

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nuresa Maulana Djaenuddin  
Nomor Induk Mahasiswa : 20150130159  
Program Studi : S-1 Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Penelitian : Kajian Eksperimental Karakteristik Aliran  
Dua Fase Udara-Air dan Butanol 3% Pada  
Saluran Kecil Posisi Kemiringan 20°

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam tugas akhir ini adalah hasil 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, 18 Oktober 2019

Penyusun



Nuresa Maulana Djaenuddin

NIM. 20150130174

## 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., dan 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.
3. Kepada kedua orang tua tercinta, Iplah Zaenuddin dan Nuraida Mustafa yang telah memberikan doa, dukungan, dan segala bentuk kebaikan yang tidak ada habis-habisnya, penulis hanya bisa mengucapkan terimakasih yang setulus-tulusnya semoga Allah membalas dengan pahala yang berlimpah dan semoga penulis bisa membahagiakan ayah dan ibu dengan kesuksesan kelak aamiin.
4. Kedua adek saya Zinedine Zidane Zaenuddin dan Farah Anasta Zaenuddin yang selalu memberi doa dan semangat.
5. Prasasti Winedhar, terimakasih untuk semua dukungan dan semangat yang telah diberikan selama pembuatan skripsi ini hingga selesai.
6. Kepada teman-teman saya Teknik Mesin UMY 2015 yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu yang telah memberi dukungan dan hiburan kepada saya selama mengerjakan skripsi ini.
7. Teman-teman tim riset Aliran Dua Fase yang telah bekerja sama dari membuat alat hingga terselesaikannya skripsi ini.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran 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-Aquades Dan Butanol 3% Pada Saluran Kecil Posisi Kemiringan 20<sup>0</sup>”** yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program Stara-1 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 Dr.,Ir. Sudarja M.T., dan bapak Dr. Ir. Sukamta M.T., IPM., yang telah banyak mengarahkan dan memberikan masukan, membimbing dengan sabar, serta memotivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. 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.
3. Bapak Krisdiyanto, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji.
4. Kedua Orang Tua tercinta dan keluarga yang telah memberikan bantuan baik doa maupun moril dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
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.

6. Tim riset Aliran Dua Fase, serta semua teman-teman angkatan 2015 khususnya kelas TM “C” dan TM “D” yang selalu memberikan motivasi dalam pengerjaan tugas akhir ini.

## **DAFTAR ISI**

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRAK .....	xvi
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 .....	11
2.2.2.	Kecepatan Superfisial .....	12
2.2.3.	Tegangan Permukaan .....	13
2.2.4.	Butanol .....	14
2.2.5.	Pola Aliran Pola Aliran pada Saluran Mini.....	14
2.2.6.	Peta Pola Aliran.....	17
2.2.7.	Fraksi Hampa ( <i>Void Fraction</i> ) Aliran Dua Fase.....	19
2.2.8.	<i>Digital Image Processing</i> .....	20
2.2.9.	Perbedaan Tekanan ( <i>Pressure Drop</i> ).....	24
2.2.10.	Metode Analisis Statistik .....	25
2.2.11.	Pengukuran Perbedaan Tekanan ( <i>Pressure Drop</i> ) pada Saluran Mini .....	25
BAB III METODE PENELITIAN.....		26
3.1.	Bahan Penelitian.....	26
3.2.	Alat Penelitian.....	26
3.2.1.	Skema Alat yang Digunakan.....	27
3.2.2.	Aliran Fluida Air .....	28
3.2.3.	Aliran Fluida Udara.....	32
3.2.4.	Peralatan Pengambilan Gambar .....	35
3.2.5.	Seksi Uji .....	35
3.3.	Tempat Penelitian.....	39
3.4.	Diagram Alir Penelitian .....	40
3.5.	Jalannya Penelitian.....	42
3.6.	Prosedur Tahapan Penelitian.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		44

4.1.	Kalibrasi Alat Ukur .....	44
4.2.	Pola Aliran .....	45
4.2.1.	Pola Aliran <i>Plug</i> .....	45
4.2.2.	Pola Aliran <i>Bubbly</i> .....	47
4.2.3.	Pola Aliran <i>Slug-Annular</i> .....	49
4.2.4.	Pola Aliran <i>Annular</i> .....	51
4.2.5.	Pola Aliran <i>Churn</i> .....	52
4.3.	Peta Pola Aliran.....	54
4.4.	Perbandingan Peta Pola Aliran dengan Penelitian Terdahulu.....	56
4.5.	Fraksi Hampa (Void Fraction) .....	58
4.5.1.	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Plug</i> .....	58
4.5.2.	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Bubbly</i> .....	59
4.5.3.	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Slug-Annular</i> .....	61
4.5.4.	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Annular</i> .....	62
4.5.5.	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Churn</i> .....	64
4.6.	Gradien Tekanan .....	65
4.6.1.	Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fase Udara-Air dan Butanol 3% .....	65
4.6.2.	Gradien Tekanan Terhadap Waktu .....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		68
5.1.	Kesimpulan .....	68
5.2.	Saran.....	69
Daftar Pustaka .....		70
Lampiran .....		72

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Contoh visualisasi dan sinyal beda tekanan aliran <i>stratified smooth</i> ( $J_L=0,025$ m/s dan $J_G =1,88$ m/s) (Wibowo dkk, 2015). .....	6
Gambar 2.2. Pola aliran yang terdeteksi (a) Bubbly, $J_G = 0,041$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s, (b) Plug, $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 0,058$ m/s (c) Slug annular, $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s, (d) Annular, $J_G = 58,050$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s (e) Churn, $J_G = 36,964$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s, (Sudarja, dkk 2019).....	7
Gambar 2.3. Peta pola aliran dan garis transisi (Sudarja dkk, 2019) .....	8
Gambar 2.4. Hubungan antara fraksi hampa dan kualitas volumetrik (Chung dkk, 2004) .....	10
Gambar 2.5. Grafik perbandingan pressure drop terhadap laju aliran (Ismail dkk., 2015) .....	11
Gambar 2.6. Pola aliran udara-air pada pipa horizontal dengan diameter 5,1 cm (Weismen, 1983) .....	16
Gambar 2.7. Pola aliran pada pipa mini diameter 1,45 mm (Triplet dkk, 1999) .....	17
Gambar 2.8. Peta pola aliran (Tripllet, 1998) .....	18
Gambar 2.9. Peta pola aliran (Sur dan liu, 2011).....	19
Gambar 2.10. Fraksi hampa chordal (Thome, 2004) .....	19
Gambar 2.11. Fraksi hampa cross-section (Thome, 2004) .....	20
Gambar 2.12. Fraksi hampa volumetrik (Thome, 2004).....	20
Gambar 2.13. Langkah-langkah dalam <i>image processing</i> (Mayor dkk, 2007) .....	21
Gambat 2.14. Contoh gambar RGB dengan aliran plug .....	22
Gambat 2.15. Contoh gambar <i>grayscale</i> dengan aliran plug .....	22
Gambat 2.16. Contoh gambar biner dengan aliran plug .....	22
Gambar 3.1. Cairan butanol .....	26

Gambar 3.2. Cairan akuades .....	26
Gambar 3.3. Skema Alat Uji.....	28
Gambar 3.4. Pompa Air .....	29
Gambar 3.5. Bak tempat fluida cair .....	29
Gambar 3.6. <i>Flowmeter</i> Air .....	30
Gambar 3.7. Bejana Tekan.....	31
Gambar 3.8. <i>Gate Valve</i> .....	32
Gambar 3.9. <i>Check Valve</i> .....	32
Gambar 3.10. Kompresor .....	33
Gambar 3.11. <i>Flowmeter</i> Udara.....	34
Gambar 3.12. Regulator dan Filter.....	34
Gambar 3.13. Kamera .....	35
Gambar 3.14. <i>Mixer</i> .....	36
Gambar 3.15. <i>Test Section</i> .....	37
Gambar 3.16. Lampu LED.....	37
Gambar 3.17. <i>Pressure Transducer</i> .....	38
Gambar 3.18. <i>Arduino UNO</i> .....	38
Gambar 3.19. Komputer.....	39
Gambar 3.21. Diagram Alir Penelitian .....	42
Gambar 4.1. Grafik kalibrasi <i>MPX</i> .....	44
Gambar 4.2. Peta pola aliran butanol 3% .....	55
Gambar 4.3. Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran Sudarja (2019).....	56
Gambar 4.4. Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran Chung dan Kawaji (2004).....	57
Gambar 4.5. Pola aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s, dan (b) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s.....	58



Gambar 4.6. <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s, dan (b) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s .....	58
Gambar 4.7. PDF aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s, dan (b) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s.....	59
Gambar 4.8. Pola aliran <i>bubbly</i> pada (a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s, dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s.....	59
Gambar 4.9. <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada pada (a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s, dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s .....	60
Gambar 4.10. PDF aliran <i>bubbly</i> pada pada (a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s, dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s .....	60
Gambar 4.11. Pola aliran <i>slug-annular</i> pada (a) $J_G = 1,941$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s, dan (b) $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s .....	61
Gambar 4.12. <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada (a) $J_G = 1,941$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s, dan (b) $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s .....	61
Gambar 4.13. PDF aliran <i>slug-annular</i> pada (a) $J_G = 1,941$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s, dan (b) $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s .....	62
Gambar 4.14. Pola aliran <i>annular</i> pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s, dan (b) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	62
Gambar 4.15. <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s, dan (b) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s .....	63
Gambar 4.16. PDF aliran <i>annular</i> pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s, dan (b) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s .....	63
Gambar 4.17. Pola aliran <i>churn</i> pada (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s, dan (b) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s.....	64
Gambar 4.18. <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s, dan (b) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s .....	64
Gambar 4.19. PDF aliran <i>churn</i> pada (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s, dan (b) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s .....	65
Gambar 4.20. Pengaruh $J_L$ terhadap gradien tekanan dengan variasi $J_G$ .....	66
Gambar 4.21. Pengaruh $J_G$ terhadap gradien tekanan dengan variasi $J_L$ .....	66
Gambar 4.22. Pengaruh gradien tekanan terhadap waktu dengan butanol 3% pada $J_G = 0,871$ m/s dan $J_L = 4,935$ m/s.....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi butanol .....	14
Tabel 3.1. Sifat fisik cairan (Hasil uji Laboratorium Thermal UGM) .....	27
Tabel 3.2. Spesifikasi Penampung Akuades dan Butanol.....	30
Tabel 3.3. Spesifikasi bejana tekan .....	31
Tabel 3.4. Spesifikasi akuisisi data .....	39
Tabel 4.1. Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai $J_G$ tetap 0,207 m/s dan nilai $J_L$ bervariasi.....	45
Tabel 4.2. Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai $J_G$ bervariasi dan nilai $J_L$ tetap 0,149 m/s. ....	46
Tabel 4.3. Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai $J_G$ tetap 0,207 m/s dan nilai $J_L$ bervariasi. ....	47
Tabel 4.4. Perbandingan pola aliran <i>bubble</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai $J_G$ bervariasi dan nilai $J_L$ tetap 0,879 m/s. ....	48
Tabel 4.5. Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai $J_G$ tetap 3 m/s dan nilai $J_L$ bervariasi.....	49
Tabel 4.6. Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai $J_G$ bervariasi dan nilai $J_L$ tetap 0,149 m/s.....	50
Tabel 4.7. Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai $J_G$ tetap 58,05 m/s dan nilai $J_L$ bervariasi. ....	51
Tabel 4.8. Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai $J_G$ bervariasi dan nilai $J_L$ tetap 0,232 m/s. ....	52
Tabel 4.9. Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai $J_G$ tetap 22,6 m/s dan nilai $J_L$ bervariasi. ....	53
Tabel 4.10. Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi butanol 3%, dengan nilai $J_G$ bervariasi dan nilai $J_L$ tetap 0,7 m/s. ....	53

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Variasi Kecepatan Superfisial <i>Gas</i> ( $J_G$ ) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 3% .....	72
Lampiran 2 Tabel Variasi Kecepatan Superfisial <i>Liquid</i> ( $J_L$ ) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 3% .....	75
Lampiran 3 Hasil Kalibrasi MPX .....	78
Lampiran 4 Matriks Pengambilan Data Pola Aliran .....	79
Lampiran 5 Tabel Kecepatan Superfisial Terbentuknya Pola Aliran .....	80
Lampiran 6 Hasil Uji Laboratorium Campuran Aquades dan Butanol.....	82

.

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$J_G$	= Kecepatan superficial gas (m/s)
$J_L$	= Kecepatan superficial 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)

