

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Ikrar Bhakti Praja  
Nomor Induk Mahasiswa : 20150130153  
Program Studi : S-1 Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Penelitian : Kajian Eksperimental Karakteristik Aliran  
Dua Fase Udara-Air dan Butanol 5% pada  
Saluran Kecil posisi Miring 20°

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, 25 Oktober 2019



*Muhammad Ikrar Bhakti Praja*  
Muhammad Ikrar Bhakti Praja

## HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan mengucapkan Alhamdulillah rabbilalamin, 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. Kedua orangtua tercinta, bapak (Almarhum) Rachmat dan emak Siti Ngaisah 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.
2. Keempat kakak penulis yaitu : Mbak Nanung, Mbak Heni, Mbak Ita, dan Mbak lia yang tiada henti memberikan perhatian, doa dan dukungan kepada penulis.
3. Tiara Cahya Atikasari, wanita cantik yang menjadi penyemangat penulis hingga bisa menyelesaikan penulisan naskah ini.
4. Keluarga minus : Hangga, Wenny, Soleh, Natan, dan Sihe terimakasih sudah menjadi sahabat yang setia. Walaupun jarang bertemu dengan mereka, tetapi penulis yakin mereka selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis.
5. Teman satu kontrakan selama 3 tahun yaitu : Eki, Imung, Yogi, Annas, Resa Dan Vino terimakasih karena telah menemani perjuangan selama perkuliahan ini dan terimakasih untuk kehangatan yang kalian berikan.
6. Teman kelompok ngegas fc yaitu : ojan, jaki, tara, lumbessy, pak eko, dan yuda. Termakasih karena sering menghibur penulis ketika lelah.

7. Teman teman kelas D dan seluruh angkatan teknik mesin 2015 yang telah membantu berjuang selama kuliah di UMY.
8. Kelompok tugas akhir Aliran Dua Fase, karna kalian penulis bisa melaksanakan pengambilan data dan pengolahan data.
9. Teman-teman Organisasi HMM UMY dan KMW UMY, karena kedua organisasi tersebut penulis mendapatkan banyak tambahan ilmu untuk bekal di masa mendatang.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbilalaamiin atas segala karunia nikmat, rahmat serta petunjuk-Nya sehingga sehingga tugas akhir dengan judul “kajian eksperimental karakteristik aliran dua fase udara-air dan butanol 5% pada saluran kecil posisi miring 20°” berupa penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana S-1 di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam Penyusunan skripsi ini penulis telah banyak mendapat arahan, bimbingan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Sudarja M.T., selaku dosen pembimbing utama 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 pendamping tugas akhir atas bimbingan, bantuan dan saran-saran yang telah diberikan kepada penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Krisdiyanto, S.T., M.eng. selaku dosen penguji.
5. Bapak Ibu Dosen dan Staf lainnya serta seluruh civitas akademika Program Studi S-1 Teknik Mesin yang telah memberikan banyak pengalaman, dan bantuan kepada penulis selama berada dilingkungan Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

## 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
<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.....	11
2.2.1 Fase dan Aliran Dua Fase .....	11
2.2.2 Kecepatan Superfisial .....	12
2.2.3 Tegangan Permukaan .....	13
2.2.4 Butanol .....	13
2.2.5 Pola Aliran Dua Fase .....	14
2.2.6 Peta Pola Aliran Dua Fase.....	17

2.2.7	Fraksi Hampa ( <i>Void Fraction</i> ) Aliran Dua Fase.....	18
2.2.8	<i>Digital Image Processing</i> .....	19
2.2.8.1	<i>Image</i> .....	20
2.2.8.2	Gambar RGB.....	21
2.2.8.3	Gambar <i>Grayscale</i> .....	21
2.2.8.4	Gambar Biner .....	21
2.2.8.5	<i>Noise</i> .....	21
2.2.8.6	<i>Filtering</i> .....	22
2.2.8.7	Metode Analisis Statistik .....	23
2.2.9	Perbedaan Tekanan ( <i>Pressure Drop</i> ) pada Saluran Mini .....	24
2.2.10	Pengukuran Perbedaan Tekanan ( <i>Pressure Drop</i> ) pada Saluran Mini .....	24
BAB III METODE PENELITIAN.....		25
3.1	Bahan Penelitian.....	25
3.2	Alat Penelitian.....	26
3.2.1	Skema Alat yang Digunakan.....	26
3.2.2	Aliran Fluida Udara.....	27
3.2.3	Aliran Fluida Air .....	29
3.2.4	Peralatan Pengambilan Gambar .....	33
3.2.5	Seksi Uji.....	34
3.3	Tempat Penelitian.....	37
3.4	Diagram Alir Penelitian .....	38
3.5	Prosedur Pengambilan Data .....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		42
4.1	Kalibrasi Alat Ukur .....	42
4.2	Pola Aliran .....	43
4.2.1	Pola Aliran <i>Plug</i> .....	43
4.2.2	Pola Aliran <i>Bubbly</i> .....	45
4.2.3	Pola Aliran <i>Slug-Annular</i> .....	48

4.2.4	Pola Aliran <i>Annular</i> .....	50
4.2.5	Pola Aliran <i>Churn</i> .....	51
4.3	Peta Pola Aliran.....	53
4.3.1	Perbandingan Peta Pola Aliran dengan Penelitian Terdahulu.....	55
4.4	Fraksi Hampa (Void Fraction) .....	57
4.4.1	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Plug</i> .....	57
4.4.2	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Bubbly</i> .....	58
4.4.3	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Slug-Annular</i> .....	60
4.4.4	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Annular</i> .....	61
4.4.5	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Churn</i> .....	62
4.5	Gradien Tekanan .....	64
4.5.1	Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fase Udara-Air dan Butanol 5% .....	64
4.5.2	Gradien Tekanan Terhadap Waktu .....	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		67
5.1.	Kesimpulan .....	67
5.1.1	Pola Aliran dan Peta Pola Aliran .....	67
5.1.2	Fraksi Hampa ( <i>void Fraction</i> ) .....	67
5.1.3	Gradien Tekanan .....	68
5.2.	Saran.....	68
Daftar Pustaka .....		69
Lampiran .....		71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Visualisasi pola aliran pada pipa sirkular $D = 1,45$ m (Triplet Dkk. 1999) .....	6
Gambar 2.2	Hubungan antara fraksi hampa dan kualitas volumetrik dari eksperimen (Chung dan Kawaji, 2004).....	8
Gambar 2.3	Grafik <i>pressure gradient</i> aliran minyak-air terhadap input fraksi volume minyak yang berbeda untuk berbagai kecepatan campuran 0,2-0,6 m/s. (Abubakar dkk. 2015) .....	10
Gambar 2.4	Grafik <i>pressure gradient</i> aliran minyak-air terhadap input fraksi volume minyak yang berbeda untuk berbagai kecepatan campuran 0,8-1,5 m/s. (Abubakar dkk. 2015) .....	10
Gambar 2.5	Grafik perbandingan <i>pressure drop</i> terhadap laju aliran (Ismail dkk. 2015) .....	11
Gambar 2.6	Pola aliran pipa horizontal (braz, 1999) .....	16
Gambar 2.7	Pola aliran pada pipa vertikal (Xu dkk,1999) .....	17
Gambar 2.8	Peta pola aliran Sudarja dkk. (2014) dibandingkan dengan peta pola aliran Triplet dkk. (1999) .....	18
Gambar 2.9	Fraksi hampa Chordal (Thome, 2004) .....	18
Gambar 2.10	Fraksi hampa cross section (Thome, 2004).....	19
Gambar 2.11	Fraksi hampa volumetrik (Thome, 2004) .....	19
Gambar 2.12	Langkah-langkah dalam <i>image processing</i> (Mayor dkk, 2007) .....	20
Gambar 3.1	Cairan Butanol dan Akuades.....	25
Gambar 3.2	Skema Instalasi Penelitian.....	27
Gambar 3.3	Kompresor.....	28
Gambar 3.4	<i>Flowmeter</i> udara.....	28
Gambar 3.5	Regulator dan filter.....	29



Gambar 3.6	Penampung fluida cair.....	29
Gambar 3.7	Pompa air.....	30
Gambar 3.8	<i>Flowmeter</i> air .....	31
Gambar 3.9	Bejana tekan .....	32
Gambar 3.10	<i>Ball valve</i> .....	33
Gambar 3.11	<i>Check valve</i> .....	33
Gambar 3.12	Kamera .....	34
Gambar 3.13	<i>Mixer</i> .....	35
Gambar 3.14	Test section.....	35
Gambar 3.15	Lampu LED.....	36
Gambar 3.16	MPX.....	36
Gambar 3.17	Arduino UNO.....	37
Gambar 3.18	Komputer.....	37
Gambar 3.20	Diagram alir penelitian.....	39
Gambar 4.1	Grafik kalibrasi alat ukur.....	42
Gambar 4.2	Peta pola aliran udara-air dan butanol 5% kemiringan pipa 20° .....	54
Gambar 4.3	Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran Chung dan Kawaji (2004). .....	55
Gambar 4.4	Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran Triplett dkk. (1999). .....	56
Gambar 4.5	Pola aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	57
Gambar 4.6	<i>Time-Average</i> fraksi hampa pola aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = 0,066$ m/s $J_L = 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	58

Gambar 4.7	PDF fraksi hampa pola aliran plug pada (a) $J_G = 0,066$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s (b) $J_G = 0,066$ m/s dan $J_G = 0,091$ m/s .....	58
Gambar 4.8	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.....	59
Gambar 4.9	Time average fraksi hampa pola aliran bubbly pada (a) $J_G = 0,066$ m/s dan $J_L = 2,297$ m/s (b) $J_G = 0,1160$ dan $J_L = 2,297$ m/s..	59
Gambar 4.10	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 .....	59
Gambar 4.11	Pola aliran <i>slug-annular</i> pada (a) $J_G = 3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 3$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	60
Gambar 4.12	<i>Time-Average</i> fraksi hampa pola aliran <i>slug-annular</i> pada (a) $J_G = 3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 3$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	60
Gambar 4.13	PDF fraksi hampa pola aliran <i>slug-annular</i> pada (a) $J_G = 3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 3$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	61
Gambar 4.14	Pola aliran <i>annular</i> pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s, dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	61
Gambar 4.15	<i>Time-Average</i> fraksi hampa pola aliran <i>annular</i> pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s, dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.	62
Gambar 4.16	PDF fraksi hampa pola aliran <i>annular</i> pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s, dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s .....	62
Gambar 4.17	Pola aliran <i>churn</i> pada (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, dan (b) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s.....	63
Gambar 4.18	<i>Time-Average</i> fraksi hampa pola aliran <i>churn</i> pada (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, dan (b) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s	63
Gambar 4.19	PDF fraksi hampa pola aliran <i>churn</i> pada (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, dan (b) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s .....	63
Gambar 4.20	(a) Pengaruh $J_G$ terhadap gradien tekanan dengan variasi $J_L$ , (b)Pengaruh $J_L$ terhadap gradien tekanan dengan variasi $J_G$ .	65
Gambar 4.21	Pengaruh gradien tekanan terhadap waktu dengan butanol 5% pada $J_G = 0,871$ m/s dan $J_L = 4,935$ m/s.....	66

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Sifat fisik cairan (Hasil uji Laboratorium Thermal UGM) .....	26
Tabel 4.1. Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ tetap 0,423 m/s dan nilai $J_L$ bervariasi.....	44
Tabel 4.2. Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ bervariasi dan nilai $J_L$ tetap 0,232 m/s. ....	45
Tabel 4.3. Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ tetap 0,116 m/s dan nilai $J_L$ bervariasi. ....	46
Tabel 4.4. Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ bervariasi dan nilai $J_L$ tetap 0,879 m/s. ....	47
Tabel 4.5. Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ tetap 7 m/s dan nilai $J_L$ bervariasi. ....	48
Tabel 4.6. Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ bervariasi dan nilai $J_L$ tetap 0,033 m/s.....	49
Tabel 4.7. Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi butanol 5% dengan nilai $J_G$ tetap 58,05 m/s dan nilai $J_L$ bervariasi. ....	50
Tabel 4.8. Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ bervariasi dan nilai $J_L$ tetap 0,149 m/s. ....	51
Tabel 4.9. Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ tetap 22,6 m/s dan nilai $J_L$ bervariasi. ....	52
Tabel 4.10. Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ bervariasi dan nilai $J_L$ tetap 0,879 m/s. ....	53

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Variasi Kecepatan Superfisial <i>Gas</i> ( $J_G$ ) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 5% .....	71
Lampiran 2 Tabel Variasi Kecepatan Superfisial <i>Liquid</i> ( $J_L$ ) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 5% .....	74
Lampiran 3 Hasil Kalibrasi Alat Ukur .....	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 ( $m^2$ )  
 $\varepsilon$  = Fraksi hampa  
 $\gamma$  = Tegangan permukaan (N/m)  
 $d$  = Panjang permukaan (m)  
 $F$  = Gaya (N)