

**SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL TENTANG POLA ALIRAN DAN FRAKSI  
HAMPA ALIRAN MULTI KOMPONEN DUA-FASE GAS-CAMPURAN  
*AQUADES 27%, GLYCERIN 70%, BUTANOL 3%* PADA PIPA MINI  
HORIZONTAL**

Ditujukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik



**Disusun Oleh :**

**Cahyo Mercury Alpha**

**20160130199**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA  
2023**

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Cahyo Mercury Alpha  
Nomor Induk Mahasiswa : 20160130199  
Program Studi : Teknik  
Judul Penelitian : Studi Eksperimental Tentang Pola Aliran  
Dan Fraksi Hampa Aliran Multi Komponen  
Dua-Fasa Gas-Campuran *Aquades* 27%,  
*Glycerin* 70%, Dan *Butanol* 3% Pada Pipa  
Mini Horisontal

Saya menyatakan dengan bersungguh-sungguh 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, terkecuali yang sengaja tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan sumbernya dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 30 Maret 2023

Penyusun



Cahyo Mercury Alpha

NIM. 20160130199

## HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan mengucapkan Alhamdulillah rabbil ‘alamiin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya serta dukungan dari orang-orang terdekat dan tercinta sehingga penulis selalu memiliki semangat untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Oleh sebab itu dengan rasa syukur dan bangga penulis berterima kasih dengan setulus-tulusnya kepada:

1. Kedua orang tua yang sangat dicintai, Bapak Suprianto dan Ibu Siti Solikhah yang akan selalu dan tak pernah berhenti mendoakan penulis menjadi pribadi yang lebih baik serta terus berusaha memenuhi kebutuhan penulis selama proses kuliah. Pada kesempatan ini penulis selalu menghaturkan do’a agar selalu diberkahi oleh Allah SWT dan diampuni segala dosa-dosanya yang telah lalu.
2. Kakak kandung Radar Gurnito Einstein yang senantiasa mendukung dan sebagai penyemangat penulis agar dapat menyelesaikan penulisan naskah ini.
3. Keluarga Besar Bapak Hasan Basri dan Keluarga Besar Ibu Maryuni yang telah mendoakan dan mendukung penulis.
4. Efa Rohmana yang telah menjadi sosok kekasih dimana selalu menemani, membantu, dan menjadi penyemangat penulis hingga dapat menyelesaikan penulisan naskah ini.
5. MJs-geng yang telah membantu dan menemani penulis selama berada di Jogjakarta.
6. Kelompok tugas akhir aliran dua fase *Aquades*, *Glycerin*, dan *Butanol* yang dimana telah membantu penulis agar dapat melaksanakan proses pengambilan data.
7. Teman-teman kelas E dan Teknik Mesin angkatan ’16 yang telah berjuang dan membantu penulis selama proses kuliah.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbilalaamiin atas segala limpahan nikmat dan karunia yang Allah SWT berikan, tugas akhir dengan judul “Studi eksperimental tentang pola aliran dan fraksi hampa aliran multi komponen dua-fasa gas-campuran *aquades* 27%, *glycerin* 70%, *butanol* 3% pada pipa mini horisontal” dalam bentuk penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan. 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 Ir. Berli Paripurna Kamiel, S.T., 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, S.T., 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 Dr. Ir. Novi Caroko, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji.
5. Bapak Ibu Dosen, Staf dan seluruh civitas akademika Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Yogyakarta, 30 Maret 2023

Penyusun



Cahyo Mercury Alpha

NIM. 20160130199

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</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 LAMPIRAN</b> .....	<b>xi</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</b> .....	<b>1</b>
<b>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</b> .....	<b>5</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	10
2.2.1 Fase dan Aliran Dua Fase .....	10
2.2.2 Kecepatan Superfisial.....	10
2.2.3 Tegangan Permukaan .....	11
2.2.4 Viskositas .....	12
2.2.5 <i>Glycerin</i> .....	12
2.2.6 <i>Butanol</i> .....	13
2.2.7 Pola Aliran Dua Fase .....	13

2.2.7.1 <i>Plug</i> .....	15
2.2.7.2 <i>Bubbly</i> .....	15
2.2.7.3 <i>Slug-Annular</i> .....	15
2.2.7.4 <i>Annular</i> .....	15
2.2.7.5 <i>Churn</i> .....	16
2.2.8 Peta Pola Aliran Dua Fase.....	16
2.2.9 Fraksi Hampa ( <i>Void Fraction</i> ).....	17
2.2.10 <i>Digital Image Processing</i> .....	17
2.2.11 Metode Analisis Statistik .....	18
<b>BAB III.....</b>	<b>19</b>
<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>19</b>
3.1 Bahan Penelitian.....	19
3.2 Alat Penelitian .....	20
3.2.1 Skema Alat yang Digunakan.....	20
3.2.2 Aliran Fluida Udara.....	21
3.2.3 Aliran Fluida Air .....	23
3.2.4 Peralatan Pengambilan Gambar .....	27
3.2.5 Bagian Uji .....	29
3.3 Tempat Penelitian.....	30
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	31
3.5 Prosedur Pengambilan Data .....	33
3.6 Pengolahan Data.....	34
3.6.1 Pola Aliran dan Peta Pola Aliran .....	34
3.6.2 Fraksi Hampa .....	34
<b>BAB IV .....</b>	<b>38</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>38</b>
4.1 Pola Aliran.....	38
4.1.1 Pola Aliran <i>Plug</i> .....	38
4.1.2 Pola Aliran <i>Bubbly</i> .....	40
4.1.3 Pola Aliran <i>Slug-Annular</i> .....	41
4.1.4 Pola aliran <i>Annular</i> .....	43
4.1.5 Pola aliran <i>Churn</i> .....	45
4.2 Peta pola aliran .....	46
4.2.1 Perbandingan Peta Pola Aliran dengan Penelitian Terdahulu.....	48

4.3	Fraksi Hampa ( <i>Void Fraction</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	59
<b>BAB V.....</b>		<b>61</b>
<b>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

<b>Gambar 2. 1</b> Visualisasi pola aliran pada pipa sirkular diameter 1,45 mm (Triplet, dkk, 1999) .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Pola aliran (Serizawa, dkk, 2002).....	7
<b>Gambar 2. 3</b> Hubungan antara fraksi hampa dan kualitas <i>volumetric</i> dari eksperimen (Chung dan Kawaji, 2004).....	8
<b>Gambar 2. 4</b> Peta pola aliran dua fase gas-cair B3 (Sudarja dan Sukamta, 2019) 9	
<b>Gambar 2. 5</b> Foto pola aliran dua fase dalam aliran udara-air melalui saluran berdiameter 0,53 mm (Wongwise, 2008).....	14
<b>Gambar 2. 6</b> Sketsa pola aliran pada penelitian Wongwises (2008) .....	14
<b>Gambar 2. 7</b> Peta pola aliran Sudarja, dkk (2014) dibandingkan dengan .....	17
<b>Gambar 3. 1</b> Fluida Cair .....	19
<b>Gambar 3. 2</b> Skema peralatan penelitian .....	20
<b>Gambar 3. 3</b> Kompresor .....	21
<b>Gambar 3. 4</b> Selang .....	22
<b>Gambar 3. 5</b> <i>Flowmeter</i> udara .....	22
<b>Gambar 3. 6</b> Regulator dan Filter .....	23
<b>Gambar 3. 7</b> Bak Penampung Fluida Cair .....	24
<b>Gambar 3. 8</b> Pompa air .....	25
<b>Gambar 3. 9</b> <i>Flowmeter</i> air .....	25
<b>Gambar 3. 10</b> Bejana tekan.....	26
<b>Gambar 3. 11</b> <i>Ball valve</i> .....	27
<b>Gambar 3. 12</b> <i>Check valve</i> .....	27
<b>Gambar 3. 13</b> Kamera.....	28
<b>Gambar 3. 14</b> <i>Mixer</i> .....	29
<b>Gambar 3. 15</b> <i>Flens</i> .....	29
<b>Gambar 3. 16</b> <i>Test section</i> .....	30
<b>Gambar 3. 17</b> Lampu LED .....	30
<b>Gambar 3. 18</b> Diagram alir penelitian .....	32
<b>Gambar 3. 19</b> Sampel gambar RGB .....	35



<b>Gambar 3. 20</b> Sampel gambar <i>grayscale</i> .....	35
<b>Gambar 3. 21</b> Sampel gambar <i>crop</i> .....	35
<b>Gambar 3. 22</b> Sampel gambar <i>Imcomplement</i> .....	36
<b>Gambar 3. 23</b> Sampel gambar <i>filtering</i> .....	36
<b>Gambar 3. 24</b> Sampel gambar <i>binarization</i> .....	36
<b>Gambar 4. 1</b> Peta pola aliran konsentrasi gas–campuran <i>aquades 27%, glycerin 70%, dan butanol 3%</i> .....	47
<b>Gambar 4. 2.</b> Perbandingan hasil peta pola aliran penelitian ini dengan peta pola aliran (Sudarja, Dkk. 2019) .....	49
<b>Gambar 4. 3.</b> Perbandingan hasil peta pola aliran penelitian ini dengan peta pola aliran (Triplett, Dkk. 1999) .....	50
<b>Gambar 4. 4</b> Pengaruh kenaikan $J_L$ terhadap fraksi hampa .....	57
<b>Gambar 4. 5</b> Pengaruh kenaikan $J_G$ terhadap fraksi hampa .....	58
<b>Gambar 4. 6</b> Hubungan antar fraksi hampa terukur dengan fraksi hampa homogen jika dibandingkan dengan korelasi yang ada .....	59

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3. 1</b> Sifat Fisik Udara.....	19
<b>Tabel 3. 2</b> Sifat fisik campuran Fluida .....	20
<b>Tabel 3. 3</b> Spesifikasi Kompresor .....	21
<b>Tabel 3. 4</b> Spesifikasi <i>Flowmeter</i> Udara .....	23
<b>Tabel 3. 5</b> Spesifikasi Bak penampung Fluida Cair .....	24
<b>Tabel 3. 6</b> Spesifikasi pompa air .....	24
<b>Tabel 3. 7</b> Spesifikasi <i>flowmeter</i> air .....	25
<b>Tabel 3. 8</b> Spesifikasi Bejana Tekan .....	26
<b>Tabel 3. 9</b> Spesifikasi Kamera.....	28
<b>Tabel 4. 1</b> Perbandingan pola aliran <i>plug</i> pada .....	38
<b>Tabel 4. 2</b> Perbandingan pola aliran <i>plug</i> pada .....	39
<b>Tabel 4. 3</b> Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> pada.....	40
<b>Tabel 4. 4</b> Perbandingan pola aliran <i>slug-annular</i> pada.....	41
<b>Tabel 4. 5</b> Perbandingan pola aliran <i>slug-annular</i> pada.....	42
<b>Tabel 4. 6</b> Perbandingan pola aliran <i>annular</i> pada.....	43
<b>Tabel 4. 7</b> Perbandingan pola aliran <i>annular</i> pada.....	44
<b>Tabel 4. 8</b> Perbandingan pola aliran <i>churn</i> pada .....	45
<b>Tabel 4. 9</b> Perbandingan pola aliran <i>churn</i> pada .....	46
<b>Tabel 4. 10</b> Perbandingan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>plug</i> pada $J_L = 0,149$ m/s dan $J_G$ bervariasi.....	52
<b>Tabel 4. 11</b> Perbandingan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>bubbly</i> pada $J_L =$ $4,935$ m/s dan $J_G$ bervariasi.....	53
<b>Tabel 4. 12</b> Perbandingan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>slug-annular</i> pada $J_L =$ $0,033$ m/s dan $J_G$ bervariasi.....	54
<b>Tabel 4. 13</b> Perbandingan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>annular</i> pada $J_L =$ $0,539$ m/s dan $J_G$ bervariasi.....	55
<b>Tabel 4. 14</b> Perbandingan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>churn</i> pada $J_L =$ $0,879$ m/s dan $J_G$ bervariasi.....	56

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Tabel Kecepatan Superfisial Terbentuknya Pola Aliran.....	66
<b>Lampiran 2.</b> Hasil Uji Laboratorium Tegangan Permukaan Campuran <i>Aquades</i> , <i>Glycerin</i> , dan <i>Butanol</i> .....	68
<b>Lampiran 3.</b> Hasil Uji Laboratorium Viskositas Campuran <i>Aquades</i> , <i>Glycerin</i> , dan <i>Butanol</i> .....	69
<b>Lampiran 4.</b> Hasil Perhitungan Fraksi Hampa Homogen dan Data Fraksi Hampa Penelitian.....	70
<b>Lampiran 5.</b> 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 ( $m^3/s$ )
$Q_L$	: Laju aliran cairan dalam pipa ( $m^3/s$ )
$\dot{M}_G$	: Massa laju aliran gas (kg/s)
$\dot{M}_L$	: Massa laju aliran cairan (kg/s)
$A$	: Luas penampang pipa ( $m^2$ )
$D$	: Diameter pipa (mm)
$\rho$	: Massa jenis ( $kg/m^3$ )
$\mu$	: Viskositas dinamis (mPa.s)
$\nu$	: Viskositas kinematis ( $mm^2/s$ )
$\varepsilon$	: Fraksi hampa (-)
$\beta$	: Fraksi hampa homogen (-)
$\gamma$	: Tegangan permukaan (N/m)
$F$	: Gaya (N)
$d$	: Panjang permukaan (m)
$S$	: Slip rasio (-)