

SKRIPSI

**KAJIAN EKSPERIMENTAL ALIRAN MULTI KOMPONEN (UDARA,
AQUADES 25%, GLISERIN 70%, BUTANOL 5%) PADA PIPA MINI
DENGAN KEMIRINGAN 20 DERAJAT TERHADAP HORIZONTAL**

Ditujukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

Bagasraka Jati Pamungkas
20170130010

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2021

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bagasraka Jati Pamungkas
Nomor Induk Mahasiswa : 20170130010
Program Studi : S-1 Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Kajian Eksperimental Aliran Multi Komponen
(Udara, Aquades 25%, Gliserin 70%, Butanol
5%) Pada Pipa Mini Dengan Kemiringan 20
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.

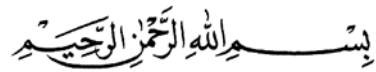
Yogyakarta, 28 Oktober 2021

Penyusun



Bagasraka Jati Pamungkas
NIM. 20170130010

HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan mengucap 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. Kedua orangtua saya yang tercinta, Bapak Joko Purwono dan Ibu Srihastuti Ekawati 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.
2. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Dr., Ir. Sudarja, M.T., IPM. selaku Pembimbing I Tugas Akhir. Terimakasih atas waktu bimbingan, masukan ide serta penjelasnya.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Sukamta, S.T., M.T., IPM. selaku Pembimbing II Tugas Akhir. Terimakasih atas waktu bimbingan, masukan ide serta penjelasnya.
5. Kedua saudara saya yaitu Mas Dedi Ardiyanto dan istri Mbak Udani Puji Lestari dan Mbak Irawati Budi Respati dan suami Mas Hartanto S. Ariasya serta Mutiara Dewi Ananda terimakasih atas dukungan dan doa yang telah kalian berikan dari awal menempuh pendidikan di perguruan tinggi sampai selesai.
6. Teman-teman sahabat saya terimakasih atas kebersamaanya selama ini dan doa yang kalian panjatkan sampai saya menyelesaikan pendidikan di perguruan tinggi ini.
7. 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.

8. 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 25%, Gliserin 70%, Butanol 5% Pada Pipa Mini Dengan Kemiringan 20 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 20° terhadap horisontal menggunakan fluida gas dan campuran akuades 25%, gliserin 70%, butanol 5%. 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. Oleh karena itu, penyusun menyampaikan 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. 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 selaku dosen penguji sidang pendadaran tugas akhir penyusun.
5. 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.

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, 2021

Penyusun



Bagasraka Jati Pamungkas
NIM. 20170130010

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	ii
Halaman Pernyataan	iii
Halaman Persembahan	iv
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Tabel	xiii
Daftar Notasi Dan Singkatan	xv
Intisari	xvi
<i>Abstract</i>	xvii
Bab I Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
Bab II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Dasar Teori	13
2.2.1. Aliran dua fase	13
2.2.2. Gliserin.....	14
2.2.3. Butanol	14
2.2.4. Tegangan Permukaan	15
2.2.5. Kecepatan Superfisial	16
2.2.6. Pola Aliran Dua Fase	16
2.2.7. Peta Aliran Dua Fase	19
2.2.8. Fraksi Hampa	19
2.2.9. <i>Digital Image Processing</i>	21
2.2.10. Gradien Tekanan (<i>Pressure Gradient</i>)	26

Bab III	Metodologi Penelitian	28
3.1.	Tempat Penelitian	28
3.2.	Bahan Penelitian	28
3.3.	Alat Penelitian	29
3.4.	Sistem Perekaman Data	39
3.5.	Skema Penelitian	42
3.6.	Diagram Alir Penelitian	44
3.7.	Prosedur Pengambilan Data	45
3.8.	Pengambilan Data	46
3.8.1.	Pola Aliran dan Peta Pola Aliran	46
3.8.2.	Fraksi Hampa	46
3.8.3.	Gradien Tekanan	48
Bab IV	Hasil dan Pembahasan	49
4.1.	Kalibrasi Alat Ukur	49
4.2.	Pola Aliran	50
4.2.1.	Pola Aliran <i>Plug</i>	50
4.2.2.	Pola Aliran <i>Bubbly</i>	52
4.2.3.	Pola Aliran <i>Slug Annular</i>	53
4.2.4.	Pola Aliran <i>Annular</i>	55
4.2.5.	Pola Aliran <i>Churn</i>	58
4.3.	Peta Pola Aliran	59
4.4.	Perbandingan Peta Pola Aliran dengan Penelitian Terdahulu	61
4.5.	Fraksi Hampa (<i>Void Fraction</i>)	63
4.5.1.	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Plug</i>	64
4.5.2.	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Bubbly</i>	65
4.5.3.	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Slug Annular</i>	66
4.5.4.	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Annular</i>	67
4.5.5.	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Churn</i>	69
4.6.	Gradien Tekanan	71

4.6.1.	Perbandingan Pengaruh Kecepatan Superfisial Terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Multi Fase Udara, Akuades 25%, Gliserin 70% dan Butanol 5%	71
4.6.2.	Gradien Tekanan Terhadap Waktu	73
Bab V	Penutup	74
5.1.	Kesimpulan	74
5.1.1.	Pola Aliran	74
5.1.2.	Fraksi Hampa	75
5.1.3.	Gradien Tekanan	76
5.2.	Saran	76
Daftar Pustaka		77
Lampiran		79

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1. Pola aliran pada pipa *circular microchannel* diameter 1,097mm (Triplett et al., 1999)
- Gambar 2.2. Pola aliran yang terdeteksi (Sudarja et al., 2014)
- Gambar 2.3. (a) peta pola aliran dan garis transisi (b) perbandingan garis transisi pola aliran sudarja dengan peta Triplet dkk (Sudarja et al., 2014)
- Gambar 2.4. Pola aliran yang terdeteksi (Sudarja dkk, 2015)
- Gambar 2.5. Pengaruh J_G dan J_L terhadap fraksi hampa (Sudarja dkk, 2015)
- Gambar 2.6. Pengaruh β terhadap ε ($\varepsilon = \alpha$) (Sudarja dkk, 2015)
- Gambar 2.7. Perbandingan peta pola aliran terhadap Triplet dan Chung & Kawaji (Sudarja et al., 2021)
- Gambar 2.8. Pola aliran *Plug* pada *minichannels* (Triplett et al., 1999)
- Gambar 2.9. Pola aliran *Slug Annular* pada *minichannels* (Triplett et al., 1999)
- Gambar 2.10. Pola aliran *Bubbly* pada *minichannels* (Triplett et al., 1999)
- Gambar 2.11. Pola aliran *Annular* pada *minichannels* (Triplett et al., 1999)
- Gambar 2.12. Pola aliran *Churn* pada *minichannels* (Triplett et al., 1999)
- Gambar 2.13. Peta pola aliran dua fase udara-air pada pipa horizontal diameter 100,180 dan 324 μm (Sur & Liu, 2012)
- Gambar 2.14. Metode *Digital Image Processing* (Mayor et al., 2007)
- Gambar 2.15. Contoh gambar RGB aliran *plug*
- Gambar 2.16. Contoh gambar *grayscale* aliran *plug*
- Gambar 2.17. Contoh gambar biner aliran *plug*
- Gambar 3.1. Bahan fluida cair yang digunakan
- Gambar 3.2. Kompresor udara
- Gambar 3.3. Wadah untuk campuran
- Gambar 3.4. Bejana bertekanan
- Gambar 3.5. Pompa air
- Gambar 3.6. Kamera Nikon J4
- Gambar 3.7. *Mixer*
- Gambar 3.8. *Test section*

- Gambar 3.9. Lampu penerangan
- Gambar 3.10. *Optical correction box*
- Gambar 3.11. *Flens*
- Gambar 3.12. *Flowmeter* (a) udara dan (b) air
- Gambar 3.13. Selang
- Gambar 3.14. *Filter dan regulator*
- Gambar 3.15. *Check valve*
- Gambar 3.16. *Gate valve*
- Gambar 3.17. *Pressure transducer*
- Gambar 3.18. *Advantec USB-4704*
- Gambar 3.19. Komputer
- Gambar 3.20. Skema instalasi peralatan
- Gambar 3.21. Diagram alir penelitian
- Gambar 4.1. Grafik kalibrasi *pressure transducer*
- Gambar 4.2. Peta pola aliran aquades 25%, gliserin 70% dan butanol 5% dengan kemiringan 20 derajat terhadap horizontal
- Gambar 4.3. Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran (Sudarja et al., 2021)
- Gambar 4.4. Perbandingan peta pola aliran hasil penelitian dengan peta pola aliran (Triplett et al., 1999)
- Gambar 4.5. Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan dengan variasi J_L
- Gambar 4.6. Pengaruh J_L terhadap gradien tekanan dengan variasi J_G
- Gambar 4.7. Pengaruh gradien tekanan terhadap waktu dengan aquades 25%, gliserin 70% dan butanol 5% pada $J_G = 50,24$ m/s dan $J_L = 0,149$ m/s
- Gambar 4.8. Grafik *probability distribution function* (PDF) gradien tekanan pada pola aliran *annular* pada $J_G = 50,24$ m/s dan $J_L = 0,149$ m/s

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1. Sifat fisik gliserin
- Tabel 2.2. Sifat fisik butanol
- Tabel 3.1. Sifat fisik udara
- Tabel 3.2. Sifat fisik fluida cair
- Tabel 3.3. Spesifikasi kompresor udara
- Tabel 3.4. Ukuran wadah plastic
- Tabel 3.5. Spesifikasi bejana bertekanan
- Tabel 3.6. Spesifikasi pompa air
- Tabel 3.7. Spesifikasi kamera Nikon J4
- Tabel 3.8. Spesifikasi *Flowmeter* air
- Tabel 3.9. Spesifikasi *Flowmeter* udara
- Tabel 3.10. Spesifikasi *filter* dan *regulator*
- Tabel 3.11. Spesifikasi *Pressure Transducer*
- Tabel 3.12. Spesifikasi Advantec USB-4704
- Tabel 4.1. Perbandingan pola aliran *plug* dengan konsentrasi aquades 25%, gliserin 70%, butanol 5%, dengan nilai J_G tetap $0,116^m/s$ dan nilai J_L bervariasi
- Tabel 4.2. Perbandingan pola aliran *plug* dengan konsentrasi aquades 25%, gliserin 70%, butanol 5%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap $0,033^m/s$
- Tabel 4.3. Perbandingan pola aliran *bubbly* dengan konsentrasi aquades 25%, gliserin 70%, butanol 5%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap $4,958^m/s$
- Tabel 4.4. Perbandingan pola aliran *slug annular* dengan konsentrasi aquades 25%, gliserin 70%, butanol 5%, dengan nilai J_G tetap $7,033^m/s$ dan nilai J_L bervariasi

- Tabel 4.5. Perbandingan pola aliran *slug annular* dengan konsentrasi aquades 25%, gliserin 70%, butanol 5%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap $0,033^m/s$
- Tabel 4.6. Perbandingan pola aliran *annular* konsentrasi aquades 25%, gliserin 70%, butanol 5%, dengan nilai J_G tetap $50,24^m/s$ dan nilai J_L bervariasi
- Tabel 4.7. Perbandingan pola aliran *annular* dengan konsentrasi aquades 25%, gliserin 70%, butanol 5%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap $0,149^m/s$
- Tabel 4.8. Perbandingan pola aliran *churn* dengan konsentrasi aquades 25%, gliserin 70%, butanol 5%, dengan nilai J_G tetap $22,708^m/s$ dan nilai J_L bervariasi
- Tabel 4.9. Perbandingan pola aliran *churn* dengan konsentrasi aquades 25%, gliserin 70%, butanol 5%, dengan nilai J_G bervariasi dan nilai J_L tetap $2,308^m/s$
- Tabel 4.10. Perbandingan *time average* dan PDF pola aliran *plug* pada $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,883$ m/s dan $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 0,883$ m/s
- Tabel 4.11. Perbandingan *time average* dan PDF pola aliran *bubbly* pada $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 4,95$ m/s dan $J_G = 0,116$, $J_L = 4,95$ m/s
- Tabel 4.12. Perbandingan *time average* dan PDF pola aliran *slug-annular* pada $J_G = 1,95$ m/s, $J_L = 0,54$ m/s dan $J_G = 3,014$ m/s, $J_L = 0,54$ m/s
- Tabel 4.13. Perbandingan *time average* dan PDF Pola aliran *annular* pada $J_G = 50,24$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan $J_G = 50,24$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s
- Tabel 4.14. Perbandingan *time average* dan PDF pola aliran *churn* pada $J_G = 3,014$ m/s, $J_L = 2,308$ m/s dan $J_G = 7,033$ m/s, $J_L = 2,308$ m/s

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)
ε	:	Fraksi hampa
γ	:	Tegangan permukaan (N/m)
d	:	Panjang permukaan (m)
F	:	Gaya (N)