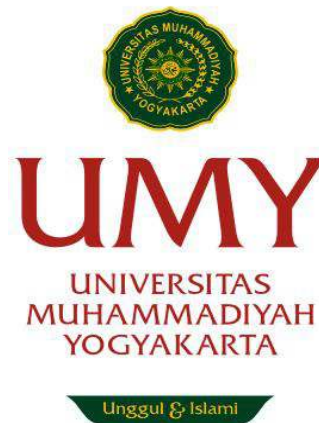


**SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL TENTANG POLA ALIRAN DAN FRAKSI  
HAMPA ALIRAN MULTI KOMPONEN DUA-FASE GAS-CAMPURAN  
*AQUADES 67%, GLYCERIN 30%, BUTANOL 3%* PADA PIPA MINI  
HORIZONTAL**

Ditujukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**Disusun Oleh:**

**Wahyu Arief Widodo**  
**20160130176**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2022**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyu Arief Widodo  
Nomor Induk Mahasiswa : 20160130176  
Program Studi : S-1 Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Penelitian : Studi Eksperimental Tentang Pola Aliran dan Fraksi Hampa Aliran Multi Komponen Dua-Fase Gas-Campuran *Aquades* 67%, *Glycerin* 30%, *Butanol* 3% Pada Pipa Mini Horisontal.

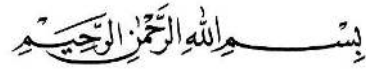
Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam tugas akhir ini adalah asli karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang sengaja tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan sumbernya dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 20 April 2022



Wahyu Arief Widodo

## HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan mengucapkan Alhamdulillahirabbilalaamiin, 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 Soiman, dan ibu Sarmi 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. Mba Nur yang tiada henti memberikan perhatian, doa dan dukungan kepada penulis.
3. Teman-teman kelas E dan seluruh angkatan teknik mesin 2016 serta seluruh temanku dari KEBUMEN yang telah membantu berjuang selama kuliah di UMY.
4. Keluarga MJs: Cahyo, Adnan, Djody, Ulum, Galang, dan Ihsan terimakasih karena telah menemani perjuangan selama perkuliahan ini
5. Kelompok tugas akhir aliran dua fase *Butanol* dan Glukosa, karna kalian penulis bisa melaksanakan pengambilan data dan pengolahan data.
6. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for always being a giver and tryna give more than I receive, I wanna thank me for tryna do more right than wrong, I wanna thank me for just being me at all times.*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbilalamin atas segala karunia nikmat, rahmat serta petunjukNya sehingga sehingga tugas akhir dengan judul “Studi Experimental Tentang Pola Aliran Dan Fraksi Hampa Aliran Multi Komponen Dua Fase: Gas-Campuran *Aquades 67% Glycerin 30% Butanol 3%* Pada Pipa Mini Horizontal”

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 Ir. 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, S.T., M.T., IPM. 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. Dr. Ir. Novi Caroko, S.T., M.Eng., IPP. 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 di lingkungan Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran serta kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk mendorong penelitian selanjutnya.

Yogyakarta, 20 April 2022



Arief Widodo

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>INTISARI.....</b>	<b>xvi</b>
<i>Abstract .....</i>	<i>xvii</i>
<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.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II.....</b>	<b>5</b>
<b>KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1. Kajian Pustaka .....	5
2.2. Landasan 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
2.2.8 Peta Pola Aliran Dua Fase.....	14
2.2.9 Fraksi Hampa (Void Fraction) .....	15
2.2.10 <i>Digital Image Processing</i> .....	16
2.2.11 Metode Analisis Statistik .....	17
<b>BAB III .....</b>	<b>18</b>
<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1. Tempat Penelitian.....	18
3.2. Alat dan Bahan Penelitian .....	18
3.2.1. Alat Penelitian .....	18
3.2.2 Seksi Uji .....	24
3.3. Bahan Penelitian.....	26
3.4. Skema alat yang digunakan.....	27
3.5. Diagram Alir Penelitian.....	29
3.6. Prosedur Pengambilan Data .....	30
<b>BAB IV .....</b>	<b>31</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1. Pola Aliran.....	31
4.1.1 Pola Aliran <i>Plug</i> .....	31
4.1.2. Pola Aliran <i>Bubbly</i> .....	34
4.1.3. Pola Aliran <i>Slug Annular</i> .....	36

4.1.4. Pola Aliran <i>Annular</i> .....	37
4.1.5 Pola Aliran <i>churn</i> .....	39
4.2. Peta Pola Aliran.....	41
4.2.1. Perbandingan Peta Pola Aliran dengan Penelitian Terdahulu .....	43
4.3. Fraksi Hampa ( <i>Void Fraction</i> ) .....	45
4.3.1 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Plug</i> .....	45
4.3.2 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Bubbly</i> .....	46
4.3.3 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Slug-Annular</i> .....	47
4.3.4 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Annular</i> .....	48
4.3.5 Fraksi Hampa Pola aliran <i>Churn</i> .....	49
4.4 Perbandingan Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Fraksi Hampa ...	51
4.5. Perbandingan Fraksi Hampa Penelitian Terhadap Penelitian Sebelumnya	53
<b>BAB V .....</b>	<b>55</b>
<b>PENUTUP .....</b>	<b>55</b>
5.1. Kesimpulan.....	55
5.2. Saran .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>60</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pola aliran teridentifikasi (Serizawa dkk, 2002) .....	6
Gambar 2. 2 Peta pola aliran (Serizawa dkk, 2002).....	6
Gambar 2. 3 Bentuk pola aliran (Triplett dkk, 1999).....	7
Gambar 2. 4 Bentuk peta pola aliran (Triplett dkk, 1999) .....	7
Gambar 2. 5 Bentuk pola aliran yang terobservasi (F. Jayadi dkk, 2015) .....	14
Gambar 2. 6 Peta pola aliran Sudarja Dkk (2014) dibandingkan.....	15
Gambar 2. 7 Langkah-langkah dalam <i>image processing</i> (Mayor dkk, 2007). .....	16
Gambar 3. 1 Kompresor .....	18
Gambar 3. 2 Selang .....	19
Gambar 3. 3 <i>Flowmeter</i> udara .....	19
Gambar 3. 4 <i>Regulator</i> dan <i>filter</i> .....	20
Gambar 3. 5 Bak penampungan fluida cair .....	20
Gambar 3. 6 Pompa Air.....	21
Gambar 3. 7 Bejana bertekanan.....	22
Gambar 3. 8 <i>Flowmeter</i> Air.....	23
Gambar 3. 9 <i>Check valve</i> .....	23
Gambar 3. 10 <i>Ball valve</i> .....	23
Gambar 3. 11 Kamera Nikon J4 .....	24
Gambar 3. 12 <i>Mixer</i> .....	25
Gambar 3. 13 <i>Test section</i> .....	25
Gambar 3. 14 Lampu penerangan <sup>2</sup> Lampu LED .....	26
Gambar 3. 15 Cairan (a) <i>Aquades</i> , (b) <i>Glycerin</i> , (c) <i>Butanol</i> .....	27
Gambar 3. 16 Skema alat uji .....	27
Gambar 3. 17 Diagram alir penelitian .....	29
Gambar 4. 1 Peta pola aliran konsentrasi gas-campuran <i>Aquades</i> 67% <i>glycserin</i> 30% <i>Butanol</i> 3%.....	41
Gambar 4. 2 Peta pola aliran hasil penelitian ini dibandingkan dengan peta pola Sudarja (2019). .....	43

Gambar 4. 3 Peta pola aliran hasil penelitian ini dibandingkan dengan peta pola aliran Triplett dkk. (1999). .....	44
Gambar 4. 4 Pengaruh kenaikan $J_L$ terhadap fraksi hampa .....	51
Gambar 4. 5 Pengaruh kenaikan $J_G$ terhadap fraksi hampa.....	52
Gambar 4. 6 Hubungan antara fraksi hampa hasil penelitian dengan korelasi model homogen dan penelitian terdahulu .....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi kompresor .....	18
Tabel 3. 2 Spesifikasi bak penampung cairan .....	21
Tabel 3. 3 Spesifikasi Pompa Air .....	21
Tabel 3. 4 Spesifikasi bejana bertekanan .....	22
Tabel 3. 5 Sifat fisik udara .....	27
Tabel 4. 1 Perbedaan antara pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi gas- campuran <i>Aquades</i> 67%, <i>Glycerin</i> 30%, <i>Butanol</i> 3% dengan nilai $J_G$ tetap, $J_G = 0,025$ m/s dan $J_L$ bervariasi.....	31
Tabel 4. 2 Perbedaan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi gas- campuran <i>Aquades</i> 67% <i>Glycerin</i> 30% dan <i>Butanol</i> 3% dengan nilai $J_L$ tetap, $J_L = 0,149$ m/s, dan $J_G$ bervariasi. ....	33
Tabel 4. 3 Perbedaan pola aliran <i>bubbly</i> dengan konsentrasi gas-campuran <i>Aquades</i> 67% <i>Glycerin</i> 30% dan <i>Butanol</i> 3% nilai $J_G$ tetap, $J_G = 0,423$ m/s dan $J_L$ bervariasi. ....	34
Tabel 4. 4 Perbedaan pola <i>bubbly</i> aliran dengan konsentrasi gas-campuran <i>Aquades</i> 67% <i>Glycerin</i> 30% dan <i>Butanol</i> 3% nilai $J_L$ tetap, $J_L = 2,297$ m/s dan $J_G$ bervariasi. ....	35
Tabel 4. 5 Perbedaan pola <i>slug anular</i> aliran dengan konsentrasi <i>Aquades</i> 67% <i>Glycerin</i> 30% dan <i>Butanol</i> 3% nilai $J_G$ tetap, $J_G = 1,941$ m/s dan $J_L$ bervariasi....	36
Tabel 4. 6 Perbedaan pola <i>slug anular</i> aliran dengan konsentrasi <i>Aquades</i> 67% <i>Glycerin</i> 30% serta <i>Butanol</i> 3% nilai $J_L$ tetap, $J_L = 0,033$ dan $J_G$ bervariasi.....	37
Tabel 4. 7 Perbedaan pola <i>anular</i> aliran dengan konsentrasi <i>Aquades</i> 67%, <i>Glycerin</i> 30%, dan <i>Butanol</i> 3% nilai $J_G$ tetap, $J_G = 58,05$ m/s dan $J_L$ bervariasi... ..	38
Tabel 4. 8 Perbedaan pola <i>anular</i> aliran dengan konsentrasi <i>Aquades</i> 67%, <i>Glycerin</i> 30%, dan <i>Butanol</i> 3% nilai $J_L$ tetap, $J_L = 0,149$ m/s dan $J_G$ bervariasi... ..	39
Tabel 4. 9 Perbedaan pola <i>churn</i> aliran dengan konsentrasi <i>Butanol</i> 5% , <i>Glycerin</i> 30%, <i>Aquades</i> 67% nilai $J_G$ tetap, $J_G = 4.238$ m/s serta $J_L$ bervariasi. ....	40
Tabel 4. 10 Perbedaan pola <i>anular</i> aliran dengan konsentrasi <i>Aquades</i> 67 % , <i>Glycerin</i> 30% <i>Butanol</i> 3% nilai $J_L$ tetap, $J_L = 0,879$ m/s serta $J_G$ bervariasi.....	40

Tabel 4. 11 Perbedaan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>plug</i> dengan $J_L = 0,539$ /s pada $J_G = 0,025$ m/s dan 0,116 m/s.....	45
Tabel 4. 12 Perbedaan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>bubbly</i> dengan $J_L = 2,297$ m/s pada $J_G = 0,116$ m/s dan 0,423 m/s. ....	47
Tabel 4. 13 Perbedaan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>slug annular</i> dengan $J_L = 0,033$ m/s pada $J_G = 1,941$ m/s dan 7 m/s.....	48
Tabel 4. 14 Perbedaan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>annular</i> dengan $J_L = 0,149$ m/s pada $J_G = 58,05$ m/s dan 66,3 m/s. ....	49
Tabel 4. 15 Perbedaan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>churn</i> dengan $J_L = 0,879$ m/s pada $J_G 4,238$ m/s dan 7 m/s .....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel kecepatan superfisial terbentuknya pola aliran.....	60
Lampiran 2. Hasil uji laboratorium tegangan permukaan dan viskositas campuran <i>Aquades, Glycerin, dan Butanol</i> .....	62
Lampiran 3. Hasil perhitungan fraksi hampa homogen dan data fraksi hampa penelitian .....	63
Lampiran 4. Matrik pengambilan data pola aliran .....	64

### 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 ( $m^2$ )
$D$	: 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)