



LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Investigasi Pola Aliran Dua Fasa Udara-Air dan Gliserin (40%, 50%, 60%, 70%) dalam Pipa Kapiler dengan Kemiringan 15° terhadap Posisi Horizontal

Investigation Flow Patterns of Air-Water and Glycerin (40%, 50%, 60%, 70%) Two-Phase Flow in The Capillary Tube with Slope of 15° to Horizontal Position

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Pidheksa Pria Pitvantoko

20140130046

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

pada tanggal, 30 Maret 2019

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Sudarja, M.T.

NIK 19620904 200104 123050

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Sukanta, M.T., IPM.

NIK 19700502 199603 123023

Penguji

Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T.

NIP 19720222 200310 123054

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal, 12 April 2019

Mengetahui,

Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin FT UMY



Berli Paripurna Kameil, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.

NIK 19740302 200104 123049

HALAMAN PERNYATAAN

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, 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, 30 Maret 2019



Pidheksa
Pidheksa Pria Pitoyantoko

NIM. 20140130046

HALAMAN PERSEMBAHAN

الرَّحْمَنُ الرَّحِيمُ
اللَّهُ بِسْمِ

Alhamdulillah Rabbil ‘Alamin Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarganya, dan sahabat sehingga mendapat petunjuk hingga hari akhir. Amiin.

Persembahan tugas akhir ini saya ucapkan untuk:

Kedua orang tuaku serta kakakku yang telah memberikan kasih sayang, doa, dukungan serta motivasi baik secara moril maupun materil.

Tim penelitian aliran dua fase (Suku Bar-Bar) yang banyak membantu dan mendukung saya dari awal hingga selesai penulisan naskah ini.

Teman seperjuangan Teknik Mesin A 14, Tim Fokus United, adik adik tersayang Fakultas Teknik UMY yang sudah berbagi pengalaman dan memotivasi saya dalam kegiatan kampus ataupun perkuliahan hingga selesai penelitian.

Kampus tercinta Universitas Muhammadiyah Yogyakarta khususnya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan berbagai ilmu serta bimbingan tanpa ada batasan

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarokatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas segala nikmat, rahmat, kesehatan, hidayah, dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **"Investigasi Pola Aliran Dua Fase Udara-Air dan Gliserin (40%, 50%, 60%, 70%) dalam Pipa Kapiler dengan Kemiringan 15⁰ terhadap Posisi Horizontal"** yang merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi Strata-1 (S1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Pola aliran dan peta pola aliran merupakan hal yang sangat penting untuk mengetahui karakteristik aliran fluida. Pengkajian terhadap pola aliran dua fase masih sangat luas cakupannya. Banyak ilmu yang masih bisa digali untuk menjelaskan fenomena aliran dua fase untuk beberapa aplikasi dan produk rekayasa bidang.

Penelitian ini dilakukan dengan memberikan variasi kecepatan superfisial udara maupun kecepatan superfisial air dan variasi campuran gliserin (40%, 50%, 60% dan 70%) pada pipa kapiler berdiameter 1,6 mm dengan kemiringan 15⁰ terhadap posisi horizontal. Pengambilan data ini dilakukan dengan pengambilan video dengan kamera berkecepatan tinggi yang selanjutnya dipotong-potong menjadi beberapa foto dan selanjutnya dipetakan dan disajikan dengan grafik perbandingan antara kecepatan superfisial udara dan air untuk tiap variasi campuran gliserin. Data ditampilkan dan diolah menggunakan komputer

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari peran, dukungan dan doa serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Berli Paripurna Kamiel S.T., M.Eng Sc., Ph.D selaku Ketua Prodi SI Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Bapak Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T selaku dosen penguji tugas akhir, Bapak Dr. Ir. Sudarja, M.T. dan Bapak Dr. Ir. Sukamta, M.T., IPM selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan banyak penjelasan, bimbingan dan pengarahan dalam penulisan tugas akhir ini, para Staf Prodi Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah membantu dan memfasilitasi dalam segala urusan, serta tim penelitian aliran dua fase yang telah terlibat dan membantu proses penelitian dan membuat naskah tugas akhir yang tidak bisa disusun sebutkan satu persatu.

Yogyakarta, Maret 2019

Pidhekso Pria Pityantoko

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
INTISARI	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penulisan	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.2. Landasan Teori	15
2.2.1. Fase	15
2.2.2. Aliran Dua Fase.....	16
2.2.3. Viskositas	16
2.2.4. Gliserin.....	17
2.2.5. Bilangan Reynolds (Re).....	17
2.2.5. Kecepatan Superfisial (<i>Superfisial Velocity</i>)	17
2.2.6. Metode Visualisasi	18

2.2.7.	Pola Aliran Dua Fase dalam Pipa.....	19
2.2.8.	Peta Pola Aliran.....	23
BAB III METODE PENELITIAN		26
3.1.	Tempat Penelitian	26
3.2.	Bahan Penelitian	26
3.3.	Skema Penelitian	28
3.3.1.	Aliran Fluida Cair	29
3.3.2.	Aliran Fluida Udara.....	32
3.3.3.	Seksi Uji.....	33
3.3.4.	Peralatan Pengambilan Gambar	34
3.4.	Prosedur Pengambilan Data.....	35
3.5.	Diagram Alir Penelitian.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1.	Pola Aliran.....	38
4.1.1.	Pola Aliran <i>Plug</i>	38
4.1.2.	Pola Aliran <i>Bubbly</i>	46
4.1.3.	Pola Aliran <i>Slug-annular</i>	48
4.1.4.	Pola Aliran <i>Annular</i>	55
4.1.5.	Pola Aliran <i>Churn</i>	62
4.2.	Peta Pola Aliran	68
4.3.	Perbandingan Peta Pola Aliran dengan Penelitian Terdahulu	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		80
5.1.	Kesimpulan.....	80
5.2.	Saran	81
DAFTAR PUSTAKA		83
LAMPIRAN.....		84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pola aliran pada pipa mini berdiameter 1,45 mm (Triplett, Ghiaasiaan, Abdel-Khalik, & Sadowski, 1999)	6
Gambar 2.2 Pola aliran dalam pipa sirkular berdiameter 5 mm pada frame yang berturut-turut $t = 0.0$, $t = 0.033$, $t = 0.066$ (Coleman & Garimella, 1999)	7
Gambar 2.3 Hasil fotografi pola aliran air-udara pada pipa berukuran 3 mm; (a) bubble flow, (b) plug flow, (c) wavy flow, (d) slug flow, (e) annular flow, (f) dispersed flow (Yang & Shieh, 2001)	9
Gambar 2.4 Peta pola aliran (Chung & M. Kawaji, 2004)	10
Gambar 2.5 Visual pola aliran teramati dengan fotografi (Saisorn & Wongwises, 2010)	11
Gambar 2.6 Pola aliran pada pipa mikro (Sur & Liu, 2012).....	12
Gambar 2.7 Pengaruh ukuran pipa terhadap garis transisi pada peta pola aliran (Sur & Liu, 2012)	13
Gambar 2.8 Pola aliran yang terbentuk pada konsentrasi 40% gliserin (Sudarja, Jayadi, Indarto, Deendarlianto, & Widyaparaga, 2018).....	15
Gambar 2.9 Pola aliran pada pipa vertikal (Rouhani & Sohal, 1983)	21
Gambar 2.10 Pola aliran pada pipa horizontal (Rouhani & Sohal, 1983).....	23
Gambar 2.11 Peta pola aliran dengan parameter kecepatan superfisial (Yang & Shieh, 2001).....	24
Gambar 2.12 Peta pola aliran dengan parameter tak berdimensi (Sur & Liu, 2012)	25
Gambar 2.13 Peta pola aliran dengan parameter kecepatan superfisial (Sudarja et al., 2018).....	25
Gambar 3.1 Fluida cair.....	27

Gambar 3.2 Grafik perbandingan index gliserin dan nilai viskositas kinematik ..	27
Gambar 3.3 Skema instalasi penelitian	28
Gambar 3.4 Pompa air.....	29
Gambar 3.5 Bejana bertekanan	30
Gambar 3.6 Flowmeter air (a) kapasitas 0-50 ml/menit (b) kapasitas 100-500 ml/menit (c) kapasitas 0,1-1 GPM	30
Gambar 3.7 <i>Gate valve</i>	31
Gambar 3.8 <i>Check valve</i>	31
Gambar 3.9 Bak penampungan	31
Gambar 3.10 Kompresor udara	32
Gambar 3.11 <i>Water trap</i>	32
Gambar 3.12 Flowmeter udara (a) kapasitas 0-100 cc/menit (b) kapasitas 100-1000 cc/menit (c) kapasitas 1-10 liter/menit	33
Gambar 3.13 <i>Mixer</i>	34
Gambar 3.14 Konektor.....	34
Gambar 3.15 Lampu penerangan LED	34
Gambar 3.16 Kamera Nikon J4.....	35
Gambar 3.17 Diagram Alir Penelitian	37
Gambar 4.1 Peta pola aliran dengan konsentrasi gliserin 40%.....	69
Gambar 4.2 Peta pola aliran dengan konsentrasi gliserin 50%.....	70
Gambar 4.3 Peta pola aliran dengan konsentrasi gliserin 60%.....	71
Gambar 4.4 Peta pola aliran dengan konsentrasi gliserin 70%.....	72
Gambar 4.5 Perbandingan peta pola aliran dengan konsentrasi gliserin 40%, 50%, 60% dan 70%.....	73
Gambar 4.6 Perbandingan peta pola aliran penelitian ini dengan peneltian (Chung & M. Kawaji, 2004).....	75

Gambar 4.7 Perbandingan peta pola aliran penelitian ini dengan peneltian Sudarja,
dkk (2018) menggunakan air murni tanpa campuran (0%)..... 76

Gambar 4.8 Perbandingan peta pola aliran penelitian ini dengan peneltian Sudarja,
dkk (2018) menggunakan campuran gliserin (60%) 77

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Sifat fisik cairan	27
Tabel 4.1 Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi gliserin 40%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 0,207$ m/s dan nilai J_L bervariasi	39
Tabel 4.2 Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi gliserin 40%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 0,232$ m/s dan nilai J_G bervariasi	41
Tabel 4.3 Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi gliserin 50%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 0,207$ m/s dan nilai J_L bervariasi	42
Tabel 4.4 Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi gliserin 50%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 0,232$ m/s dan nilai J_G bervariasi	42
Tabel 4.5 Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi gliserin 60%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 0,207$ m/s dan nilai J_L bervariasi	43
Tabel 4.6 Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi gliserin 60%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 0,232$ m/s dan nilai J_G bervariasi	43
Tabel 4.7 Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi gliserin 70%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 0,207$ m/s dan nilai J_L bervariasi	44
Tabel 4.8 Perbandingan pola aliran <i>plug</i> dengan konsentrasi gliserin 70%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 0,539$ m/s dan nilai J_G bervariasi	44
Tabel 4.9 Perbandingan pola aliran <i>plug</i> untuk tiap konsentrasi campuran gliserin dengan nilai $J_G = 0,423$ m/s dan nilai $J_L = 0,539$	45
Tabel 4.10 Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> dengan konsentrasi gliserin 70%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 0,207$ m/s dan nilai J_L bervariasi	47
Tabel 4.11 Perbandingan pola aliran <i>bubbly</i> dengan konsentrasi gliserin 70%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 2,297$ m/s dan nilai J_G bervariasi	47
Tabel 4.12 Perbandingan pola aliran <i>slug-annular</i> dengan konsentrasi gliserin 40%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 3$ m/s dan nilai J_L bervariasi	49

Tabel 4.13 Perbandingan pola aliran <i>slug-annular</i> dengan konsentrasi gliserin 40%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 0,091$ m/s dan nilai J_G bervariasi	50
Tabel 4.14 Perbandingan pola aliran <i>slug-annular</i> dengan konsentrasi gliserin 50%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 7$ m/s dan nilai J_L bervariasi.....	51
Tabel 4.15 Perbandingan pola aliran <i>slug-annular</i> dengan konsentrasi gliserin 50%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 0,232$ m/s dan nilai J_G bervariasi	51
Tabel 4.16 Perbandingan pola aliran <i>slug-annular</i> dengan konsentrasi gliserin 60%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 4,238$ m/s dan nilai J_L bervariasi.....	52
Tabel 4.17 Perbandingan pola aliran <i>slug-annular</i> dengan konsentrasi gliserin 60%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 0,149$ m/s dan nilai J_G bervariasi	52
Tabel 4.18 Perbandingan pola aliran <i>slug-annular</i> dengan konsentrasi gliserin 70%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 9,62$ m/s dan nilai J_L bervariasi.....	53
Tabel 4.19 Perbandingan pola aliran <i>slug-annular</i> dengan konsentrasi gliserin 70%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 0,539$ m/s dan nilai J_G bervariasi	53
Tabel 4.20 Perbandingan pola aliran <i>slug-annular</i> untuk tiap konsentrasi campuran gliserin dengan nilai $J_G = 7$ m/s dan nilai $J_L = 0,232$ m/s	54
Tabel 4.21 Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi gliserin 40%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 50$ m/s dan nilai J_L bervariasi.....	56
Tabel 4.22 Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi gliserin 40%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 0,091$ m/s dan nilai J_G bervariasi	57
Tabel 4.23 Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi gliserin 50%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 66,3$ m/s dan nilai J_L bervariasi.....	58
Tabel 4.24 Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi gliserin 50%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 0,149$ m/s dan nilai J_G bervariasi	58
Tabel 4.25 Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi gliserin 60%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 58,05$ m/s dan nilai J_L bervariasi.....	59
Tabel 4.26 Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi gliserin 60%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 0,7$ m/s dan nilai J_G bervariasi	59

Tabel 4.27 Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi gliserin 70%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 66,3$ m/s dan nilai J_L bervariasi	60
Tabel 4.28 Perbandingan pola aliran <i>annular</i> dengan konsentrasi gliserin 70%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 0,232$ m/s dan nilai J_G bervariasi	60
Tabel 4.29 Perbandingan pola aliran <i>annular</i> untuk tiap konsentrasi campuran gliserin dengan nilai $J_G = 58,05$ m/s dan nilai $J_L = 0,232$ m/s	61
Tabel 4.30 Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi gliserin 40%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 7$ m/s dan nilai J_L bervariasi	62
Tabel 4.31 Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi gliserin 40%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 4,935$ m/s dan nilai J_G bervariasi	63
Tabel 4.32 Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi gliserin 50%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 9,62$ m/s dan nilai J_L bervariasi	64
Tabel 4.33 Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi gliserin 50%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 2,297$ m/s dan nilai J_G bervariasi	64
Tabel 4.34 Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi gliserin 60%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 22,6$ m/s dan nilai J_L bervariasi	65
Tabel 4.35 Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi gliserin 60%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 4,935$ m/s dan nilai J_G bervariasi	65
Tabel 4.36 Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi gliserin 70%, nilai J_G tetap yaitu $J_G = 50$ m/s dan nilai J_L bervariasi	66
Tabel 4.37 Perbandingan pola aliran <i>churn</i> dengan konsentrasi gliserin 70%, nilai J_L tetap yaitu $J_L = 2,297$ m/s dan nilai J_G bervariasi	66
Tabel 4.38 Perbandingan pola aliran <i>churn</i> untuk tiap konsentrasi campuran gliserin dengan nilai $J_G = 66,3$ m/s dan nilai $J_L = 2,297$ m/s	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Matriks pengujian data peta pola aliran.....	85
Lampiran 2 Tabel kecepatan superfisial pembentukan pola aliran <i>Plug</i>	85
Lampiran 3 Tabel kecepatan superfisial pembentukan pola aliran <i>Bubbly</i>	87
Lampiran 4 Tabel kecepatan superfisial pembentukan pola aliran <i>Slug-annular</i> . ..	88
Lampiran 5 Tabel kecepatan superfisial pembentukan pola aliran <i>Annular</i>	90
Lampiran 6 Tabel kecepatan superfisial pembentukan pola aliran <i>Churn</i>	91

DAFTAR NOTASI

D	= Diameter (mm)
A	= Luas Penampang (m^2)
J_G	= Kecepatan superfisial <i>gas</i> (m/s)
J_L	= Kecepatan superfisial <i>liquid</i> (m/s)
Q_G	= Laju aliran <i>gas</i> (m^3/s)
Q_L	= Laju aliran <i>liquid</i> (m^3/s)
Re	= Bilangan Reynold
ρ	= Massa jenis (kg/m^3)
μm	= mikrometer
β	= volumetrik gas quality
v	= kecepatan rata-rata (m/s)
μ	= Viskositas dinamik ($N.s/m^2$)
ν	= Viskositas kinematik (m/s)