UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**KARAKTERISASI ALIRAN DUA FASE UDARA-AIR MELEWATI PEMBESARAN MENDADAK VERTIKAL DAN HORISONTAL**
Ferry Aditya Nur Hidayat, Prof. Ir. Indarto. DEA
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


# DAFTAR ISI

**HALAMAN JUDUL** ..... i
**HALAMAN PENGESAHAN** ..... ii
**HALAMAN PERNYATAAN** ..... iii
**NASKAH SOAL TUGAS AKHIR** ..... iv
**HALAMAN PENGESAHAN HASIL UJIAN PENDADARAN**..... v
**HALAMAN PERSEMBAHAN**..... vi
**KATA PENGANTAR** ..... viii
**DAFTAR ISI** ..... x
**DAFTAR TABEL** ..... xi
**DAFTAR GAMBAR** ..... xvii
**DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN**..... xix
**INTISARI** ..... xx

**BAB I** **PENDAHULUAN**..... 1
1.1 Latar Belakang..... 1
1.2 Rumusan Masalah..... 2
1.3 Batasan Masalah ..... 2
1.4 Tujuan Penelitian..... 2
1.5 Manfaat Penelitian..... 3
**BAB II** **TINJAUAN PUSTAKA**..... 4
**BAB III** **LANDASAN TEORI**..... 14
3.1 Pola Aliran..... 14
3.1.1 Pola aliran vertikal searah ke atas..... 15
3.1.2 Pola aliran searah horisontal..... 16
3.2 Peta Pola Aliran..... 18
3.2.1 Peta pola aliran vertikal searah keatas..... 18
3.2.2 Peta pola aliran searah horisontal..... 19

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**KARAKTERISASI ALIRAN DUA FASE UDARA-AIR MELEWATI PEMBESARAN MENDADAK VERTIKAL DAN HORISONTAL**
Ferry Aditya Nur Hidayat, Prof. Ir. Indarto. DEA
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


3.2 Parameter Dalam Aliran Dua Fase…… 22
3.4 Parameter Dalam Aliran *Slug*…….…….. 23
3.5 Pengamatan visual……. 25
2.5.1 Pengamatan visual tanpa alat bantu..... 25
2.5.2 Pengamatan visual dengan menggunakan kamera..... 25
2.5.3 Pengamatan visual dengan menggunakan kamera video 26
**BAB IV METODOLOGI PENELITIAN** 27
4.1 Tempat Pelaksanaan Penelitian ..... 27
4.2 Bahan Yang Digunakan..... 27
4.3 Peralatan……..... 27
4.3.1 Aliran air……... 27
4.3.2 Aliran udara…….. 29
4.3.3 Seksi uji…… 30
4.3.4 Peralatan pengambil gambar dan video…… 32
4.4 Perakitan Alat..... 32
4.5 Validasi Alat Ukur..... 33
4.5.1 *Flowmeter* air……..... 33
4.5.1 *Flowmeter* udara……... 34
4.6 Prosedur Pengambilan dan Pengolahan..... 35
4.7 Instalasi Pengujian…… 41
4.8 Diagram Alir Penelitian……..... 42
**BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN** 43
5.1 Karakterisasi Aliran Vertikal…..... 43
5.1.1 Pola aliran vertikal searah keatas……..... 43
5.1.2 Kantung udara…….. 45
5.1.3 *Liquid slug*……...…… 53
5.1.4 Kecepatan kantung udara...……...……... 58
5.1.5 Pengaruh penempatan *ring*……..... 63
5.2 Karakterisasi Aliran Horisontal…..……. 74
5.2.1 Pola aliran searah horisontal…...……..... 74
5.2.2 Kantung udara…….. 76

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**KARAKTERISASI ALIRAN DUA FASE UDARA-AIR MELEWATI PEMBESARAN MENDADAK VERTIKAL DAN HORISONTAL**
Ferry Aditya Nur Hidayat, Prof. Ir. Indarto. DEA
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

5.2.3 *Liquid slug*……..…… 83
5.2.4 Kecepatan kantung udara...……...……... 88
5.2.5 Fraksi hampa…..……...…… 93
5.2.5 Pengaruh penempatan *ring*…..……...…….. 94
5.3 Perbandingan Aliran Vertikal dan Horisontal 103
**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**……. 105
6.1. Kesimpulan...…….....…. 105
6.2. Saran..... 106
**DAFTAR PUSTAKA**..... 107

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**KARAKTERISASI ALIRAN DUA FASE UDARA-AIR MELEWATI PEMBESARAN MENDADAK VERTIKAL DAN HORISONTAL**
Ferry Aditya Nur Hidayat, Prof. Ir. Indarto. DEA
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**



# DAFTAR GAMBAR


| | | |
|---|---|---|
| Gambar 2.1 | Pengukuran kecepatan kantung udara dibandingkan dengan persamaan Nicklin…… | 4 |
| Gambar 2.2 | Visualisasi pada debit udara konstan 0,06 $dm^3/s$ a.0,04 $dm^3/s$ ; b.0,08 $dm^3/s$ ; c.0,12 $dm^3/s$ ; d.0,16 $dm^3/s$ ; e.0,20 $dm^3/s$ ; f.0,24 $dm^3/s$ ; g.0,28 $dm^3/s$..... | 5 |
| Gambar 2.3 | Visualisasi pada debit air konstan 0,04 $dm^3/s$ a.0,06 $dm^3/s$ ; b.0,11 $dm^3/s$ ; c.0,17 $dm^3/s$ ; d.0,22 $dm^3/s$ ; e.0,28 $dm^3/s$ ;f.0,33 $dm^3/s$ ; g.0,39 $dm^3/s$..... | 6 |
| Gambar 2.4 | Grafik kecepatan *slug* terhadap kecepatan superfisial air..... | 7 |
| Gambar 2.5 | Grafik kecepatan *slug* terhadap kecepatan superfisial udara..... | 8 |
| Gambar 2.6 | Grafik panjang *slug* terhadap kecepatan superfisial udara..... | 8 |
| Gambar 2.7 | Grafik panjang *slug* terhadap kecepatan superfisial air..... | 9 |
| Gambar 2.8 | Grafik panjang *liquid slug* terhadap kecepatan superfisial air..... | 9 |
| Gambar 2.9 | Metode kontrol aliran..... | 11 |
| Gambar 2.10 | Skema aliran pada pembesaran dengan metode kontrol aliran..... | 12 |
| Gambar 2.11 | Visualisasi pola aliran setelah pembesaran..... | 12 |
| Gambar 2.12 | Metode image *processing*……..... | 13 |
| Gambar 3.1 | Pola aliran pada pipa vertical searah keatas..... | 15 |
| Gambar 3.2 | Pola aliran dua fasa udara-air searah horisontal..... | 18 |
| Gambar 3.3 | Peta pola aliran vertikal searah keatas Hewitt & Roberts..... | 19 |
| Gambar 3.4 | Peta pola aliran horisontal Baker …… | 20 |
| Gambar 3.5 | Peta pola aliran Mandhane..... | 21 |
| Gambar 3.6 | Gambar skematis dari sistem *slug* dengan kantung udara, *liquid slug*, dan total *slug* unit..... | 24 |
| Gambar 4.1 | (a) Pompa air ; (b) Bak penampung..... | 28 |
| Gambar 4.2 | (a) *Flowmeter* air ; (b) Katup..... | 29 |
| Gambar 4.3 | (a) Kompresor udara; (b) *Flowmeter* udara..... | 30 |
| Gambar 4.4 | (a) *Regulator* udara; (b) *Mixer* air dan udara..... | 30 |

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**KARAKTERISASI ALIRAN DUA FASE UDARA-AIR MELEWATI PEMBESARAN MENDADAK VERTIKAL DAN HORISONTAL**
Ferry Aditya Nur Hidayat, Prof. Ir. Indarto. DEA
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**



| | | |
|---|---|---|
| Gambar 4.5 | Pipa *plexiglass* dengan diameter 32 mm dan 64 mm..... | 31 |
| Gambar 4.6 | *Ring* diameter 36 mm dan 51,2 mm..... | 31 |
| Gambar 4.7 | Ilustrasi pemasangan *ring* pertama dan *ring* kedua..... | 31 |
| Gambar 4.8 | Grafik kalibrasi flowmeter air..... | 33 |
| Gambar 4.9 | Grafik kalibrasi flowmeter udara..... | 34 |
| Gambar 4.10 | Penggunaan program *Virtualdub* untuk memotong video kedalam setiap *frame*..... | 38 |
| Gambar 4.11 | Pengolahan data untuk menghitung kecepatan kantung udara..... | 38 |
| Gambar 4.12 | Pengolahan data untuk menghitung panjang kantung udara..... | 39 |
| Gambar 4.13 | Pengolahan data untuk menghitung kecepatan *liquid slug*..... | 39 |
| Gambar 4.14 | Pengolahan data untuk menghitung panjang *liquid slug*..... | 40 |
| Gambar 4.15 | Instalasi Pengujian..... | 41 |
| Gambar 4.16 | Diagram alir penelitian..... | 42 |
| Gambar 5.1 | Pola aliran *plug* dalam penelitian a. *Plug* pendek ; b. *Plug* panjang ; c. *liquid slug*…….. | 43 |
| Gambar 5.2 | Pemetaan data penelitian pada peta pola aliran Hewitt & Roberts..... | 44 |
| Gambar 5.3 | Pola aliran searah keatas pada debit udara konstan 3,9 LPM; Debit air A. 2,28; B. 4,68; C. 6,96; D. 9,24; E. 11,88; F. 14,64; G. 17,04 (dalam LPM)…… | 46 |
| Gambar 5.4 | Pola aliran searah keatas pada debit udara konstan 7,8 LPM Debit air A. 2,28; B. 4,68; C. 6,96; D. 9,24;E. 11,88; F. 14,64; G. 17,04 (dalam LPM)…… | 47 |
| Gambar 5.5 | Pola aliran searah keatas pada debit udara konstan 11,7 LPM Debit air A. 2,28; B. 4,68; C. 6,96; D. 9,24;E. 11,88; F. 14,64; G. 17,04 (dalam LPM)……... | 47 |
| Gambar 5.6 | Perubahan ukuran kantung udara setelah melewati pembesaran pada berbagai variasi debit……..….. ..... | 48 |
| Gambar 5.7 | Grafik panjang kantung udara sebelum melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit air..... | 49 |
| Gambar 5.8 | Grafik panjang kantung udara sebelum melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit udara..... | 49 |

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**KARAKTERISASI ALIRAN DUA FASE UDARA-AIR MELEWATI PEMBESARAN MENDADAK VERTIKAL DAN HORISONTAL**
Ferry Aditya Nur Hidayat, Prof. Ir. Indarto. DEA
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


Gambar 5.9 Grafik panjang kantung udara setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit air..... 50
Gambar 5.10 Grafik panjang kantung udara setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit udara..... 50
Gambar 5.11 Grafik panjang kantung udara sebelum dan setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi fraksi hampa Smith…….. 52
Gambar 5.12 Grafik panjang kantung udara sebelum dan setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi fraksi hampa Chisholm…… 52
Gambar 5.13 Grafik perubahan diameter kantung udara sebelum pembesaran mendadak sebagai fungsi debit air…… 53
Gambar 5.14 Grafik panjang *liquid slug* sebelum melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit air..... 54
Gambar 5.15 Grafik panjang *liquid slug* sebelum melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit udara..... 55
Gambar 5.16 Grafik panjang *liquid slug* setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit air..... 56
Gambar 5.17 Grafik panjang *liquid slug* setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit udara..... 56
Gambar 5.18 Grafik panjang *liquid slug* sebelum dan setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi fraksi hampa Smith…….. 57
Gambar 5.19 Grafik panjang *liquid slug* sebelum dan setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi fraksi hampa Chisholm…… 58
Gambar 5.20 Grafik kecepatan kantung udara sebelum melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi kecepatan superfisial air…….. 59
Gambar 5.21 Grafik kecepatan kantung udara sebelum melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi kecepatan superfisial udara.....…….. 59
Gambar 5.22 Grafik kecepatan kantung udara setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi kecepatan superfisial air…….... 60
Gambar 5.23 Grafik kecepatan kantung udara setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi kecepatan superfisial udara…… 60
Gambar 5.24 Grafik kecepatan kantung udara sebelum dan setelah melewati

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**KARAKTERISASI ALIRAN DUA FASE UDARA-AIR MELEWATI PEMBESARAN MENDADAK VERTIKAL DAN HORISONTAL**
Ferry Aditya Nur Hidayat, Prof. Ir. Indarto. DEA
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


pembesaran mendadak sebagai fungsi debit total…… 61
Gambar 5.25 Grafik pengukuran kecepatan kantung udara sebelum melewati pembesaran mendadak dibandingkan persamaan Nicklin…… 62
Gambar 5.26 Grafik pengukuran kecepatan kantung udara setelah melewati pembesaran mendadak dibandingkan persamaan Nicklin…….. 63
Gambar 5.27 Visualisasi pada pembesaran mendadak tanpa *ring*, Ql = 2,28 LPM; a. Qg = 3,9 LPM, b. Qg = 11,7 LPM c. Qg = 19,2 LPM d. Qg = 27 LPM..... 64
Gambar 5.28 Visualisasi pada pembesaran mendadak tanpa *ring*, Qg = 11,7 LPM; a. Ql = 2,28 LPM, b. Ql = 6,96 LPM c. Qg = 11,88 LPM d. Qg = 17,04 LPM..... 64
Gambar 5.29 Visualisasi pada pembesaran mendadak *ring* beda, Ql = 2,28 LPM; a. Qg = 3,9 LPM, b. Qg = 11,7 LPM c. Qg = 19,2 LPM d. Qg = 27 LPM..... 65
Gambar 5.30 Visualisasi pada pembesaran mendadak *ring* beda, Qg = 11,7 LPM; a. Ql = 2,28 LPM, b. Ql = 6,96 LPM c. Qg = 11,88 LPM d. Qg = 17,04 LPM..... 66
Gambar 5.31 Visualisasi pada pembesaran *ring* sama, Ql = 2,28 LPM; a. Qg = 3,9 LPM; b. Qg = 11,7 LPM; c. Qg = 19,2 LPM; d. Qg = 27 LPM..... 67
Gambar 5.32 Visualisasi pada pembesaran *ring* sama, Qg = 11,7 LPM; a. Ql = 2,28 LPM, b. Ql = 6,96 LPM c. Qg = 11,88 LPM d. Qg = 17,04 LPM..... 67
Gambar 5.33 Visualisasi pola aliran pada pembesaran mendadak, Ql 2,28 LPM; $Q_g$ = 11,7 LPM ; a. Tanpa *ring* ; b. *Ring* beda ; c. *Ring* sama…….. 68
Gambar 5.34 Sketsa ilustrasi pada pembesaran mendadak, Ql 2,28 LPM; $Q_g$ = 11,7 LPM ; a. Tanpa *ring* ; b. *Ring* beda ; c. *Ring* sama……..... 69
Gambar 5.35 Visualisasi pola aliran pada pembesaran mendadak Ql = 11,88 LPM; Qg = 11,7 LPM ; a. Tanpa *ring* ; b. *Ring* beda ; c. *Ring* sama……. 70
Gambar 5.36 Sketsa ilustrasi pada pembesaran mendadak Ql = 11,88 LPM; Qg = 11,7 LPM ; a. Tanpa *ring* ; b. *Ring* beda ; c. *Ring* sama……..... 70
Gambar 5.37 Visualisasi pola aliran pada pembesaran mendadak Ql = 17,04 LPM;

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**KARAKTERISASI ALIRAN DUA FASE UDARA-AIR MELEWATI PEMBESARAN MENDADAK VERTIKAL DAN HORISONTAL**
Ferry Aditya Nur Hidayat, Prof. Ir. Indarto. DEA
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


| | | |
|---|---|---|
| | $Q_g$ = 11,7 LPM ; a. Tanpa *ring* ; b. *Ring* beda ; c. *Ring* sama…….. | 71 |
| Gambar 5.38 | Sketsa ilustrasi aliran pada pembesaran mendadak Ql = 17,04 LPM; $Q_g$ = 11,7 LPM ; a. Tanpa *ring* ; b. *Ring* beda ; c. *Ring* sama…….. | 72 |
| Gambar 5.39 | Fluktuasi tekanan pada pembesaran mendadak tanpa *ring*……..... | 73 |
| Gambar 5.40 | Fluktuasi tekanan pada pembesaran mendadak *ring* beda ……..... | 73 |
| Gambar 5.41 | Fluktuasi tekanan pada pembesaran mendadak *ring* sama …….. | 74 |
| Gambar 5.42 | Pemetaan data penelitian kedalam peta pola aliran Baker…… | 75 |
| Gambar 5.43 | Pemetaan data penelitian kedalam peta pola aliran Mandhane…… | 76 |
| Gambar 5.44 | Visualisasi pola aliran pada debit udara,Qg = 3,9 LPM Debit air, Ql : a. 2,28; b. 4,68; c. 6,96; d. 9,24; e. 11,88; f. 14,64; g. 17,04 (dalam LPM)……. | 77 |
| Gambar 5.45 | Visualisasi pola aliran pada debit air, Ql = 17,04 LPM Debit udara, Qg : a. 3,9; b. 7,8; c. 11,7; d. 15,3; e. 19,2; f. 23,1; g. 27 (dalam LPM)……. | 77 |
| Gambar 5.46 | Grafik panjang kantung udara sebelum melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit air..... | 78 |
| Gambar 5.47 | Grafik panjang kantung udara sebelum melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit udara..... | 78 |
| Gambar 5.48 | Grafik panjang kantung udara setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit air..... | 79 |
| Gambar 5.49 | Grafik panjang kantung udara setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit udara..... | 80 |
| Gambar 5.50 | Grafik panjang kantung udara sebelum dan setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi fraksi hampa Smith……..... | 81 |
| Gambar 5.51 | Grafik panjang kantung udara sebelum dan setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi fraksi hampa aktual……..... | 82 |
| Gambar 5.52 | Grafik panjang *liquid slug* sebelum melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit air..... | 84 |
| Gambar 5.53 | Grafik panjang *liquid slug* sebelum melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit udara..... | 85 |
| Gambar 5.54 | Grafik panjang *liquid slug* setelah melewati pembesaran mendadak | |

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**KARAKTERISASI ALIRAN DUA FASE UDARA-AIR MELEWATI PEMBESARAN MENDADAK VERTIKAL DAN HORISONTAL**
Ferry Aditya Nur Hidayat, Prof. Ir. Indarto. DEA
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


sebagai fungsi debit air..... 85
Gambar 5.55 Grafik panjang *liquid slug* setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit udara..... 86
Gambar 5.56 Grafik panjang *liquid slug* sebelum dan setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi fraksi hampa Smith…….. 87
Gambar 5.57 Grafik panjang *liquid slug* sebelum dan setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi fraksi hampa Aktual…… 87
Gambar 5.58 Grafik kecepatan kantung udara sebelum melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi kecepatan superfisial air…….. 88
Gambar 5.59 Grafik kecepatan kantung udara sebelum melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi kecepatan superfisial udara……. 89
Gambar 5.60 Grafik kecepatan kantung udara setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi kecepatan superfisial air…….. 89
Gambar 5.61 Grafik kecepatan kantung udara setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi kecepatan superfisial udara……. 90
Gambar 5.62 Grafik kecepatan kantung udara sebelum dan setelah melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit total……. 90
Gambar 5.63 Grafik kecepatan kantung udara sebelum melewati pembesaran mendadak dibandingkan dengan persamaan Nicklin…… 91
Gambar 5.64 Grafik kecepatan kantung udara setelah melewati pembesaran mendadak dibandingkan dengan persamaan Nicklin…… 92
Gambar 5.65 Grafik fraksi hampa Smith dan fraksi hampa aktual sebagai fungsi kualitas uap……..... 93
Gambar 5.66 Grafik fraksi hampa Chisholm dan fraksi hampa aktual sebagai fungsi kualitas uap……..... 93
Gambar 5.67 Visualisasi pembesaran mendadak tanpa *ring*, Ql = 6,96 LPM Qg : a. 3,9 LPM; b. 11,7 LPM; c. 19,2 LPM; d. 27 LPM…… 94
Gambar 5.68 Visualisasi pembesaran mendadak tanpa *ring*, Qg = 11,7 LPM Ql : a. 2,28 LPM; b. 6,96 LPM; c. 11,88 LPM; d. 17,04 LPM……. 95
Gambar 5.69 Visualisasi pembesaran mendadak dengan *ring* beda, Ql = 6,96 LPM; Qg : a. 3,9 LPM; b. 11,7 LPM; c. 19,2 LPM; d. 27 LPM..... 96

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**KARAKTERISASI ALIRAN DUA FASE UDARA-AIR MELEWATI PEMBESARAN MENDADAK VERTIKAL DAN HORISONTAL**
Ferry Aditya Nur Hidayat, Prof. Ir. Indarto. DEA
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


Gambar 5.70 Visualisasi pembesaran mendadak dengan *ring* beda, Qg= 11,7 LPM; Ql : a. 2,28 LPM; b. 6,96 LPM; c. 11,88 LPM; d. 17,04 LPM..... 96
Gambar 5.71 Visualisasi pembesaran mendadak dengan *ring* sama, Ql= 6,96 LPM; Qg : a. 3,9 LPM; b. 11,7 LPM; c. 19,2 LPM; d. 27 LPM..... 97
Gambar 5.72 Visualisasi pembesaran mendadak dengan *ring* sama,Qg= 11,7 LPM; Ql : a. 2,28 LPM; b. 6,96 LPM; c. 11,88 LPM; d. 17,04 LPM..... 98
Gambar 5.73 Visualisasi pola aliran Ql = 6,96 LPM ; Qg = 11,7 LPM; a.Tanpa *ring* ; b. *Ring* beda ; c. *Ring* sama…… 99
Gambar 5.74 Visualisasi pola aliran Ql = 11,88 LPM ; $Q_g$ = 19,2 LPM; a. Tanpa *ring* ; b. *Ring* beda ; c. *Ring* sama……. 99
Gambar 5.75 Visualisasi pola aliran Ql = 6,96 LPM ; $Q_g$ = 27 LPM; a. Tanpa *ring* ; b. *Ring* beda ; c. *Ring* sama…… 100
Gambar 5.76 Fluktuasi tekanan pada pembesaran mendadak tanpa *ring*……..... 101
Gambar 5.77 Fluktuasi tekanan pada pembesaran mendadak dengan *ring* beda..... 102
Gambar 5.78 Fluktuasi tekanan pada pembesaran mendadak dengan *ring* sama..... 102
Gambar 5.79 Grafik kecepatan kantung udara sebelum melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit total……..... 103
Gambar 5.80 Grafik kecepatan kantung udara sebelum melewati pembesaran mendadak sebagai fungsi debit total……..... 104

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**KARAKTERISASI ALIRAN DUA FASE UDARA-AIR MELEWATI PEMBESARAN MENDADAK VERTIKAL DAN HORISONTAL**
Ferry Aditya Nur Hidayat, Prof. Ir. Indarto. DEA
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


# DAFTAR TABEL


| | | |
|---|---|---|
| Tabel 3.1 | Batasan-batasan untuk penggunaan peta pola aliran Mandhane..... | 21 |
| Tabel 4.1 | Hasil kalibrasi pada *flowmeter* air..... | 33 |
| Tabel 4.2 | Hasil kalibrasi i *flowmeter* udara..... | 34 |
| Tabel 4.3 | Variasi debit air dan debit udara dalam penelitian..... | 37 |

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**KARAKTERISASI ALIRAN DUA FASE UDARA-AIR MELEWATI PEMBESARAN MENDADAK VERTIKAL DAN HORISONTAL**
Ferry Aditya Nur Hidayat, Prof. Ir. Indarto. DEA
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**



# DAFTAR LAMPIRAN


| | | |
|---|---|---|
| Lampiran 1 | Parameter Peta Pola Aliran Hewitt dan Roberts..... | 110 |
| Lampiran 2 | Panjang Kantung Udara dan *Liquid Slug* Pada Aliran Vertikal..... | 112 |
| Lampiran 3 | Kecepatan Kantung Udara Pada Aliran Vertikal..... | 114 |
| Lampiran 4 | Parameter Peta Pola Aliran Mandhane dan Peta Pola Aliran Baker | 116 |
| Lampiran 5 | Panjang Kantung Udara dan *Liquid Slug* Pada Aliran Horisontal.... | 118 |
| Lampiran 6 | Kecepatan Kantung Udara Pada Aliran Horisontal..... | 119 |
| Lampiran 7 | Fraksi Hampa Pada Aliran Horisontal..... | 120 |

KARAKTERISASI ALIRAN DUA FASE UDARA-AIR MELEWATI PEMBESARAN MENDADAK VERTIKAL DAN HORISONTAL
Ferry Aditya Nur Hidayat, Prof. Ir. Indarto. DEA
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

# DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$A$ : Luas penampang pipa ($m^2$)

$\alpha$ : Fraksi hampa

$d$ : Diameter kantung udara

$D$ : Diameter pipa (m)

$g$ : Percepatan gravitasi ($m/s^2$)

$G$ : Fluks massa ($kg/m^2.s$)

$h$ : Tinggi kolom fluida (m)

$J$ : Kecepatan superfisial (m/s)

$L$ : Panjang pipa (m)

LB : Panjang kantung udara

LS : Panjang *liquid slug*

$\dot{m}$ : Laju aliran massa (kg/s)

$\mu$ : Viskositas absolut ($N.s/m^2$)

$pix$ : Jumlah *pixel* dalam arah sumbu x

$\rho$ : Massa jenis ($kg/m^3$)

$Q$ : Debit ($m^3/s$)

$S$ : Slip rasio

$t$ : Waktu (s)

$U$ : Kecepatan aktual (m/s)

$U_{tr}$ : Kecepatan translasi gelembung udara

$v_b$ : Kecepatan kantung udara (m/s)

$v_s$ : Kecepatan *liquid slug*

$v$ : Volume spesifik ($m^3/kg$)

$V$ : Volume zat ($m^3$)

$\upsilon$ : Viskositas kinematik ($m^2/s$)

$x$ : Kualitas massa/ kualitas uap

$\lambda$ : Faktor koreksi peta pola aliran Baker

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**KARAKTERISASI ALIRAN DUA FASE UDARA-AIR MELEWATI PEMBESARAN MENDADAK VERTIKAL DAN HORISONTAL**
Ferry Aditya Nur Hidayat, Prof. Ir. Indarto. DEA
**Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


$\psi$ : Faktor koreksi peta pola aliran Baker

$\sigma$ : Tegangan permukaan (N/m)

**Indeks :**

air : Indeks untuk fluida udara

g : Indeks untuk fase gas

h : Indeks untuk model homogen

l : Indeks untuk fase cair

t : Indeks untuk model terpisah

v : Indeks untuk model *volumetric*

wat : Indeks untuk fluida air