

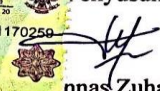
## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Annas Zuhair  
Nomor Induk Mahasiswa : 20150130165  
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 30°

Saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Kajian Eksperimental Karakteristik Aliran Dua Fase Udara-Aquades dan Butanol 5% Pada Saluran Kecil Posisi Miring 30°” adalah asli hasil karya saya sendiri dan di dalamnya tidak terdapat karya orang lain dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku selain refrensi yang ditulis dengan menyebut sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 31 Oktober 2019

METERAI  
10000  
Penyusun  
7086AHF091170250  
6000  
ENAM RIBURUPIAH  
  
Annas Zuhair  
NIM. 20150130165

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

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, menasehati 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 Surati Mei Ningsih atas dukungan selama mengerjakan skripsi ini.
7. Kepada sahabat saya Putri Rahmadayanti atas dukungannya 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.

## 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 5% Pada Saluran Kecil Posisi Kemiringan 30<sup>0</sup>”** 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, 28 Oktober 2019

Penyusun

Annas Zuhair  
20150130165

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	ii
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
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. Dasar Teori .....	13
2.2.1. Fase .....	13
2.2.2. Kecepatan Superfisial.....	13
2.2.3. Tegangan Permukaan .....	14
2.2.4. Butanol.....	14
2.2.5. Pola Aliran Pada Saluran Mini .....	15
2.2.6. Peta Pola Aliran pada Saluran Mini.....	17
2.2.7. Fraksi Hampa ( <i>Void Fraction</i> ) pada Saluran Mini .....	18

2.2.8. Digital Image Processing .....	19
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
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>25</b>
3.1. Bahan Penelitian.....	25
3.2. Alat Penelitian .....	27
3.2.1. Skema Alat yang Digunakan .....	27
3.2.2. Aliran Fluida Cair .....	28
3.2.3. Seksi Uji.....	31
3.2.5. Peralatan Pengambilan Gambar.....	36
3.3. Tempat Penelitian.....	36
3.4. Diagram Alir Penelitian.....	37
3.5. Jalannya Penelitian .....	39
3.6. Penggunaan Akuades dan Butanol.....	39
3.7. Matriks Pengambilan Data Pola Aliran.....	39
3.8. Prosedur Pengambilan Data .....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>42</b>
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> .....	46
4.2.4. Pola Aliran <i>Annular</i> .....	48
4.2.5. Pola Aliran <i>Churn</i> .....	50
4.3. Peta Pola Aliran .....	51
4.4. Perbandingan Peta Pola Aliran dengan Penelitian Terdahulu .....	53
4.5. Fraksi Hampa ( <i>Void Fraction</i> ).....	54

4.6. Gradien Tekanan .....	61
4.6.1. Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fasa Udara-Akuades dan Butanol 5% .....	62
4.6.2. Gradien Tekanan Terhadap Waktu .....	63
BAB V KESIMPULAN .....	64
5.1. Kesimpulan.....	64
5.1.1. Pola Aliran dan Peta Pola Aliran.....	64
5.1.2. Fraksi Hampa .....	64
5.1.3. Gradien Tekanan .....	65
5.2. Saran .....	65
LAMPIRAN .....	68

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pola aliran yang terbentuk (a) <i>Bubbly</i> , (b) <i>plug</i> , (c) <i>Churn</i> , (d) <i>Slug-Annular</i> , (e) <i>Annular</i> (Triplett dkk. 1999) .....	5
Gambar 2. 2. Peta pola aliran dan garis transisi (Sudarja dkk, 2014) .....	6
Gambar 2.3. Penurunan tekanan yang terukur terhadap penurunan tekanan prediksi menggunakan model homogen (Hassan dkk, 2006) .....	9
Gambar 2.4. Penurunan tekanan yang terukur terhadap penurunan tekanan prediksi menggunakan model Friedel (Hassan dkk, 2006) .....	10
Gambar 2.5. Penurunan tekanan yang terukur terhadap penurunan tekanan prediksi menggunakan model Chisholm (Hassan dkk, 2006).....	10
Gambar 2.6. Kecepatan <i>bubbly</i> (Fukano dkk, 1993) .....	11
Gambar 2.7. Hubungan antara pengukuran dengan fraksi hampa homogen .....	12
Gambar 2.8. Pola aliran <i>bubbly</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk., 1999).....	16
Gambar 2.9. Pola aliran <i>slug</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk., 1999).....	16
Gambar 2.10. Pola aliran <i>slug annular</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk., 1999) .	16
Gambar 2.11. Pola aliran <i>annular</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk., 1999).....	16
Gambar 2.12. Pola aliran <i>churn</i> pada <i>mini channel</i> (Triplett dkk., 1999) .....	17
Gambar 2.13. Peta Pola aliran berdasarkan kecepatan superfisial (Triplett dkk., 1999) .....	18
Gambar 2.14. Metode <i>chordal</i> (Thome, 2004) .....	18
Gambar 2.15. Metode <i>cross-section</i> .....	19
Gambar 2. 16. Metode volumetrik .....	19
Gambar 2.17. Langkah-langkah dalam <i>image processing</i> .....	20
Gambar 2.18. Contoh gambar RGB dengan aliran <i>plug</i> .....	21
Gambar 2. 19. Contoh Gambar <i>Grayscale</i> dengan aliran <i>plug</i> .....	21
Gambar 2.20. Contoh gambar <i>biner</i> dengan aliran <i>plug</i> .....	21
Gambar 3.1. Cairan (a) Akuades dan (b) Butanol.....	25
Gambar 3.2. Grafik perbandingan <i>surface tension</i> terhadap persentase butanol..	26
Gambar 3.3. Skema Instalasi Penelitian.....	27
Gambar 3.4. Pompa Air .....	28

Gambar 3.5. Penampung Fluida Cair .....	29
Gambar 3.6. Bejana Tekan.....	29
Gambar 3.7. Flowmeter Air .....	30
Gambar 3.8. Gate Valve.....	30
Gambar 3.9. <i>Check Valve</i> .....	31
Gambar 3.10. <i>Mixer</i> .....	31
Gambar 3.11. Test Section .....	32
Gambar 3.12. Lampu Penerangan.....	32
Gambar 3.13. <i>Arduino UNO</i> .....	33
Gambar 3.14. <i>MPX</i> .....	33
Gambar 3.15. Komputer.....	34
Gambar 3.16. Kompresor.....	34
Gambar 3.17. Tiga <i>flowmeter</i> Udara.....	35
Gambar 3.18. Regulator dan Filter.....	35
Gambar 3.19. Kamera .....	36
Gambar 3.20. Diagram Alir Penelitian .....	38
Gambar 3. 21. Matriks Pengambilan Data Pola Aliran.....	39
Gambar 4.1. Grafik Kalibrasi <i>MPX</i> .....	42
Gambar 4.2. Peta pola aliran butanol 5%.....	52
Gambar 4.3. Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran Sudarja dkk. (2015).....	53
Gambar 4.4. Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran Chung dan Kawaji (2004). .....	54
Gambar 4.5. Pola aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = J_G 0,066- J_L 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 0,066- J_L 0,091$ m/s.....	55
Gambar 4.6. <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada (a) $J_G = J_G 0,066- J_L 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 0,066- J_L 0,091$ m/s .....	55
Gambar 4.7. PDF aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = J_G 0,066- J_L 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 0,066- J_L 0,091$ m/s.....	56
Gambar 4.8. Pola aliran <i>bubble</i> pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s .....	56



Gambar 4.9. <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 207$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s.....	57
Gambar 4.10. PDF aliran <i>bubble</i> pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s .....	57
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) $J_G = 3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s .....	58
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) $J_G = 3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	58
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) $J_G = 3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s .....	58
Gambar 4.14. Pola aliran <i>annular</i> pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s .....	59
Gambar 4.15. <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s.....	59
Gambar 4.16. PDF aliran <i>annular</i> pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s .....	60
Gambar 4.17. Pola aliran <i>churn</i> pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, dan (b) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	60
Gambar 4. 18. <i>Time-Average</i> fraksi hampa pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, dan (b) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s .....	61
Gambar 4. 19. PDF aliran <i>churn</i> pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, dan (b) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	61
Gambar 4. 20. (a) Pengaruh $J_L$ terhadap gradien tekanan dengan variasi $J_G$ , (b) Pengaruh $J_G$ terhadap gradien tekanan dengan variasi $J_L$ .....	62
Gambar 4. 21. Pengaruh gradien tekanan terhadap waktu dengan butanol 3%, 5%, dan 7% pada $J_G = 3$ m/s dan $J_L = 2,297$ m/s.....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Sifat fisik cairan (Hasil uji Laboratorium Thermal UGM).....	26
Tabel 3.2. Spesifikasi Penampung Akuades dan Butanol.....	29
Tabel 3.3. Spesifikasi Bejana Tekan .....	30
Tabel 4. 1. Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ tetap 0,871m/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.....	44
Tabel 4. 3. Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ tetap 0,207 m/s dan nilai $J_L$ bervariasi.....	45
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.....	46
Tabel 4. 5. Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ tetap 1,941 m/s dan nilai $J_L$ bervariasi. ....	47
Tabel 4. 6. Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ bervariasi dan nilai $J_L$ tetap 0,232 m/s.....	48
Tabel 4.7. Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ tetap 66,3 m/s dan nilai $J_L$ bervariasi.....	49
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.....	49
Tabel 4.9. Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ tetap 7 m/s dan nilai $J_L$ bervariasi. ....	50
Tabel 4.10. Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi butanol 5%, dengan nilai $J_G$ bervariasi dan nilai $J_L$ tetap 2,297 m/s.....	51

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Variasi Kecepatan Superfisial <i>Gas</i> ( $J_G$ ) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 5% .....	68
Lampiran 2 Tabel Variasi Kecepatan Superfisial <i>Liquid</i> ( $J_L$ ) Terhadap Gradien Tekanan Pada Butanol 5% .....	73
Lampiran 3 Matriks Pengambilan Data Pola Aliran .....	80
Lampiran 4 Tabel Kecepatan Superfisial Terbentuknya Pola Aliran .....	81
Lampiran 5 Hasil Uji Laboratorium Campuran Aquades dan Butanol.....	84

## 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 ( $m^2$ )
$\epsilon$	= Fraksi hampa
$\gamma$	= Tegangan permukaan (N/m)
$d$	= Panjang permukaan (m)
$F$	= Gaya (N)
$D_H$	= Diameter pipa (mm)
$L$	= Panjang pipa (m)
$\rho$	= Massa jenis ( $kg/m^3$ )
$\mu$	= Viskositas dinamik (N.s/m <sup>2</sup> )
$\nu$	= Viskositas kinematik ( $m^2/s$ )