

**SKRIPSI**  
**INVESTIGASI FRAKSI HAMPA ALIRAN DUA – FASE UDARA –**  
**LARUTAN SODIUM KLORIDA DAN GLUKOSA PADA PIPA KAPILER**  
**DENGAN KEMIRINGAN 60° TERHADAP HORIZONTAL**

Ditujukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik



**Disusun Oleh :**

**Muhammad Fajar Satria**

**20170130066**

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

**2021**



## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa tugas akhir ini adalah asli hasil karya saya dan di dalamnya tidak terdapat karya (tulisan) yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain sebelumnya. Selain itu, karya tulis ilmiah ini juga tidak berisi pendapat atau hasil penelitian yang sudah dipublikasikan oleh orang lain selain referensi yang ditulis dengan menyebutkan sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 22 Oktober 2021

Yang membuat pernyataan



**Muhammad Fajar Satria**



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbilalamin atas segala limpahan nikmat dan karunia yang Allah SWT berikan, sehingga tugas akhir dengan judul “Investigasi Fraksi Hampa Aliran Dua-Fase Udara-Larutan Sodium Klorida dan Glukosa Pada Pipa Kapiler dengan Kemiringan  $60^\circ$  Terhadap Horizontal” dapat diselesaikan. Penyusunan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana S-1 di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Tugas akhir ini mengungkap secara detail tentang fraksi hampa aliran dua fase dengan larutan Sodium Klorida dan Glukosa (5% dan 10%) Pada Pipa Kapiler dengan Kemiringan  $60^\circ$  Terhadap Horizontal dengan hasil pola aliran yang didapat adalah pola aliran *bubbly*, *plug*, *slug-annular*, *annular*, dan *churn*. Penelitian mengenai fraksi hampa (*void fraction*) bertujuan untuk mengetahui karakteristik fraksi hampa pada pipa mini yang merepresentasikan aliran darah manusia dengan larutan Sodium Klorida dan Glukosa (5% dan 10%) mewakili salah satu zat yang terkandung dalam pembuluh darah manusia. Penelitian ini diharapkan dapat membantu penelitian selanjutnya sehingga memudahkan dalam melakukan analisa lebih lanjut.

Akhir kata, semoga dengan adanya tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang berkepentingan dan berkenan untuk membacanya.

Yogyakarta, 25 Oktober 2021

Penulis,



Muhammad Fajar Satria

## HALAMAN PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirabbilalaamiin, puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat-Nya, atas dukungan dan doa dari orang-orang tercinta sehingga penulis bisa tetap tangguh untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Oleh karena itu dengan rasa bahagia dan bangga penulis haturkan terimakasih yang setulus-tulusnya 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 Prof. Dr. Ir. Sukamta 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 Dr. Ir. Sudarja M.T., IPM. selaku dosen pembimbing pendamping tugas akhir atas bimbingan, bantuan dan saran yang diberikan kepada penyusun guna menyelesaikan skripsi ini.
4. Dr. Sri Sundari, M.Kes., selaku dosen FKIK yang telah memberikan bantuan dan saran-saran dalam penelitian ini.
5. Ir. Cahyo Budiyanto M.Sc.,IPM selaku dosen penguji.
6. 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.
7. Kedua orang tua tercinta, Bapak Heriyanto dan Ibu Mujiati yang selalu berdoa dan memberikan dukungan untuk keberhasilan penulis. Penulis tidak bisa membalas seluruh kebaikan kedua orang tua, yang selalu mendukung perjalanan hidup, mengupayakan anaknya bisa kuliah hingga sekarang. 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.

8. Kakak penulis, Tiara Samapta Dewi yang tiada henti memberikan dukungan, doa, dan perhatian kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan kuliah dengan baik.
9. Exscione: anggota kelas SMA terima kasih sudah menjadi sahabat yang setia. Walaupun jarang bertemu dengan mereka, tetapi penulis yakin mereka selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis.
10. Info kajian jogja: Nur Ardiansyah, Anggun Dwi Rizqiawan, Dwi Ari Saputra, Angga Rizki Wahyudi, Zahid Ahmad Faiz, Adi Purnama, Ivan Muhammad Ardiansyah, Rizky Nur Ikhsan, dan Fauziah Azzahra Hartono Putri terima kasih karena telah menjadi sahabat yang selalu menemani perjuangan selama perkuliahan ini dan terima kasih untuk canda tawa yang kalian selalu berikan.
11. Teman – teman kelompok penelitian aliran dua fase: Aji, Zahid, Deni, Andi, Pace, dan Cihuy terima kasih karena selalu ada dikala penelitian berlangsung.
12. Teman – teman kelas B dan seluruh angkatan teknik mesin 2017 yang telah berjuang selama kuliah di UMY.
13. Kelompok tugas akhir Aliran Dua Fase, karna kalian penulis bisa melaksanakan pengambilan data dan pengolahan data.
14. Teman – teman Organisasi HMM UMY terutama Divisi Mikat, karena organisasi tersebut penulis mendapatkan banyak tambahan ilmu untuk bekal di masa mendatang.
15. Teman – teman SMANSAGA AT JOGJA keluarga alumni SMA yang selalu saling membantu di tanah rantau.
16. Kontrakan Squad: Adit dan Febri yang selalu menemani penulis diakhir masa perkuliahan.
17. Anggota pameran yang selalu memberikan warna dalam saat penulisan berlangsung.

18. Kepada sahabat yang di manapun berada yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang memberi dukungan dan do'a kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir.

Semoga seluruh amal baik dari pihak-pihak yang disebutkan mendapatkan balasan dari Allah SWT dengan balasan berlipat ganda dan segala kekhilafan baik yang disengaja maupun tidak disengaja mendapatkan ampunan sebesar-besarnya dari Allah SWT.

Yogyakarta, Oktober 2021

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</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.....	10
2.2.1 Fase dan Aliran Dua Fase .....	10
2.2.2 Fraksi Hampa Aliran Dua-Fase .....	10
2.2.3 Fraksi Hampa Homogen .....	12
2.2.4 Kecepatan Superfisial .....	13

2.2.5 <i>Digital Image Processing</i> .....	14
2.2.6 Metode Analisis Statistik.....	17
2.2.7 Glukosa.....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Bahan Penelitian.....	19
3.2 Alat Penelitian.....	20
3.2.1 Skema Alat.....	20
3.2.2 Aliran Fluida Udara .....	21
3.2.3 Aliran Fluida Air.....	22
3.3 Prosedur Penelitian.....	28
3.4 Data Penelitian .....	29
3.5 Proses Pengolahan Data .....	29
3.5.1 Pembacaan Gambar .....	30
3.5.2 Pengubahan Gambar .....	30
3.7. Tempat Penelitian.....	32
3.9. Diagram Alir Penelitian .....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1.3. Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Annular</i> .....	39
4.1.4. Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Bubbly</i> .....	41
4.1.5. Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Churn</i> .....	43
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan .....	47
5.2. Saran.....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hubungan antara fraksi hampa dan kualitas volumetrik dari eksperimen .....	5
Gambar 2. 2 Diagram skema pengambilan percobaan.....	6
Gambar 2. 3 Hubungan antara fraksi hampa dan kecepatan gas superfisial untuk $Do : 12,5 \text{ mm}, Di : 8,0 \text{ mm}, h : 30$ .....	7
Gambar 2. 4 Data fraksi hampa diklasifikasikan dengan pola aliran dengan peningkatan kecepatan superfisial gas untuk aliran dua fase vertikal ke bawah pada pipa diameter dalam 25 mm.....	8
Gambar 2. 5 Pola aliran plug at $JG : 0.066 \text{ m/s}$ and $JL : 0.149 \text{ m/s}$ for B3, $30^\circ$ inclined orientation .....	9
Gambar 2. 6 Fraksi Hampa Chordal .....	11
Gambar 2. 7 Cross-Sectional Void Fraction .....	12
Gambar 2. 8 Fraksi Hampa Volumetrik.....	12
Gambar 2. 9 Langkah-langkah dalam image processing .....	15
Gambar 3. 1 Skema instalasi penelitian .....	20
Gambar 3. 2 Kompresor .....	21
Gambar 3. 3 Flowmeter udara.....	22
Gambar 3. 4 Regulator dan filter.....	22
Gambar 3. 5 Penampung fluida cair.....	23
Gambar 3. 6 Pompa air.....	24
Gambar 3. 7 Flowmeter air .....	24
Gambar 3. 8 Bejana tekan .....	25
Gambar 3. 9 Lampu LED.....	26
Gambar 3. 10 <i>Check valve</i> .....	26
Gambar 3. 11 <i>correction box</i> .....	27
Gambar 3. 12 <i>Correction Box</i> .....	27
Gambar 3. 13 Kamera Nikon J4.....	28
Gambar 3. 14 Sampel gambar RGB.....	30
Gambar 3. 15 Pengubahan Gambar .....	30

Gambar 3. 16 Sampel gambar crop.....	30
Gambar 3. 17 Sampel gambar pembalikan warna .....	31
Gambar 3. 18 Sampel gambar filtering .....	31
Gambar 3. 19 Gambar biner.....	32
Gambar 3. 20 Fase fluida pada saluran .....	32
Gambar 3. 21 Diagram alir.....	34
Gambar 4. 1 pola aliran plug pada konsentrasi (a) Glukosa 5% dan (b) Glukosa 10% .....	34
Gambar 4. 2 Biner pola aliran plug pada (a) Glukosa 5% dan (b) Glukosa 10% ..	35
Gambar 4. 3 Grafik time average fraksi hampa pola aliran plug pada (a) Glukosa 5% dan (b) Glukosa 10% .....	35
Gambar 4. 4 PDF pola aliran plug pada (a) Glukosa 5% dan (b) Glukosa 10% ....	36
Gambar 4. 5 Sampel pola aliran slug-annular pada (a) Glukosa 5% dan (b) Glukosa 10% .....	37
Gambar 4. 6 Gambar biner pola aliran slug-annular pada (a) Glukosa 5% dan (b) Glukosa 10% .....	37
Gambar 4. 7 Time average fraksi hampa pola aliran slug-annular (a) Glukosa 5% dan (b) Glukosa 10% .....	38
Gambar 4. 9 PDF fraksi hampa pola aliran slug-annular (a) Glukosa 5% dan (b) Glukosa 10% .....	38
Gambar 4. 10 Pola aliran <i>annular</i> pada (a) Glukosa 5% dan (b) Glukosa 10% ....	39
Gambar 4. 11 Gambar biner pola aliran <i>annular</i> (a) Glukosa 5% dan (b) Glukosa 10% .....	39
Gambar 4. 12 <i>Time average</i> fraksi hampa pola aliran <i>annular</i> pada (a) Glukosa 5% (b) Glukosa 10% .....	40
Gambar 4. 13 PDF fraksi hampa pola aliran <i>annular</i> (a) Glukosa 5% dan (b) Glukosa 10% .....	40
Gambar 4. 14 Pola aliran <i>bubbly</i> pada (a) Glukosa 5% (b) Glukosa 10% .....	41

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Sifat fisik cairan .....	19
Tabel 3. 2 Matriks JG dan JL .....	33

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$Q_G$	: Laju aliran gas dalam pipa ( $m^3/s$ )
$Q_L$	: Laju aliran cairan dalam pipa ( $m^3/s$ )
$J_G$	: Kecepatan superfisial gas ( $m/s$ )
$J_L$	: Kecepatan superfisial cairan ( $m/s$ )
$A$	: Luas penampang pipa ( $m^2$ )
$\epsilon$	: Fraksi hampa
$\gamma$	: Tegangan permukaan ( $N/m$ )
$d$	: Panjang permukaan ( $m$ )
$F$	: Gaya ( $N$ )
$L_G$	: Panjang garis melalui fase gas
$L_L$	: Panjang melalui fase cairan
$A_L$	: Luas permukaan fase cair
$A_G$	: Luas permukaan fase gas
$V_L$	: Volume fase cairan
$V_G$	: Volume fase gas

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Matriks Pengambilan Data .....	52
Lampiran 2 Tabel Kecepatan Superfisial Terbentuknya Pola Aliran pada Glukosa 5% dan 10% .....	52
Lampiran 3 Tabel Nilai Fraksi Hampa pada Glukosa 5% dan 10% .....	53