

SKRIPSI

**KAJIAN EKSPERIMENTAL ALIRAN MULTI KOMPONEN (UDARA,
AQUADES 27%, GLISERIN 70%, BUTANOL 3%) PADA PIPA MINI
DENGAN KEMIRINGAN 40 DERAJAT TERHADAP HORIZONTAL**

Ditujukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

Hanif Fanani
20170130009

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2021

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hanif Fanani
Nomor Induk Mahasiswa : 20170130009
Program Studi : S-1 Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Kajian Eksperimental Aliran Multi Komponen
(Udara, Aquades 27%, Gliserin 70%, Butanol
3%) Pada Pipa Mini Dengan Kemiringan 40
Derajat Terhadap Horisontal

Saya menyatakan bahwa skripsi 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, dalam karya tulis ilmiah ini saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku selain referensi yang ditulis dengan menyebut sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 18 Oktober 2021

Penyusun



Hanif Fanani
NIM. 20170130009

HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan mengucapkan Alhamdulillah rabbilalaaamiin, puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat-Nya dan atas dukungan dan doa dari orang-orang tercinta sehingga penyusun bisa tetap tegar untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan pada waktu yang tepat. Oleh karena itu dengan rasa bahagia dan bangga penyusun haturkan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat hidayah inayah sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat waktu.
2. 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.
3. Bapak Dr. Ir. Sudarja, M.T., IPM. selaku dosen pembimbing utama tugas akhir atas bimbingan, bantuan, dan saran-saran yang telah diberikan kepada penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. 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.
5. Bapak Ir. Cahyo Budiyanoro, S.T., M.Sc., IPM. Selaku dosen penguji sidang pendadaran tugas akhir penyusun.
6. Bapak/Ibu dosen dan staff lainnya serta seluruh civitas akademika Program Studi S-1 Teknik Mesin yang telah memberikan banyak ilmu, pengalaman, dan bantuan kepada penyusun selama berada di lingkungan Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Kedua orangtua saya yang tercinta, Bapak Ngadimin dan Ibu Welasiasih yang telah memberikan kasih sayang yang tak terhingga, nasihat setiap waktu serta motivasi dan doa yang selalu dipanjatkan agar melihat akan keberhasilan saya dalam menyelesaikan pendidikan ini.

8. Kedua kakak saya yaitu Mbak Din Azwar Uswatun dan suami Mas Rohmat Widyanto dan Riza Adnan dan Istri Mia Ardhiana Puspitasari.
9. Teman-teman sahabat saya terimakasih atas kebersamaanya selama ini dan doa yang kalian panjatkan sampai saya menyelesaikan pendidikan di perguruan tinggi ini.
10. Teman-teman teknik mesin UMY angkatan 2017 khususnya kelas A terimakasih atas kebersamaanya selama menempuh pendidikan dan berjuang di Teknik Mesin UMY. Semoga sukses dan sehat selalu.
11. Teman-teman teknik mesin UMY angkatan 2017 terimakasih atas kebersamaanya selama menempuh pendidikan dan berjuang di Teknik Mesin UMY.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kesehatan, serta atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Kajian Eksperimental Aliran Multi Komponen (Udara, Aquades 27%, Gliserin 70%, Butanol 3% Pada Pipa Mini Dengan Kemiringan 40 Derajat Terhadap Horisontal”** yang ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Aliran dua-fase pada pipa mini banyak diaplikasikan pada teknologi mikro dan peralatan yang kompak seperti pada penukar kalor fluks, rangkaian mikroelektrik, dan bioengineering. Penelitian ini dilakukan pada pipa kaca berdiameter 1,6 mm dengan kemiringan 40° terhadap horisontal menggunakan fluida gas dan campuran aquades 27%, gliserin 70%, butanol 3%. Data yang diperoleh dari penelitian ini adalah karakteristik pola aliran, peta pola aliran, fraksi hampa, dan gradien tekanan yang nantinya bisa dijadikan sebagai referensi dalam perkembangan ilmu teknologi. Penyusunan laporan ini tidak lepas dari peran, dukungan dan doa, serta bantuan dari berbagai pihak.

Penyusun menyadari bahwa banyak kekurangan dalam menuliskan laporan tugas akhir atau skripsi ini, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat dibutuhkan oleh penyusun sebagai masukan bagi penyusun untuk menyempurnakannya. Akhir kata, penyusun mengharapkan semoga laporan tugas akhir atau skripsi ini bermanfaat bagi pribadi maupun bagi para pembaca.

Yogyakarta, 18 Oktober 2021

Penyusun

Hanif Fanani
NIM. 20170130009

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
INTISARI.....	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
<u>BAB I</u> PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
<u>BAB II</u> TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Landasan Teori	11
2.2.1 Fase dan Aliran Dua Fase	11
2.2.2 Tegangan Permukaan.....	12
2.2.3 Viskositas.....	13
2.2.4 Kecepatan Superfisial	14
2.2.5 Butanol.....	14
2.2.6 Gliserin.....	15
2.2.7 Pola Aliran	16
2.2.8 Peta Pola Aliran	18
2.2.9 Fraksi Hampa.....	20
2.2.10 <i>Digital Image Processing</i>	21

2.2.11 Gradien Tekanan dan Perbedaan Tekanan (<i>Pressure Drop</i>)	25
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Tempat Penelitian	28
3.2 Bahan Penelitian	28
3.2.1 Fluida cair	28
3.2.2 Fluida Gas	29
3.3 Alat Penelitian	29
3.3.1 Kompresor Udara	29
3.3.2 Selang	30
3.3.3 Bejana Bertekanan	31
3.3.4 Bak Penampung Campuran Cairan	32
3.3.5 Pompa Air	33
3.3.6 Pipa Kaca & <i>Test Section</i>	34
3.3.7 <i>Mixer</i>	34
3.3.8 Flens	35
3.3.9 Optical Correction Box	35
3.3.10 <i>Flowmeter</i> Udara dan Air	36
3.3.11 <i>Check Valve</i>	37
3.3.12 <i>Watertrap</i>	38
3.3.13 <i>Gate Valve</i>	38
3.3.14 Kamera	39
3.3.15 Lampu Penerangan	40
3.3.16 <i>Mixer Miyako</i>	40
3.3.17 Komputer	41
3.3.18 Advantec USB-4704	41
3.3.19 <i>Pressure Transducer</i>	43
3.4 Skema Alat yang Digunakan	44
3.5 Kalibrasi Alat Ukur	45
3.6 Diagram Alir Penelitian	46
3.7 Prosedur Pengambilan Data	47
3.8 Pengolahan Data dan Analisis Hasil	48

3.8.1 Pola Aliran	48
3.8.2 Fraksi Hampa	48
3.8.3 Gradien Tekanan	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	52
4.1 Kalibrasi Alat Ukur	52
4.2 Pola Aliran	53
4.2.1 Pola Aliran <i>Plug</i>	53
4.2.2 Pola Aliran <i>Bubbly</i>	55
4.2.3 Pola Aliran <i>Slug Annular</i>	57
4.2.4 Pola Aliran <i>Annular</i>	59
4.2.4 Pola Aliran <i>Churn</i>	61
4.3 Peta Pola Aliran	63
4.2.1 Perbandingan Peta Pola Aliran dengan Penelitian Terdahulu	65
4.4 Fraksi Hampa (<i>Void Fraction</i>)	67
4.4.1 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Plug</i>	67
4.4.2 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Bubbly</i>	68
4.4.3 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Slug-Annular</i>	69
4.4.4 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Annular</i>	71
4.4.5 Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Churn</i>	72
4.5 Gradien Tekanan	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1 Kesimpulan	76
5.1.1 Pola Aliran dan Peta Pola Aliran	76
5.1.2 Fraksi Hampa (<i>Void Fraction</i>)	76
5.1.3 Gradien Tekanan	77
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Visualisasi pola aliran pada pipa sirkular	8
Gambar 2.2. Peta pola aliran dan garis transisi.	9
Gambar 2.3. Pola aliran <i>bubbly</i>	17
Gambar 2.4. Pola aliran <i>slug</i>	17
Gambar 2.5. Pola aliran <i>slug – annular</i>	17
Gambar 2.6. Pola aliran <i>annular</i>	17
Gambar 2.7. Pola aliran <i>churn</i>	18
Gambar 2.8. Peta Pola aliran berdasarkan kecepatan superfisial	18
Gambar 2.9. Perbandingan peta pola aliran	19
Gambar 2.10. Skema fraksi hampa <i>chodral</i>	20
Gambar 2.11. Langkah-langkah dalam <i>image processing</i>	21
Gambar 2.12. Contoh gambar RGB dengan aliran <i>plug</i>	22
Gambar 2.13. Contoh gambar grayscale dengan aliran <i>plug</i>	22
Gambar 2.14. Contoh gambar biner dengan aliran <i>plug</i>	23
Gambar 3.1 Cairan (a) gliserin, (b) butanol, (c) akuades	28
Gambar 3.2 Kompresor Udara	29
Gambar 3.3 Selang	30
Gambar 3.4 Bejana bertekanan	31
Gambar 3.5 Bak penampung cairan	32
Gambar 3.6 Pompa air	33
Gambar 3.7 (a) Pipa kaca, (b) <i>Test section</i>	34

Gambar 3.8 <i>Mixer</i>	34
Gambar 3.9. <i>Flens</i>	35
Gambar 3.10. <i>Optical correction box</i>	35
Gambar 3.11. <i>Flowmeter</i> udara A, B, dan C	36
Gambar 3.12. <i>Flowmeter</i> air A dan B	36
Gambar 3.13. <i>Check valve</i>	37
Gambar 3.14. <i>Watertrap</i>	38
Gambar 3.15. <i>Gate valve</i>	38
Gambar 3.16. Kamera Nikon J4	39
Gambar 3.17. Lampu penerangan	40
Gambar 3.18. <i>Mixer Miyako</i>	40
Gambar 3.19. Komputer	41
Gambar 3.20. Advantec USB-4704	41
Gambar 3.21. <i>Pressure Transducer</i>	43
Gambar 3.22. Skema alat uji	44
Gambar 3.23 Diagram Alir	46
Gambar 3.24. Sampel gambar RGB	48
Gambar 3.25. Sampel gambar grayscale	49
Gambar 3.26. Sampel gambar <i>Crop</i>	49
Gambar 3.27. Sampel gambar pembalikan warna	49
Gambar 3.28. <i>Filtering</i>	50
Gambar 3.29. <i>Biner</i>	50

Gambar 4.1. Grafik Kalibrasi MPX	52
Gambar 4.2 Peta pola aliran udara-air dan aquades 27% gliserin 70% butanol 5%.	64
Gambar 4.3 Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian ini dengan peta pola aliran	66
Gambar 4.4 Pengaruh J_L terhadap <i>pressure gradient</i> pada berbagai J_G	74
Gambar 4.5 Pengaruh J_G terhadap <i>pressure gradien</i> pada berbagai J_L	74
Gambar 4.6. Pengaruh gradien tekanan terhadap waktu dengan akuades 27%, gliserin 70%, dan butanol 3% pada $J_G = 66,618$ m/s dan $J_L = 0,149$ m/s.	75
Gambar 4.7. Grafik persebaran nilai gradien tekanan dengan akuades 27%, gliserin 70%, dan butanol 3% pada $J_G = 66,618$ m/s dan $J_L = 0,149$ m/s.	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat fisik butanol	15
Tabel 2.2. Sifat fisik gliserin	16
Tabel 3.1 Sifat fisik campuran fluida	29
Tabel 3.2 Sifat fisik udara	29
Tabel 3.3 Spesifikasi kompresor	30
Tabel 3.4 Spesifikasi bejana bertekanan	31
Tabel 3.5 Spesifikasi bak penampung cairan	32
Tabel 3.6 Spesifikasi pompa air	33
Tabel 3.7. Spesifikasi <i>flowmeter</i> udara	37
Tabel 3.8. Spesifikasi <i>flowmeter</i> air	37
Tabel 3.9. Spesifikasi kamera Nikon J4	39
Tabel 3.10. Spesifikasi Akuisisi Data	42
Tabel 3.11. Spesifikasi <i>Pressure Transducer</i>	43
Tabel 4.1 Perbandingan pola aliran plug dengan konsentrasi gliserin 70% dan butanol 3% dengan nilai J_G tetap, $J_G = 0,025$ m/s dan J_L bervariasi ...	54
Tabel 4.2 Perbandingan pola aliran plug dengan konsentrasi gliserin 70% dan butanol 3% dengan nilai J_L tetap, $J_L = 0,541$ m/s dan J_G bervariasi ...	55
Tabel 4.3 Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> dengan konsentrasi gliserin 70% dan butanol 3% dengan nilai J_G tetap, $J_G = 0,425$ m/s dan J_L bervariasi ...	56
Tabel 4.4 Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> dengan konsentrasi gliserin 70% dan butanol 3% dengan nilai J_L tetap, $J_L = 4,958$ m/s dan J_G bervariasi ...	57

Tabel 4.5 Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> dengan konsentrasi gliserin 70% dan butanol 3% dengan nilai J_G tetap, $J_G = 3,014$ m/s dan J_L bervariasi	62
Tabel 4.6 Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> dengan konsentrasi gliserin 70% dan butanol 3% dengan nilai J_L tetap, $J_L = 0,033$ m/s dan J_G bervariasi	63
Tabel 4.7 Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi gliserin 70% dan butanol 3% dengan nilai J_G tetap, $J_G = 22,708$ m/s dan J_L bervariasi .	64
Tabel 4.8 Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi gliserin 70% dan butanol 3% dengan nilai J_L tetap, $J_L = 0,149$ m/s dan J_G bervariasi ..	65
Tabel 4.9 Perbandingan pola <i>churn</i> aliran dengan konsentrasi gliserin 70% dan butanol 3% nilai J_G tetap, $J_G = 1,950$ m/s dan J_L bervariasi	66
Tabel 4.10 Perbandingan pola <i>churn</i> aliran dengan konsentrasi gliserin 70% dan butanol 3% nilai J_L tetap, $J_L = 0,879$ m/s dan J_G bervariasi	67
Tabel 4.11 Perbandingan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = 0,025$ m/s dan $J_L = 0,541$ m/s (b) $J_G = 0,425$ m/s dan $J_L = 0,541$ m/s	72
Tabel 4.12 Perbandingan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>bubbly</i> pada (a) $J_G = 0,025$ m/s dan $J_L = 4,958$ m/s (b) $J_G = 0,116$ dan $J_L = 4,958$ m/s	73
Tabel 4.13 Perbandingan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>slug-annular</i> pada (a) $J_G = 7,033$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s (b) $J_G = 9,666$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s	74
Tabel 4.14 Perbandingan <i>time average</i> dan PDF Pola aliran <i>annular</i> pada (a) $J_G = 50,24$ m/s dan $J_L = 0,149$ m/s (b) $J_G = 58,328$ m/s dan $J_L = 0,149$ m/s	75
Tabel 4.15 Perbandingan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>churn</i> pada (a) $J_G = 7,033$ m/s dan $J_L = 2,308$ m/s (b) $J_G = 9,666$ m/s dan $J_L = 2,308$ m/s	76

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

JG	: Kecepatan superfisial gas (m/s)
JL	: Kecepatan superfisial cairan (m/s)
QG	: Laju aliran gas dalam pipa (m ³ /s)
QL	: Laju aliran cairan dalam pipa (m ³ /s)
A	: Luas penampang pipa (m ²)
ϵ	: Fraksi hampa
γ	: Tegangan permukaan (N/m)
d	: Panjang permukaan (m)
F	: Gaya
Re	: Bilangan Reynolds
m_{total}	: Momentum Total (m ²)
d_i	: Diameter Pipa (m)
Δp_{frict}	: Penurunan tekanan gesekan
Δp_G	: Penurunan tekanan gas
Δp	: <i>Pressure drop friction</i>
m	: Laju aliran massa (kg/s)
L	: Pajang
C	: Koefisien dalam persamaan L-M
μ_m	: Viskositas Campuran (kg/(m.s))
μ_L	: Viskositas cairan jenuh (kg/(m.s))
μ_G	: Viskositas gas jenuh (kg/(m.s))
ρ_g	: Densitas uap (kg/m ³)
ρ_f	: Densitas fluida (kg/m ³)
x	: Parameter L-M
$\Phi L 2$ atau $\Phi G 2$: Aliran dua fase multiplier