

HALAMAN PERYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Noviyanto
Nim : 20150130125
Jurusan : Teknik Mesin
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Menyatakan bahwa skripsi tentang **“Investigasi Fraksi Hampa Dua-Fase Udara-Air dan Gliserin (40-70%) pada Pipa Kapiler dengan Kemiringan 45^o Terhadap Posisi Horizontal”** ini merupakan hasil investigasi penelitian dari pengujian dan karya ilmiah saya secara murni keasliannya, dengan tidak adanya manipulasi data dan semua yang saya tuliskan tidak terdapat unsur plagiat ataupun pernah diajukan sebelumnya untuk mendapat gelar sarjana di perguruan tinggi lain. Dengan pernyataan ini, karya yang saya buat tidak terdapat hasil dari penelitian yang sudah dipublikasikan ataupun diterbitkan selain dari referensi yang diikut sertakan sumber keasliannya dalam naskah ini.

Yogyakarta, Juni 2020



Noviyanto

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, kami panjatkan puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya kepada kita semua, sehingga kami diberikan kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Investigasi Fraksi Hampa Dua-Fase Udara-Air dan Gliserin (40-70%) pada Pipa Kapiler dengan Kemiringan 45⁰ Terhadap Posisi Horizontal”** secara baik dan tepat pada waktunya.

Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis, baik secara moril dan materil dalam pelaksanaan tugas akhir maupun penyusunan laporan ini. Terima kasih kepada Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas izin dan persetujuan peminjaman laboratorium untuk penelitian, Bapak Dr. Ir. Sukamta, M.T., IPM. dan Bapak Dr. Ir. Sudarja, M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan ilmu kepada penulis dan membantu dalam pelaksanaan penyusunan ataupun penulisan tugas akhir ini hingga selesai, Bapak Krisdiyanto, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji tugas akhir, semua staf pelayanan dan laboran Teknik Mesin UMY yang telah melayani mahasiswa dalam segala urusan akademik dan teman-teman Teknik Mesin UMY angkatan 2015 serta rekan tim tugas akhir aliran dua fase yang telah membantu baik itu berupa saran, doa, maupun dukungan sampai selesai.

Akhir kata penulisan tugas akhir ini, penulis sadar masih adanya kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan karya tulis ini. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca untuk perbaikan dimasa mendatang agar menjadi lebih baik dikemudian hari.

Yogyakarta, Juni 2020

Noviyanto

PERSEMBAHAN

*Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah skripsi ini saya persembahkan untuk bapak dan ibu saya tercinta bapak **Sukirno** dan ibu **Sumiyati** terima kasih atas doa, motivasi, perhatian, dan kasih sayang yang telah diberikan kepada penyusun.*

MOTTO

*Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan,
karena itu bila kau telah selesai (mengerjakan yang lain)
dan kepada tuhan berharaplah.*

(QS. Al Insyirah :6-8)

*Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di
jalan Allah S.W.T*

(HR. Turmudzi)

*Allah S.W.T akan menginginkan orang - orang yang
beriman di antara mu dan orang - orang yang di beri ilmu
pengetahuan beberapa derajat.*

(QS. Al Mujadalah :11)

*Allah S.W.T tidak membebani seseorang melainkan sesuai
dengan kesanggupannya, ia mendapat pahala (dari
kewajiban) yang diusahakannya dan ia mendapat siksa (dari
kejahatan) yang di kerjakannya.*

(QS. Al Baqorah :286)

*Dan bawasanya seseorang manusia tidak akan memperoleh
apapun selain yang telah diusahakannya.*

(QS. An Najm :13)

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
PERSEMBAHAN.....	v
MOTTO.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xvii
INTISARI.....	xviii
ABSTRACT	xix
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.....	12
2.2.1 Tinjauan Umum Aliran Dua Fase	12
2.2.2 Fraksi Hampa Aliran Dua Fase	12
2.2.3 Rasio Kecepatan	14
2.2.4 <i>Digital Image Processing</i>	14
2.2.5 <i>Digital Image</i>	14
2.2.6 <i>Noise</i>	15
2.2.7 <i>Filtering</i>	15
2.2.8 Metode Analisis Statistik	16

BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Tempat Penelitian.....	17
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	17
3.2.1 Alat Yang Digunakan.....	17
3.2.2 Bahan Yang Digunakan	24
3.3 Sekema Penelitian	25
3.4 Tahapan Penelitian	26
3.5 Diagram Alir Penelitian	27
3.6 Proses Pengolahan data	28
3.6.1 Pembacaan Gambar	28
3.6.2 Pengubahan Gambar	28
3.6.3 Penyesuaian Gambar.....	29
3.6.4 Pembalikan Gambar.....	29
3.6.5 filtering.....	29
3.6.6 Segmentasi data	29
3.6.7 Data Gathering.....	30
BAB IV PEMBAHASAN.....	31
4.1 Fraksi Hampa (<i>Void Fraction</i>).....	31
4.1.1 Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Bubbly</i>	31
4.1.2 Fraksi Hampa untuk Pola <i>Plug</i>	37
4.1.3 Fraksi Hampa untuk Pola <i>Slug-Annular</i>	43
4.1.4 Fraksi Hampa untuk Pola <i>Annular</i>	49
4.1.5 Fraksi Hampa untuk Pola <i>Churn</i>	56
4.2 Kecepatan dan Cross-Correlation Aliran <i>Bubbly</i> dan <i>Plug</i>	62
4.2.1 <i>Cross-Correlation</i> Aliran <i>Bubbly</i> dan <i>Plug</i>	62
4.2.2 Kecepatan Aliran <i>Bubbly</i> dan <i>Plug</i>	65
4.2.2 Panjang <i>Bubbly</i> dan <i>Plug</i>	65
4.3.4 Frekuensi <i>Bubbly</i> dan <i>Plug</i>	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pengukuran Fraksi hampa Ali dkk (1993).....	4
Gambar 2. 2 Jenis aliran (a) Bubbly, (b) Slug, (c) Churn, (d) Annular, (e) bubbly (small).....	5
Gambar 2. 3 Kecepatan Bubble (fukano dan kariyasaki 1993)	6
Gambar 2. 4 Perbandingan pressure drop pipa dengan diameter 4,6, dan 8mm....	7
Gambar 2. 5 Korelasi fraksi hampa dengan <i>volume quality</i> dengan hasil (Serizawa dkk, 2002).....	8
Gambar 2. 6 Perbandingan fraksi hampa dengan studi literatur sebelumnya.....	9
Gambar 2. 7 (a) Pengaruh J_G dan J_L terhadap fraksi hampa, (b) pengaruh β terhadap ε , ($\varepsilon = \alpha$) Sudarja dkk, 2015)	10
Gambar 2. 8 Fraksi hampa gas tida menggunakan tegangan permukaan.....	10
Gambar 2.9 Hubungan antara fraksi hampa dengan pola aliran pada pipa berdiameter 2 mm (a) Aliran Plug (b) Aliran Churn (c) Aliran Slug-annular (d) Aliran Annular	11
Gambar 2. 10 Fraksi Hampa Chordal (Thome,2004).....	12
Gambar 2. 11 <i>Cross-Sectional Void Fraction</i> (Thome,2004)	13
Gambar 2. 12 Fraksi Hampa Volumetrik (Thome,2004)	13
Gambar 2. 13 RGB (McAdrew,2004)	15
Gambar 2. 14 <i>Grayscale</i> (McAdrew, 2004)	15
Gambar 3. 15 Biner (McAdrew, 2004)	15
Gambar 3. 1 Tempat Penampung	17
Gambar 3. 2 Water Pump (pompa air)	18
Gambar 3. 3 Pressure vessel (bejana tekan)	19
Gambar 3. 4 Kompresor Udara.....	19
Gambar 3. 5 Filter Regulator	20
Gambar 3. 6 flowmeter air (a) kapasitas 0-100 ml/menit, (b) kapasitas 0-500 ml/menit, (c) kapasitas 0-1000 ml/menit	21

Gambar 3. 7 flowmeter udara dengan kisaran debit maksimal 0-0,8 L/menit, 0-3 L/Menit, dan 0-10L/menit	21
Gambar 3. 8 Mixer	22
Gambar 3. 9 Optical correction box	22
Gambar 3. 10 Lampu penerangan	23
Gambar 3. 11 Kamera kecepatan tinggi	23
Gambar 3. 12 Cairan Akuades dan Gliserin	24
Gambar 3. 13 Sekema Penelitian	25
Gambar 3. 14 Diagram Alir	27
Gambar 3. 15 RGB	28
Gambar 3. 16 Grayscale	28
Gambar 3. 17 Crop	29
Gambar 3. 18 Perbaikan Warna	29
Gambar 3. 19 filtering	29
Gambar 3. 20 Binner	30
Gambar 4. 1 Pola aliran bubbly pada (a) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s dan (b) $J_G = 0,871$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	31
Gambar 4. 2 Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,871$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	32
Gambar 4. 3 Grafik PDF aliran <i>bubbly</i> pada (a) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,871$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	32
Gambar 4. 4 Pola Aliran <i>bubbly</i> pada (a) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,871$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	33
Gambar 4. 5 Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,871$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	33
Gambar 4. 6 PDF aliran <i>bubbly</i> pada (a) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,871$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	34
Gambar 4. 7 Pola aliran <i>bubbly</i> pada (a) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,871$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	34
Gambar 4. 8 Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,871$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	35

Gambar 4. 9 PDF aliran <i>bubbly</i> pada (a) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,871$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	35
Gambar 4. 10 Pola aliran <i>bubbly</i> pada (a) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,871$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	36
Gambar 4. 11 Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	36
Gambar 4. 12. Grafik PDF terhadap fraksi hampa aliran <i>plug</i> pada a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	37
Gambar 4. 13. Pola Aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s,dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	37
Gambar 4. 14. Time average fraksi hampa pada(a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s,dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	38
Gambar 4. 15. Grafik PDF aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	38
Gambar 4. 16. Pola Aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s,dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	39
Gambar 4. 17. Time average fraksi hampa pada(a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s,dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	39
Gambar 4. 18. Grafik PDF aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s, dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	40
Gambar 4. 19. Pola Aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s,dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	40
Gambar 4. 20. Time average fraksi hampa pada(a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s,dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	41
Gambar 4. 21 PDF aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	41
Gambar 4. 22. Pola Aliran <i>plug</i> pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s,dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	42
Gambar 4. 23. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s,dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	42

Gambar 4. 24 PDF aliran plug pada (a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	43
Gambar 4. 25. Pola aliran slug-annular (a) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, dan (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	43
Gambar 4. 26. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, dan (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	44
Gambar 4. 27. PDF aliran slug-annuar pada (a) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, dan (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	44
Gambar 4. 28. Pola aliran slug-annular (a) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, dan (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	45
Gambar 4. 29. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, dan (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	45
Gambar 4. 30. PDF aliran slug-annuar pada (a) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, dan (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	46
Gambar 4. 31. Pola aliran slug-annular (a) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, dan (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	46
Gambar 4. 32. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, dan (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	47
Gambar 4. 33. PDF aliran slug-annuar pada (a) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, dan (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	47
Gambar 4. 34. Pola aliran slug-annular (a) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, dan (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	48
Gambar 4. 35. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, dan (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	49
Gambar 4. 36. PDF aliran slug-annuar pada (a) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s, dan (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	49
Gambar 4. 37. Pola aliran annular pada (a) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	50
Gambar 4. 38 Time average fraksi hampa aliran annular pada (a) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s, dan (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	51

Gambar 4. 58. Pola aliran churn pada (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s, dan (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s.....	61
Gambar 4.59. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s, dan (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s.....	61
Gambar 4. 60. PDF aliran churn pada (a) $J_G = 22,6$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s, dan (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s.....	62
Gambar 4. 61. Grafik cross-correlation aliran bubbly pada (a) $J_G = 0,423$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s, dan (b) $J_G = 0,871$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	63
Gambar 4. 62. Grafik cross-correlation aliran plug (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s,dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s.....	64
Gambar 4. 63. Grafik kecepatan aliran bubbly dan plug.....	65
Gambar 4. 64. Grafik Panjang Bubbly dan Plug.....	66
Gambar 4. 65. Grafik Frekuensi pola aliran bubbly dan plug	67

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Sifat fisik cairan.....	24
---	----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel pengambilan data dengan J_G dan J_L berjumlah 144 variasi.....	71
Lampiran 2 Matriks perhitungan kecepatan <i>bubbly</i> dan <i>plug</i>	71
Lampiran 3 Matriks perhitungan panjang <i>bubbly</i> dan <i>plug</i>	72
Lampiran 4 Matriks perhitungan frekuensi <i>bubbly</i> dan <i>plug</i>	72

DAFTAR NOTASI

J_G = Kecepatan superfisial gas/udara (m/s)

J_L = Kecepatan superfisial liquid/air (m/s)

A = Luas Penampang (m^2)

A_G = Luas penampang gas (m^2)

A_L = Luas penampang cairan (m^2)

C_S = Kecepatan konstanta

D = Diameter pipa (μm)

D_H = Diameter pipa (mm)

U_G = Kecepatan aktual gas (m/s)

U_L = Kecepatan aktual liquid (m/s)

U_S = Kecepatan bubbly (m/s)

L_L = Panjang fase cairan

L_G = Panjang fase gas

L_S = Jarak aksial

S = Rasio kecepatan

t = waktu (s)

ν = Viskositas kinematik

x = kualitas gas

α = fraksi hampa penelitian

β = fraksi hampa homogen

\mathcal{E} = fraksi hampa

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

ρ_G = Densitas udara (kg/m^3)

ρ_L = Densitas air (kg/m^3)

μ = Viskositas dinamik ($kg/m.s$)

Δt = Jeda waktu (s)