Sudarja dkk., 2015)	18
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).....	19
Gambar 2.11	Pola aliran pada konsentrasi gliserin 60% (Sudarja dkk., 2018)....	20
Gambar 2.12	Peta pola aliran konsentrasi gliserin 60% (Sudarja dkk., 2018)....	21
Gambar 2.13	Fraksi hampa <i>local</i>	26
Gambar 2.14	Skema fraksi hampa <i>chordal</i>	26
Gambar 2.15	Fraksi hampa <i>cross-section</i>	27
Gambar 2.16	Fraksi hampa volumetrik.....	27
Gambar 2.17	<i>Digital Image processing</i> (Mayor dkk., 2007)	29

Gambar 2.18	Contoh gambar RGB dengan aliran <i>plug</i> (Sudarja dkk., 2016)	30
Gambar 2.19	Contoh gambar biner dengan aliran <i>plug</i> (Sudarja dkk., 2016)	30
Gambar 3.1	Butanol dan akuades	35
Gambar 3.2	Grafik perbandingan <i>index</i> butanol dan nilai <i>surface tension</i>	36
Gambar 3.3	Skema instalasi penelitian	38
Gambar 3.4	Tangki campuran butanol	38
Gambar 3.5	Pompa	39
Gambar 3.6	Bejana bertekanan	40
Gambar 3.7	<i>Flowmeter</i> cairan	40
Gambar 3.8	<i>Gate valve</i>	41
Gambar 3.9	<i>Check valve</i>	41
Gambar 3.10	Kompresor	42
Gambar 3.11	<i>Water trap</i>	42
Gambar 3.12	<i>Flowmeter</i> udara	43
Gambar 3.13	<i>Mixer</i>	44
Gambar 3.14	<i>Flens</i>	44
Gambar 3.15	<i>Correction box</i>	45
Gambar 3.16	Lampu LED	45
Gambar 3.17	Pressure transducer merek MPX	46
Gambar 3.18	Data akuisisi merek Arduino	46
Gambar 3.19	Komputer	46
Gambar 3.20	Kamera Nikon J4	47
Gambar 3.21	Grafik kalibrasi <i>pressure transducer</i>	48
Gambar 3.22	Grafik kalibrasi <i>flowmeter2</i> fluida cairan	48
Gambar 3.23	Grafik kalibrasi <i>flowmeter3</i> fluida cairan	49
Gambar 3.24	<i>Flowchart</i>	50
Gambar 3.25	Sampel gambar RGB	54
Gambar 3.26	Sampel gambar <i>grayscale</i>	54
Gambar 3.27	Sampel gambar <i>crop</i>	55

Gambar 3.28	Sampel gambar pembalikan warna.....	55
Gambar 3.29	<i>Filtering</i>	55
Gambar 3.30	Biner	56
Gambar 4.1	Peta pola aliran penelitian ini	68
Gambar 4.2	Perbandingan peta pola aliran (Fukano dan Kariyasaki., 1993).....	69
Gambar 4.3	Perbandingan peta pola aliran (Triplett dkk., 1999).....	70
Gambar 4.4	(a) pola aliran fraksi hampa $J_G = 0,025$ m/s dan $J_L = 0,149$ m/s, (b) <i>time-average</i> fraksi hampa dan (c) PDF fraksi hampa	72
Gambar 4.5	(a) pola aliran fraksi hampa $J_G = 0,207$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s, (b) <i>time-average</i> fraksi hampa dan (c) PDF fraksi hampa	72
Gambar 4.6	(a) pola aliran fraksi hampa $J_G = 0,025$ m/s dan $J_L = 2,297$ m/s, (b) <i>time-average</i> fraksi hampa dan (c) PDF fraksi hampa	74
Gambar 4.7	(a) pola aliran fraksi hampa $J_G = 0,066$ m/s dan $J_L = 2,297$ m/s, (b) <i>time-average</i> fraksi hampa dan (c) PDF fraksi hampa	74
Gambar 4.8	(a) pola aliran fraksi hampa $J_G = 7$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s, (b) <i>time-average</i> fraksi hampa dan (c) PDF fraksi hampa	76
Gambar 4.9	(a) pola aliran fraksi hampa $J_G = 7$ m/s dan $J_L = 0,091$ m/s, (b) <i>time-average</i> fraksi hampa dan (c) PDF fraksi hampa	76
Gambar 4.10	(a) pola aliran fraksi hampa $J_G = 50$ m/s dan $J_L = 0,091$ m/s, (b) <i>time-average</i> fraksi hampa dan (c) PDF fraksi hampa.	78
Gambar 4.11	(a) pola aliran fraksi hampa $J_G = 50$ m/s dan $J_L = 0,149$ m/s, (b) <i>time-average</i> fraksi hampa dan (c) PDF fraksi hampa	78
Gambar 4.12	(a) pola aliran fraksi hampa $J_G = 22,6$ m/s dan $J_L = 0,879$ m/s, (b) <i>time-average</i> fraksi hampa dan (c) PDF fraksi hampa	80
Gambar 4.13	(a) pola aliran fraksi hampa $J_G = 22,6$ m/s dan $J_L = 2,297$ m/s, (b) <i>time-average</i> fraksi hampa dan (c) PDF fraksi hampa	80
Gambar 4.14	Pengaruh $J_L = 0,033 - 4,935$ (m/s) terhadap <i>pressure gradient</i> dengan variasi J_G	82
Gambar 4.15	Pengaruh $J_G = 0 - 66,3$ (m/s) terhadap <i>pressure gradient</i>	

	dengan variasi J_L	82
Gambar 4.16	Pengaruh gradien tekanan terhadap waktu dengan butanol 3% pada $J_G = 0,871$ m/s dan $J_L = 4,935$ m/s	83
Gambar 4.17	Grafik <i>Probability Distribution Function</i> (PDF) gradien tekanan pada pola aliran <i>churn</i> dengan nilai $J_G = 0,871$ m/s dan nilai $J_L =$ $4,935$ m/s	84

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Sifat fisik fluida udara	35
Tabel 3.2.	Sifat fisik fluida cairan (Hasil uji Laboratorium Termal UGM)	36
Tabel 4.1.	Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan nilai J_G tetap yaitu 0,423 m/s dan nilai J_L bervariasi	58
Tabel 4.2.	Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan nilai J_L tetap yaitu 0,149 m/s dan nilai J_G bervariasi	59
Tabel 4.3.	Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> dengan nilai J_G tetap yaitu 0,207 m/s dan nilai J_L bervariasi	60
Tabel 4.4.	Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> dengan nilai J_L tetap yaitu 0,879 m/s dan nilai J_G bervariasi	61
Tabel 4.5.	Perbandingan pola aliran <i>slug-annular</i> dengan nilai J_G tetap yaitu 3 m/s dan nilai J_L bervariasi	62
Tabel 4.6.	Perbandingan pola aliran <i>slug-annular</i> dengan nilai J_L tetap yaitu 0,091 m/s dan nilai J_G bervariasi	63
Tabel 4.7.	Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan nilai J_G tetap yaitu 50 m/s dan nilai J_L bervariasi	64
Tabel 4.8.	Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan nilai J_L tetap yaitu 0,033 m/s dan nilai J_G bervariasi	65
Tabel 4.9.	Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan nilai J_G tetap yaitu 9,62 m/s dan nilai J_L bervariasi	66
Tabel 4.10.	Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan nilai J_L tetap yaitu 2,297 m/s dan nilai J_G bervariasi	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Tabel Variasi Kecepatan Superfisial <i>Liquid</i> (J_L) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 3%	91
Lampiran 2.	Tabel Variasi Kecepatan Superfisial <i>Gas</i> (J_G) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 3%	94
Lampiran 3.	Hasil Kalibrasi MPX	98
Lampiran 4.	Matriks Pengambilan Data Pola Aliran	99
Lampiran 5.	Tabel Kecepatan Superfisial Terbentuknya Pola Aliran	100
Lampiran 6.	Hasil Uji Laboratorium Campuran Akuades dan Butanol	102