

**SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL TENTANG POLA ALIRAN DAN FRAKSI HAMPA  
ALIRAN MULTI KOMPONEN DUA-FASE GAS-CAMPURAN AQUADES 47%,  
GLISERIN 50% BUTANOL 3% PADA PIPA MINI HORIZONTAL**

Ditujukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**UMY**

**UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH  
YOGYAKARTA**

Unggul & Islami

**Disusun oleh :**

**Djody Fadila Putra**

**20160130195**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2023**

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Djody Fadila Putra  
Nomor Mahasiswa : 20160130195  
Program Studi : S- 1 Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Penelitian : Studi Experimental Tentang Pola Aliran Dan Fraksi  
Hampa Aliran Multi Komponen Dua-Fasa Gas-  
Campuran Aquades 47% Gliserin 50% Butanol 3%  
Pada Pipa Mini Horisontal

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu ataupun disebutkan sumbernya dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 25 Mei 2023



Djody Fadila Putra

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan mengucapkan Alhamdulillahirabbilalaamin, puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat-Nya dan atas dukungan dan doa dari orang-orang tercinta sehingga penulis dapat tetap tegar dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktunya. Oleh karena itu dengan rasa bahagia dan bangga penulis haturkan terimakasih setulus-tulusnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta yang tiada hentinya mendoakan, yang selalu mendukung perjalanan hidup, yang mengupayakan anaknya bisa kuliah hingga sekarang, dalam hal ini penulis hanya dapat mendoakan semoga selalu dalam rahmat Allah SWT, semoga mendapat pengampunan dan amal beliau dilimpah gandakan oleh Allah SWT.
2. Keluarga besar yang tak lelah dalam mendoakan dan mendukung agar bisa menyelesaikan penulisan naskah ini.
3. Sahabat kontrakan saya yang telah membantu dan memberikan dukungan selama pengerjaan naskah ini.
4. Teman-teman kelas E dan seluruh Mahasiswa Teknik Mesin Angkatan 2016 yang telah membantu dan sama-sama berjuang dalam perjuliahan dari awal semester hingga akhir.
5. Kelompok tugas akhir aliran dua fase *Aquades, Glyserin, dan Butanol* yang dimana telah membantu penulisan agar dapat melaksanakan proses pengambilan data.
6. Teruntuk semua orang yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu terimakasih sebesar-besarnya karena telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga kita selalu diberikan kesehatan sampai saat ini. *Alhamdulillah robbil 'alamain* saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “studi experimental tentang pola aliran dan fraksi hampa aliran multi komponen dua-fase gas-campuran aquades 47%, gliserin 50% butanol 3% pada pipa mini horizontal” dalam bentuk penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan. Penyelesaian 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., IPM., ASEAN Eng. selaku dosen pembimbing utama tugas akhir atas bimbingan, bantuan dan saran-saran yang telah diberikan kepada penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Prof. 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 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 Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Yogyakarta, 25 Mei 2023



Djody Fadila Putra

## DAFTAR ISI

### HALAMAN JUDUL

<b>SKRIPSI</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
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
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori.....	9
2.2.1 Fase dan Aliran Dua Fase .....	9
2.2.2 Kecepatan Superfisial .....	9
2.2.3 Tegangan Permukaan.....	10
2.2.4 Viskositas.....	11
2.2.5 Gliserin.....	11
2.2.6 Butanol.....	12
2.2.7 Pola Aliran Dua Fase .....	12
2.2.8 Fraksi Hampa Aliran Dua Fase .....	13
2.2.9 Peta Pola Aliran Dua Fase .....	13

2.2.10	Digital Image Processing .....	14
2.2.11	Metode Analisis Statistik .....	15
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1	Bahan Penelitian .....	17
3.2	Alat Penelitian.....	18
3.2.1	Skema Alat yang Digunakan.....	18
3.2.2	Aliran Fluida Udara.....	19
3.2.3	Aliran Fluida Air .....	22
3.2.4	Peralatan Pengambilan Gambar .....	26
3.2.5	Seksi Uji .....	27
3.3	Tempat Penelitian .....	29
3.4	Diagram Alir Penelitian .....	30
3.5	Prosedur Pengambilan Data.....	32
3.6	Pengolahan Data .....	33
3.6.1	Pola Aliran dan Peta Pola Aliran.....	33
3.6.2	Fraksi Hampa .....	33
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>37</b>
4.1	Pola Aliran .....	37
4.1.1	Pola Aliran <i>Plug</i> .....	37
4.1.2	Pola Aliran <i>Bubbly</i> .....	39
4.1.3	Pola Aliran <i>Slug Annular</i> .....	40
4.1.4	Pola Aliran <i>Annular</i> .....	42
4.1.5	Pola Aliran <i>churn</i> .....	44
4.2	Peta Pola Aliran .....	46
4.2.1	Perbandingan Peta Pola Aliran dengan Penelitian Terdahulu .....	48
4.3	Fraksi Hampa ( <i>Void Vraction</i> ).....	50
4.3.1	Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Plug</i> .....	51
4.3.2	Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Bubbly</i> .....	52
4.3.3	Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Slug-Annular</i> .....	53
4.3.4	Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Annular</i> .....	54
4.3.5	Fraksi Hampa Pola aliran <i>Churn</i> .....	56
4.4	Perbandingan pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Fraksi Hampa	57

4.5	Perbandingan Fraksi Hampa Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya	58
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		<b>61</b>
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	62
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>63</b>
<b>LAMPIRAN</b>		<b>66</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bentuk pola aliran (Serizawa dkk, 2002) .....	6
Gambar 2. 2 Visualisasi pola aliran pada pipa sirkular $D = 1,45$ m (Triplet dkk,1999) .....	6
Gambar 2. 3 Hubungan antara fraksi hampa dan kualitas <i>volumetric</i> dari eksperimen (Chung dan Kawaji, 2004).....	7
Gambar 2. 4 Peta pola aliran dua fase gas-cair B3 (Sudarja dan Sukamta, 2019)...	8
Gambar 2. 5 Bentuk pola aliran yang terobservasi (Jayadi dkk, 2015) .....	13
Gambar 2. 6 Peta pola aliran Sudarja dkk (2004) dibandingkan dengan peta pola aliran Triplett dkk (1999) .....	14
Gambar 2. 7 Langkah-langkah dalam <i>image processing</i> (Mayor dkk, 2007).....	15
Gambar 3. 1 Cairan butanol, gliserin, dan akuades.....	17
Gambar 3. 2 Skema instalasi penelitian .....	18
Gambar 3. 3 Kompresor .....	19
Gambar 3. 4 Selang .....	20
Gambar 3. 5 Flowmeter Udara.....	20
Gambar 3. 6 Regulator dan filter.....	21
Gambar 3. 7 Penampung fluida cair.....	22
Gambar 3. 8 Pompa air.....	23
Gambar 3. 9 Flowmeter air .....	23
Gambar 3. 10 Bejana tekan .....	24
Gambar 3. 11 <i>Ball valve</i> .....	25
Gambar 3. 12 <i>Check valve</i> .....	25
Gambar 3. 13 Kamera .....	26
Gambar 3. 14 <i>Mixer</i> .....	27
Gambar 3. 15 <i>Flens</i> .....	28
Gambar 3. 16 <i>Test section</i> .....	28
Gambar 3. 17 Lampu LED.....	29
Gambar 3. 18 Diagram alir penelitian.....	31
Gambar 3. 19 Sampel gambar RGB.....	34



Gambar 3. 20 Sampel gambar <i>grayscale</i> .....	34
Gambar 3. 21 Sampel gambar <i>crop</i> .....	34
Gambar 3. 22 Sampel gambar <i>Imcomplement</i> .....	35
Gambar 3. 23 Sampel gambar <i>filtering</i> .....	35
Gambar 3. 24 Sampel gambar <i>binarization</i> .....	36
Gambar 4. 1 Peta pola aliran konsentrasi gas–campuran <i>aquades</i> 47%, <i>glycerin</i> 50%, dan <i>butanol</i> 3% .....	47
Gambar 4. 2 Perbandingan hasil peta pola aliran penelitian ini dengan peta pola aliran (Sudarja, Dkk. 2019).....	48
Gambar 4. 3 Perbandingan hasil peta pola aliran penelitian ini dengan peta pola aliran (Triplett, Dkk. 1999) .....	49
Gambar 4. 4 Pengaruh kenaikan $J_L$ terhadap fraksi hampa.....	56
Gambar 4. 5 Pengaruh kenaikan $J_G$ terhadap fraksi hampa .....	57
Gambar 4. 6 Hubungan antar fraksi hampa terukur dengan fraksi hampa homogen jika dibandingkan dengan korelasi yang ada .....	58

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Sifat Fisik Udara .....	17
Tabel 3. 2 Sifat fisik campuran Fluida .....	18
Tabel 3. 3 Spesifikasi Kompresor .....	19
Tabel 3. 4 Spesifikasi Flowmeter Udara .....	21
Tabel 3. 5 Spesifikasi Bak penampung Fluida Cair .....	22
Tabel 3. 6 Spesifikasi pompa air .....	22
Tabel 3. 7 Spesifikasi flowmeter air .....	24
Tabel 3. 8 Spesifikasi Bejana Tekan .....	25
Tabel 3. 9 Spesifikasi Kamera .....	26
Tabel 4. 1 Perbandingan pola aliran plug .....	38
Tabel 4. 2 Perbandingan pola aliran plug .....	39
Tabel 4. 3 Perbandingan pola aliran bubble .....	40
Tabel 4. 4 Perbandingan pola aliran slug-annular .....	41
Tabel 4. 5 Perbandingan pola aliran slug-annular .....	42
Tabel 4. 6 Perbandingan pola aliran annular .....	43
Tabel 4. 7 Perbandingan pola aliran annular .....	44
Tabel 4. 8 Perbandingan pola aliran churn .....	45
Tabel 4. 9 Perbandingan pola aliran churn .....	46
Tabel 4. 10 Perbandingan <i>Time Average</i> dan PDF pola aliran plug pada $J_L = 0,033$ m/s dan $J_G$ bervariasi .....	51
Tabel 4. 11 Perbandingan <i>Time Average</i> dan PDF pola aliran bubbly pada $J_L = 2,297$ m/s dan $J_G$ bervariasi .....	52
Tabel 4. 12 Perbandingan <i>Time Average</i> dan PDF pola aliran slug-annular pada $J_L = 0,033$ m/s dan $J_G$ bervariasi .....	53
Tabel 4. 13 Perbandingan <i>Time Average</i> dan PDF pola aliran annular pada $J_L = 0,033$ m/s dan $J_G$ bervariasi .....	54
Tabel 4. 14 Perbandingan <i>Time Average</i> dan PDF pola aliran churn pada $J_L = 0,879$ m/s dan $J_G$ bervariasi .....	55

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Kecepatan Superfisial Terbentuknya Pola Aliran .....	66
Lampiran 2 Hasil Uji Laboratorium Tegangan Permukaan Campuran <i>Aquades</i> , <i>Glycerin</i> , dan <i>Butanol</i> .....	68
Lampiran 3 Hasil Uji Laboratorium Viskositas Campuran <i>Aquades</i> , <i>Glycerin</i> , dan <i>Butanol</i> .....	69
Lampiran 4 Hasil Perhitungan Fraksi Hampa Homogen dan Data Fraksi Hampa Penelitian.....	70
Lampiran 5 Tabel Matriks Pengambilan Data Penelitian .....	72

## 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 <sup>3</sup> /s)
$Q_L$	:	Laju aliran cairan dalam pipa (m <sup>3</sup> /s)
$\dot{M}_G$	:	Massa laju aliran gas (kg/s)
$\dot{M}_L$	:	Massa laju aliran cairan (kg/s)
$A$	:	Luas penampang pipa (m <sup>2</sup> )
$D$	:	Diameter pipa (mm)
$\rho$	:	Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> )
$\mu$	:	Viskositas dinamis (mPa.s)
$\nu$	:	Viskositas kinematis (mm <sup>2</sup> /s)
$\varepsilon$	:	Fraksi hampa (-)
$\beta$	:	Fraksi hampa homogen (-)
$\gamma$	:	Tegangan permukaan (N/m)
$F$	:	Gaya (N)
$d$	:	Panjang permukaan (m)
$S$	:	Slip rasio (-)