

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

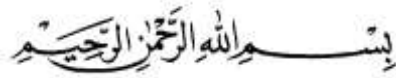
Saya menyatakan bahwa tugas akhir ini adalah asli hasil karya saya dan didalamnya tidak terdapat karya (tulisan) yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan diperguruan tinggi lain sebelumnya. Selain itu, karya tulis ilmiah ini juga tidak berisi pendapat atau hasil penelitian yang sudah dipublikasikan oleh orang lain selain referensi yang dengan menyebutkan sumber didalamnya naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 1 Januari 2020



Muhammad Arya Guma Nairo

HALAMAN PERSEMBAHAN



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

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T.,M.M. M.Eng.Sc, Ph.D, selaku Ketua Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Sukamta M.T., IPM., selaku dosen pembimbing tugas akhir atas bimbingan, bantuan dan saran-saran yang telah diberikan kepada penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Sudarja M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir atas bimbingan, bantuan dan saran-saran yang telah diberikan kepada penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Wahyudi, S.T., M.T. selaku dosen penguji.
5. Keluarga tercinta, bapak Aidil dan ibu Karyaniati yang selalu berdoa dan memberikan dukungan untuk kesuksesan penulis. Penulis tidak bisa membalas seluruh kebaikan kedua orangtua, akan tetapi penulis hanya bisa mendoakan semoga segala jerih payah dan dukungan dari kedua orangtua dibalas oleh Allah SWT dan semoga penulis bisa membahagiakan kedua orangtua di dunia dan di akhirat.
6. Kepada teman-teman satu kontrakan saya yaitu : Dipta, Singgih, Wildan, dan Nadjip terimakasih karena telah menemani perjuangan selama perkuliahan ini dan terimakasih untuk kehangatan yang kalian berikan.
7. Mas Arif Widiatama S.T., M.Eng. selaku mentor yang telah membantu dalam proses pengolahan data.
8. Teman teman kelas seluruh angkatan teknik mesin 2015 yang telah membantu berjuang selama kuliah di UMY.

9. Kelompok tugas akhir Aliran Dua Fase, karna kalian penulis bisa melaksanakan pengambilan data dan pengolahan data.
10. Kepada teman berbagi Amirah Haerani yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam proses pengerjaan skripsi ini dari awal sampai akhir
Penyusun menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan sebagai bahan masukan untuk perbaikan. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan dengan baik dalam bidang ilmu pengetahuan, teknik dan para pembaca.

MOTTO

Ibda' binafsik tsumma man ta'ulu

The sun is gone, but I have a light

(Kurt Cobain)

We hear and we obey

(Surah An Nur, Verse 51)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan kekuatan dan kemampuan serta atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Investigasi Fraksi Hampa Aliran Dua Fase Udara-Akuades dan Gliserin (40-70)% pada Pipa Kapiler dengan Kemiringan 5^0 Terhadap Posisi Horizontal” yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program strata-1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah.

Tugas akhir ini membahas tentang fraksi hampa aliran dua fase udara-akuades dan gliserin (40-70)% pada pipa kapiler dengan kemiringan 5^0 terhadap posisi horizontal dengan hasil pola aliran yang didapatkan fraksi hampa adalah pola aliran *plug*, *bubbly*, *slug-annular*, *annular*, dan *churn*. Selain itu juga dibahas tentang kecepatan pola *bubbly* dan *plug*, frekuensi pola *bubbly* dan *plug*, dan panjang pola *bubbly* dan *plug*, kemudian menjadi dasar dalam perhitungan penurunan tekanan (*preassure gradient*). Penelitian mengenai fraksi hampa (*void friction*) yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik nilai fraksi hampa pada pola aliran *plug*, *bubbly*, *slug-annular*, *annular*, dan *churn* pada aliran dua fase dengan kemiringan 5^0 pada pipa kapiler horizontal sehingga memudahkan dalam melakukan analisa lebih lanjut.

Yogyakarta Desember 2019

Penyusun

Muhammad Arya Guma Nairo

DAFTAR ISI

INVESTIGASI FRAKSI HAMPA DUA FASE UDARA AKUADES DAN GLISERIN (40-70) % PADA PIPA KAPILER DENGAN KEMIRINGAN 5⁰ TERHADAP POSISI HORIZONTAL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR NOTASI.....	xviii
INTISARI	xix
ABSTRACT	xx
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II	4
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	12
2.2.1 Fasa.....	12
2.2.2 Metode Fraksi Hampa	12
2.2.3 Hampa Fraksi Homogen	14
2.2.4 Rasio Kecepatan	14
2.2.5 <i>Digital Image Processing</i>	15

2.2.6	Image	16
2.2.7	Noise	17
2.2.8	Filtering	18
2.2.9	Metode Analisis Statistik	19
BAB III		20
METODE PENELITIAN		20
3.1	Tempat Penelitian	20
3.2	Bahan Penelitian	20
3.3	Alat Penelitian	21
3.3.1	Aliran Fluida Cair	22
3.3.2	Aliran Fluida Gas	25
3.3.3	Peralatan Uji	26
3.3.4	Peralatan Pengambilan Gambar	28
3.4	Kalibrasi Alat Ukur	29
3.5	Diagram Alir Penelitian	30
3.6	Jalan penelitian	31
3.7	Prosedur pengambilan data	31
3.8	Pengolahan Data dan Analisa Hasil	32
3.8.1	Data Visual untuk Fraksi Hampa	32
BAB IV		35
PEMBAHASAN		35
4.1	Fraksi Hampa (<i>Void Fraction</i>)	35
4.1.1	Fraksi Hampa untuk Pola Aliran <i>Plug</i>	35
4.1.2	Fraksi Hampa untuk Pola <i>Bubbly</i>	41
4.1.3	Fraksi Hampa untuk Pola <i>Slug-Annular</i>	47
4.1.4	Fraksi Hampa untuk Pola <i>Annular</i>	53
4.1.5	Fraksi Hampa untuk Pola <i>Churn</i>	59
4.2	Kecepatan dan <i>Cross-Correlation</i> Aliran <i>Bubbly</i> dan <i>Plug</i>	65
4.2.1	<i>Cross-Correlation</i> Aliran <i>bubbly</i> dan <i>Plug</i>	65
4.2.2	Kecepatan aliran <i>Bubbly</i> dan <i>Plug</i>	67
4.3	Panjang <i>Bubbly</i> dan <i>Plug</i>	67
4.4	Frekuensi <i>Bubbly</i> dan <i>Plug</i>	68

4.5	Perbandingan karakteristik aliran terhadap kenaikan viskositas ..	69
BAB V	70
KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1	Kesimpulan	70
5.2	Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Sifat fisik fluida cair	20
Tabel 3.2 Spesifikasi Kamera.....	28
Tabel 3.3 Konversi gambar RGB ke biner	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hubungan antara fraksi hampa dengan pola aliran pada pipa diameter 2 mm (a) Aliran Plug, (b) Aliran Churn, (c) Aliran Slug-Annular, (d) Aliran Annular.	5
Gambar 2. 2 Perbandingan antara nilai terukur (total) dengan nilai perhitungan dengan asumsi aliran homogen (akselerasi) (Triplett dkk.,1999)	6
Gambar 2. 3. Hubungan antara pengukuran dengan fraksi hampa (Kawahara dkk, (2002))	6
Gambar 2. 4 Perbandingan pressure drop pipa (a) diameter 4 mm, (b) diameter 6 mm, dan (c) diameter 8 mm	7
Gambar 2. 5. (a) Pengaruh J_G dan J_L terhadap fraksi hampa, (b) pengaruh β terhadap ε , ($\varepsilon = \alpha$) Sudarja dkk, 2015)	8
Gambar 2. 6 (a) pertumbuhan aliran bubble $d=1$ mm, (b) pertumbuhan aliran bubble $d=4$ mm	9
Gambar 2. 7. Perbandingan fraksi hampa dengan studi literatur sebelumnya	10
Gambar 2. 8. Perbandingan fraksi hampa gas dengan dan tidak menggunakan tegangan permukaan.....	10
Gambar 2. 9. Jenis aliran (a) Bubbly, (b) Slug, (c) Churn, (d) Annular, (e) bubbly (small)	11
Gambar 2. 10 Fraksi hampa cross-section (Thome, 2004).....	13
Gambar 2. 11 fraksi hampa chordal (Thome, 2004).....	13
Gambar 2. 12 Fraksi hampa volumetrik (Thome, 2004)	14
Gambar 2. 13. Langkah-langkah dalam image processing (Mayor dkk, 2008) ..	16
Gambar 2. 14. contoh gambar RGB dengan aliran plug	16
Gambar 2. 15. Contoh gambar Greyscale dengan aliran plug.....	17
Gambar 2. 16. Contoh gambar biner dengan aliran plug	17
Gambar 3. 1 Skema instalasi penelitian	22
Gambar 3. 2 Water Pump	23
Gambar 3. 3 Wadah Fluida Cair.....	23
Gambar 3. 4 Tangki bertekanan	24
Gambar 3. 5. flowmeter cairan (a) kapasitas 0-500 ml/menit, (b) kapasitas 100-50 ml/menit, dan (c) kapasitas 0.1-1 GPM	24
Gambar 3. 6 Kompresor	25
Gambar 3. 7 flowmeter udara (a) range 100ml/menit, (b) range 1000 ml/menit, dan 10000 ml/menit	26
Gambar 3. 8 Mixer	26
Gambar 3. 9 Flens.....	27
Gambar 3. 10 Optical correction box	27
Gambar 3. 11 Lampu penerangan.....	28
Gambar 3. 12 Kamera kecepatan tinggi	29

Gambar 3. 13 Diagram alir penelitian	30
Gambar 4. 1. Pola aliran plug (a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s.....	35
Gambar 4. 2 Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s.....	36
Gambar 4. 3 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, $J_L = 0,539$ m/s	36
Gambar 4. 4. Pola aliran plug (a) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan (b) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	37
Gambar 4. 5 Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan (b) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	37
Gambar 4. 6 PDF aliran plug pada (a) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan (b) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	38
Gambar 4. 7. Pola aliran plug (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan (b) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	38
Gambar 4. 8. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan (b) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	39
Gambar 4. 9 Grafik PDF terhadap fraksi hampa aliran plug pada (a) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan (b) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	39
Gambar 4. 10. Pola aliran plug (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s dan (b) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s.....	40
Gambar 4. 11. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s dan (b) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s.....	40
Gambar 4. 12. Grafik PDF terhadap fraksi hampa aliran plug pada (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s dan (b) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s.....	41
Gambar 4. 13. Pola aliran bubbly (a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s.....	41
Gambar 4. 14. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s.....	42
Gambar 4. 15. PDF aliran bubbly pada (a) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s dan (b) $J_G = 0,207$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	42
Gambar 4. 16. Pola aliran bubbly (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s dan (b) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s.....	43
Gambar 4. 17. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s dan (b) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s.....	43
Gambar 4. 18. PDF aliran bubbly pada (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s dan (b) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s	44
Gambar 4. 19. Pola aliran bubbly (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s dan (b) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s.....	44
Gambar 4. 20. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s dan (b) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s.....	45
Gambar 4. 21. PDF aliran bubbly pada (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s dan (b) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s	45

Gambar 4. 22. Pola aliran bubbly (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,879$ m/s dan (b) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s.....	46
Gambar 4. 23. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 1,879$ m/s dan (b) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s.....	46
Gambar 4. 24. PDF aliran bubbly pada (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 1,879$ m/s dan (b) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 2,297$ m/s	47
Gambar 4. 25. Pola aliran slug-annular (a) $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan (b) $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	48
Gambar 4. 26. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan (b) $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	48
Gambar 4. 27. PDF aliran aliran slug-annular pada (a) $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan (b) $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	49
Gambar 4. 28. Pola aliran slug-annular (a) $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s dan (b) $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	49
Gambar 4. 29. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s dan (b) $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	50
Gambar 4. 30. PDF aliran slug annular pada (a) $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s dan (b) $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s	50
Gambar 4. 31. Pola aliran slug-annular (a) $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s dan (b) $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	51
Gambar 4. 32. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s dan (b) $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	51
Gambar 4. 33. PDF aliran aliran slug-annular pada (a) $J_G = 7$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s dan (b) $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	52
Gambar 4. 34. Pola aliran slug-annular (a) $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s dan (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s	52
Gambar 4. 35. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s dan (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	53
Gambar 4. 36. PDF aliran aliran slug-annular pada (a) $J_G = 4,238$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s dan (b) $J_G = 9,62$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s.....	53
Gambar 4. 37. Pola aliran annular (a) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s dan (b) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	54
Gambar 4. 38. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s dan (b) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	54
Gambar 4. 39. PDF aliran annular pada (a) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,091$ m/s dan (b) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s	55
Gambar 4. 40. Pola aliran bubbly (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	55
Gambar 4. 41. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s.....	56
Gambar 4. 42. PDF aliran annular pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s	56

Gambar 4. 43. Pola aliran annular (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	57
Gambar 4. 44. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	57
Gambar 4. 45. PDF aliran annular pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,149$ m/s dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,232$ m/s	57
Gambar 4. 46. Pola aliran annular (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan (b) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	58
Gambar 4. 47. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan (b) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	58
Gambar 4. 48. PDF aliran annular pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan (b) $J_G = 58,05$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s	59
Gambar 4. 49. Pola aliran churn (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s dan (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s.....	59
Gambar 4. 50. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s dan (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s.....	60
Gambar 4. 51. PDF aliran churn pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s dan (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s	60
Gambar 4. 52. Pola aliran churn (a) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s.....	61
Gambar 4. 53. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s.....	61
Gambar 4. 54. PDF aliran churn pada (a) $J_G = 50$ 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. 55. Pola aliran churn (a) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s.....	62
Gambar 4. 56. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s.....	63
Gambar 4. 57. PDF aliran churn pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s dan (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s	63
Gambar 4. 58. Pola aliran churn (a) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s.....	64
Gambar 4. 59. Time average fraksi hampa pada (a) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s dan (b) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s.....	64
Gambar 4. 60. PDF aliran churn pada (a) $J_G = 50$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s dan (b) $J_G = 66,3$ m/s, $J_L = 4,935$ m/s	65
Gambar 4. 61. Grafik cross-correlation aliran bubbly pada (a) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,7$ m/s dan (b) $J_G = 0,025$ m/s, $J_L = 0,539$ m/s.....	66
Gambar 4. 62 Grafik cross-correlation aliran plug pada (a) $J_G = 0,116$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s dan (b) $J_G = 0,066$ m/s, $J_L = 0,033$ m/s.....	66
Gambar 4. 63 Grafik kecepatan aliran bubbly dan plug.....	67
Gambar 4. 64 Grafik Panjang Bubbly dan Plug	68
Gambar 4. 65 Grafik Frekuensi pola aliran bubbly dan plug	68

Gambar 4. 66 Pengaruh viskositas terhadap karakteristik pola aliran plug (a) $J_G = 0,116$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s glisern 50%, (b) $J_G = 0,116$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s glisern 60%, (c) $J_G = 0,066$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s gliserin 50% (d) $J_G = 0,066$ m/s dan $J_L = 0,033$ m/s gliserin 60% 69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tabel pengambilan data dengan J_G dan J_L berjumlah 144 variasi	81
Lampiran 2	Matriks perhitungan kecepatan <i>bubbly</i> dan <i>plug</i>	82
Lampiran 3	Matriks perhitungan panjang <i>bubbly</i> dan <i>plug</i>	82
Lampiran 4	Matriks perhitungan frekuensi <i>bubbly</i> dan <i>plug</i>	83

DAFTAR NOTASI

A = Luas penampang (m^2)	α = Fraksi hampa penelitian
A_G = Luasan gas (m^2)	β = Fraksi Hampa homogen
A_L = Luasan cairan (m^2)	ε = Fraksi hampa
C_s = Kecepatan konstanta	ρ = Massa jenis (kg/m^3)
D = Diameter pipa (μm)	ρ_G = Densitas udara (kg/m^3)
D_H = Diameter pipa (mm)	ρ_L = Densitas air (kg/m^3)
J_G = Kecepatan superfisial udara (m/s)	μ = Viskositas dinamik ($kg/m.s$)
J_L = Kecepatan superfisial air (m/s)	Δt = Jeda waktu (s)
L_G = Panjang garis dilewati udara (m)	S = Rasio kecepatan
L_L = Panjang garis dilewati air (m)	t = waktu (s)
L_s = Jarak aksial (m)	U_G = Kecepatan udara (m/s)
x = Kualitas gas	U_L = Kecepatan air (m/s)
	U_s = Kecepatan <i>bubbly</i> (m/s)
	ν = Viskositas kinematik (m^2/s)