

SKRIPSI

**KAJIAN EKSPERIMENTAL ALIRAN MULTI KOMPONEN (UDARA,
AKUADES 47%, GLISERIN 50%, BUTANOL 3%) PADA PIPA MINI
DENGAN KEMIRINGAN 20° TERHADAP HORIZONTAL**

Ditujukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

Rahmat Agung Sitompul

20160130117

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2021

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rahmat Agung Sitompul
Nomor Induk Mahasiswa : 20160130117
Program Studi : S-1 Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Kajian Eksperimental Aliran Multi Komponen (Udara, Akuades 47%, Gliserin 50%, Butanol 3%) pada Pipa Mini dengan Kemiringan 20° 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, 2 November 2021

Penyusun



Rahmat Agung Sitompul

MOTTO

“Berlomba–lombalah dalam kebaikan”

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 penyusun bisa tetap tegar untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu dengan rasa bahagia dan bangga penyusun ucapkan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak M Abdul Azizun S dan Ibu Endis Merni yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan untuk kesuksesan penyusun. Penyusun tidak bisa membalas seluruh kebaikan kedua orang tua, akan tetapi penyusun hanya bisa mendoakan semoga segala jerih payah dan dukungan dari kedua orang tua dibalas oleh Allah SWT dan semoga penyusun bisa membahagiakan kedua orang tua didunia dan diakhirat.
2. Keluarga besar Opung Amanat Sitompul dan keluarga besar Gaek Sutan Utsman yang telah banyak membantu dan mendoakan demi kelancaran penyusun.
3. Orang-orang spesial Adik Rahma Aulia Sitompul, Kakak Anggriani Giezela, dan Putri Bagus Aulia yang tiada henti memberikan perhatian, doa dan dukungan kepada penyusun.
4. Teman-teman seluruh angkatan teknik mesin 2016 terutama untuk kelas C dan teman-teman Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah Yogyakarta terutama untuk IMM FT UMY, yang telah membantu berjuang selama kuliah.
5. Teman - teman kontrakan Tumala yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah memberikan dukungan kepada penyusun dikala sedang susah maupun senang.
6. Kelompok tugas akhir Aliran Dua Fase, karena kalian penyusun bisa melaksanakan pengambilan data dan pengolahan data.

7. Kepada sahabat-sahabat dimanapun berada yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang memberi dukungan dan do'a kepada penyusun untuk menyelesaikan tugas akhir.

Akhir kata penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah mendukung penyusunan skripsi ini. Semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penyusun menjadi amalan yang akan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Di akhir kata, penyusun berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak.

KATA PENGANTAR

Penelitian dengan judul “Kajian Eksperimental Aliran Multi Komponen (Udara, Akuades 47%, Gliserin 50%, Butanol 3%) pada Pipa Mini dengan Kemiringan 20° terhadap Horizontal”. Alhamdulillah berkat rahmat dan hidayah Allah SWT penyusun mampu menyelesaikan penelitian ini . 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 posisi horisontal menggunakan fluida gas dan campuran akuades 47%, gliserin 50%, 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. Penelitian ini juga sebagai Skripsi sebagai syarat akhir untuk mendapatkan gelar Sarjana dari Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Keberhasilan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penyusun mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua kami, Bapak M. Abdu Azizun S, dan Ibu Endis Merni, Dosen pembimbing Skripsi Bapak Dr. Ir. Sudarja M.T., IPM., dan Bapak Prof. Dr. Ir. Sukamta M.T., IPM., Seluruh jajaran pengurus Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Semua rekan-rekan yang selalu memberikan bantuan dan dukungannya kepada penyusun dalam menyelesaikan Skripsi.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penyusun meminta maaf jika ada kesalahan dalam menyelesaikan tugas akhir dan penyusunan skripsi ini dan sangat mengharapkan kritik, saran dan diskusi yang bersifat membangun guna perbaikan di masa-masa yang akan datang. Penyusun memiliki harapan yang besar agar skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 2 November 2021

Penyusun

Rahmat Agung Sitompul

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR PERSAMAAN	xviii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xix
INTISARI	xx
ABSTRACT	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Landasan Teori	12
2.2.1 Fase dan Aliran Dua Fase	12

2.2.2	Pola Aliran	13
2.2.3	Peta Pola Aliran.....	15
2.2.4	Fraksi Hampa	16
2.2.5	Gradien Tekanan	17
2.2.6	Kecepatan Superfisial.....	17
2.2.7	Viskositas	18
2.2.8	Tegangan Permukaan	19
2.2.9	Gliserin.....	19
2.2.10	Butanol	20
2.2.11	Akuades.....	20
2.2.12	<i>Digital Image Processing</i>	21
2.2.12.1	<i>Image</i>	21
2.2.12.2	<i>Noise</i>	23
2.2.12.3	<i>Filtering</i>	23
2.2.12.4	Mode Analisis Statik	24
BAB III METODE PENELITIAN		26
3.1	Tempat Penelitian.....	26
3.2	Alat Penelitian	26
3.3	Bahan Penelitian.....	38
3.4	Skema Alat Uji	40
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	42
3.6	Matriks pengambilan data pola aliran	43
3.7	Tahapan Penelitian	44
3.8	Pengolahan Data.....	45
3.8.1	Pola Aliran dan Peta Pola Aliran	45

3.8.2	Fraksi Hampa	45
3.8.3	Gradien Tekanan	47
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1	Kalibrasi Alat Ukur	48
4.2	Pola Aliran.....	49
4.2.1	Pola Aliran <i>Plug</i>	49
4.2.2	Pola Aliran <i>Slug Annular</i>	52
4.2.3	Pola Aliran <i>Churn</i>	55
4.2.4	Pola Aliran <i>Annular</i>	57
4.2.5	Pola aliran <i>Bubble</i>	59
4.3	Peta Pola Aliran.....	61
4.4	Perbandingan Peta Pola Aliran.....	63
4.5	Fraksi Hampa	66
4.5.1	Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Plug</i>	66
4.5.2	Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Slug Annular</i>	67
4.5.3	Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Churn</i>	68
4.5.4	Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Annular</i>	69
4.5.5	Fraksi Hampa Pola Aliran <i>Bubble</i>	70
4.6	Gradien Tekanan	71
4.6.1	Perbandingan Pengaruh Kecepatan Superfisial terhadap Gradien Tekanan pada Aliran Dua Fase Udara-Akuades 47%, Gliserin 50%, dan Butanol 3%	72
4.6.2	Gradien Tekanan terhadap Waktu.....	72
BAB V	KESIMPULAN	74
5.1	Kesimpulan.....	74

5.1.1	Pola Aliran dan Peta Pola Aliran	74
5.1.2	Fraksi Hampa	75
5.1.3	Gradien Tekanan	75
5.2	Saran	76
DAFTAR PUSTAKA		77
LAMPIRAN.....		80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pola aliran (a) <i>Bubble</i> , (b) <i>Slug</i> , (c) <i>Annular</i> , (d) <i>Slug–annular</i> , (e) <i>Churn</i>	7
Gambar 2. 2 Bentuk pola aliran	7
Gambar 2. 3 Peta pola aliran	8
Gambar 2. 4 Hubungan antara pengukuran dengan fraksi hampa homogen	8
Gambar 2. 5 Hubungan antara fraksi hampa dan kualitas volumetrik dari eksperimen	9
Gambar 2. 6 Grafik perbandingan <i>pressure drop</i> terhadap laju aliran	10
Gambar 2. 7 (A) Pengaruh J_L terhadap nilai gradien tekanan pada J_G bervariasi, (B) Pengaruh J_G terhadap nilai gradien tekanan pada J_L bervariasi	11
Gambar 2. 8 Pola aliran <i>bubble</i>	13
Gambar 2. 9 Pola aliran <i>plug</i>	14
Gambar 2. 10 Pola aliran <i>slug-annular</i>	14
Gambar 2. 11 Pola aliran <i>annular</i>	14
Gambar 2. 12 Pola aliran <i>churn</i>	15
Gambar 2. 13 Peta pola aliran pada pipa horisontal berdiameter 100, 180 dan 324 μm	16
Gambar 2. 14 Perbandingan peta pola aliran Peneliti dengan peta pola aliran peneliti terdahulu.....	16
Gambar 2. 15 <i>Digital image processing</i>	21
Gambar 2. 16 Contoh gambar RGB dengan aliran <i>plug</i>	22
Gambar 2. 17 Contoh gambar <i>grayscale</i> dengan aliran <i>plug</i>	22
Gambar 2. 18 Contoh gambar biner dengan aliran <i>plug</i>	23
Gambar 2. 19 Contoh <i>time average</i>	24
Gambar 2. 20 Contoh <i>probability distribution function</i> (PDF)	25
Gambar 3. 1 Bak penampungan fluida.....	26
Gambar 3. 2 Pompa.....	27
Gambar 3. 3 Selang	28
Gambar 3. 4 Bejana bertekanan	28

Gambar 3. 5 <i>Gate valve</i>	29
Gambar 3. 6 <i>Check valve</i>	29
Gambar 3. 7 (a) <i>Flowmeter</i> udara, (b) <i>Flowmeter</i> air	30
Gambar 3. 8 Kompresor	31
Gambar 3. 9 Regulator dan <i>Filter</i>	32
Gambar 3. 10 Kamera	33
Gambar 3. 11 Lampu.....	34
Gambar 3. 12 Pipa kaca dan seksi uji	34
Gambar 3. 13 <i>Mixer</i>	35
Gambar 3. 14 <i>Flens</i>	35
Gambar 3. 15 <i>Optical Correction Box</i>	36
Gambar 3. 16 Komputer.....	36
Gambar 3. 17 Advantec USB-4704	37
Gambar 3. 18 (a) Akuades, (b) Gliserin, (c) Butanol.....	39
Gambar 3. 19 Skema alat uji.....	40
Gambar 3. 20 Diagram alir penelitian.....	42
Gambar 4. 1 Kalibrasi alat ukur	48
Gambar 4. 2 Peta Pola Aliran Akuades 47%, Gliserin 50%, Butanol 3%	62
Gambar 4. 3 Perbandingan peta pola aliran penelitian ini dengan peta Sukamta dan Sudarja.....	64
Gambar 4. 4 Perbandingan peta pola aliran penelitian ini dengan peta Triplett	65
Gambar 4. 5 Pengaruh J_G terhadap gradien tekanan dengan variasi J_L	72
Gambar 4. 6 Pengaruh gradien tekanan terhadap waktu pada $J_G = 50,24$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s.....	73
Gambar 4. 7 Grafik <i>Probability Distribution Function</i> (PDF) terhadap gradien tekanan pada pola aliran <i>annular</i> , yaitu $J_G = 50,24$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s.	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat fisik gliserin	19
Tabel 2. 2 Sifat fisik butanol	20
Tabel 2. 3 Sifat fisik akuades	20
Tabel 3. 1 Spesifikasi bak penampungan fluida.....	27
Tabel 3. 2 Spesifikasi pompa	27
Tabel 3. 3 Spesifikasi bejana bertekanan	29
Tabel 3. 4 Spesifikasi <i>flowmeter</i> udara	30
Tabel 3. 5 Spesifikasi <i>flowmeter</i> air	31
Tabel 3. 6 Spesifikasi kompresor	32
Tabel 3. 7 Spesifikasi kamera Nikon J4.....	33
Tabel 3. 8 Spesifikasi Advantec USB-4704.....	37
Tabel 3. 9 Sifat fisik campuran fluida.....	39
Tabel 3. 10 Spesifikasi Sifat fisik udara.....	39
Tabel 3. 11 Matriks pengambilan data pola aliran	43
Tabel 4. 1 Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan nilai J_G tetap yaitu $J_G = 0,025$ m/s dan nilai J_L bervariasi	50
Tabel 4. 2 Pola aliran <i>plug</i> dengan nilai J_L tetap yaitu $J_L = 0,541$ m/s dan nilai J_G bervariasi.....	51
Tabel 4. 3 Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> dengan nilai J_G tetap yaitu $J_G =$ $1,950$ m/s dan nilai J_L bervariasi	52
Tabel 4. 4 Perbandingan pola aliran <i>slug annular</i> dengan nilai J_L tetap yaitu $J_L =$ $0,033$ m/s dan nilai J_G bervariasi	54
Tabel 4. 5 Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan nilai J_G tetap yaitu $J_G = 3,104$ m/s dan nilai J_L bervariasi	55
Tabel 4. 6 Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan nilai J_L tetap yaitu $J_L = 0,883$ m/s dan nilai J_G bervariasi.....	56
Tabel 4. 7 Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan nilai J_G tetap yaitu $J_G =$ $22,708$ m/s dan nilai J_L bervariasi	57

Tabel 4. 8 Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan nilai J_L tetap yaitu $J_L = 0,149$ m/s dan nilai J_G bervariasi.....	58
Tabel 4. 9 Perbandingan aliran <i>bubble</i> dengan nilai J_G tetap yaitu $J_G = 0,025$ m/s dan nilai J_L bervariasi	59
Tabel 4. 10 Perbandingan aliran <i>bubble</i> dengan nilai J_L tetap yaitu $J_L = 2,308$ m/s dan nilai J_G bervariasi.....	60
Tabel 4. 11 Perbandingan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>plug</i> dengan $J_L = 0,033$ m/s pada $J_G = 0,116$ dan $0,425$ m/s	67
Tabel 4. 12 Perbandingan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>slug annular</i> dengan $J_L = 0,541$ m/s pada $J_G = 3,014$ dan $4,258$ m/s.....	68
Tabel 4. 13 Perbandingan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>churn</i> dengan $J_L = 0,883$ m/s pada $J_G = 4,258$ dan $22,708$ m/s	69
Tabel 4. 14 Perbandingan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>annular</i> dengan $J_L = 0,033$ m/s pada $J_G = 50,24$ dan $66,618$ m/s	70
Tabel 4. 15 Perbandingan <i>time average</i> dan PDF pola aliran <i>bubble</i> dengan $J_L = 2,308$ m/s pada $J_G = 0,116$ dan $0,425$ m/s	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel kecepatan superfisial terbentuknya pola aliran.....	80
Lampiran 2 Hasil uji laboratorium tegangan permukaan campuran akuades, gliserin, dan butanol.....	82
Lampiran 3 Hasil uji laboratorium viskositas campuran akuades, gliserin, dan butanol	83

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2. 1 Persamaan Lockhart-Martinelli	17
Persamaan 2. 2 Kecepatan superfisial gas (J_G)	18
Persamaan 2. 3 Kecepatan superfisial cairan (J_L)	18
Persamaan 2. 4 Tegangan Permukaan (γ)	19

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)
- Q_m : Laju aliran campuran dalam pipa (m^3/s)
- \dot{m}_G : Massa laju aliran gas (m^3/s)
- \dot{m}_L : Massa laju aliran cairan (m^3/s)
- A : Luas penampang pipa (m^2)
- ϵ : Fraksi hampa
- γ : Tegangan permukaan (N/m)
- d : Panjang permukaan (m)
- F : Gaya (N)
- X : Parameter Lochart-Martinelli
- $(\Delta P)_L$: Frictional pressure drop pada fluida cair
- $(\Delta P)_G$: Frictional pressure drop pada fluida gas