

## DAFTAR ISI

|                                                                                                                                   |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                                                                                                        | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>                                                                                                   | <b>ii</b>   |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>                                                                                                   | <b>iii</b>  |
| <b>NASKAH SOAL TUGAS AKHIR .....</b>                                                                                              | <b>iv</b>   |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>                                                                                                   | <b>v</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                                                                                       | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                                                                                           | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                                                                         | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                                                                                        | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....</b>                                                                                           | <b>xvii</b> |
| <b>INTISARI .....</b>                                                                                                             | <b>xix</b>  |
| <br><b>BAB I      PENDAHULUAN</b>                                                                                                 |             |
| 1.1. Latar Belakang.....                                                                                                          | 1           |
| 1.2. Rumusan Masalah.....                                                                                                         | 4           |
| 1.3. Asumsi dan Batasan Masalah .....                                                                                             | 4           |
| 1.4. Tujuan.....                                                                                                                  | 4           |
| 1.5. Keaslian Penelitian.....                                                                                                     | 5           |
| 1.6. Manfaat.....                                                                                                                 | 5           |
| <br><b>BAB II      TINJAUAN PUSTAKA</b>                                                                                           |             |
| 2.1. Karakteristik Transisi dan Pola Aliran Dua Fasa pada<br>Kondensasi di Dalam Tube dengan Variasi Kemiringan<br>Permukaan..... | 6           |
| 2.2. Pola Aliran Dua Fasa Cair-Gas pada Minichannel.....                                                                          | 12          |
| 2.3. Hipotesis Penelitian.....                                                                                                    | 14          |
| <br><b>BAB III      LANDASAN TEORI</b>                                                                                            |             |
| 3.1. Tekanan dan Manometer.....                                                                                                   | 16          |

|               |                                                               |    |
|---------------|---------------------------------------------------------------|----|
|               | 3.2. Persamaan Umum Keadaan Gas Ideal.....                    | 18 |
|               | 3.3. Konsep Dasar Fluida.....                                 | 20 |
|               | 3.4. Kekekalan Massa.....                                     | 21 |
|               | 3.5. Persamaan Bernoulli.....                                 | 22 |
|               | 3.6. Kerugian Tinggi-Tekan (Head Losses).....                 | 23 |
|               | 3.7. Alat Ukur Kecepatan Aliran.....                          | 25 |
|               | 3.8. <i>Pressure Drop</i> .....                               | 27 |
|               | 3.9. Kondensasi.....                                          | 27 |
|               | 3.10. Pola Aliran Dua Fasa Cair-Gas pada Pipa Horisontal..... | 30 |
|               | 3.11. Pola Aliran Dua Fasa pada Peristiwa Kondensasi.....     | 34 |
| <b>BAB IV</b> | <b>METODOLOGI PENELITIAN</b>                                  |    |
|               | 4.1. Bahan Percobaan.....                                     | 36 |
|               | 4.2. Alat Percobaan.....                                      | 37 |
|               | 4.3. Prosedur Penelitian .....                                | 44 |
|               | 4.3.1. Asumsi Peneltian.....                                  | 44 |
|               | 4.3.2. Jalannya Peneltian.....                                | 45 |
|               | 4.3.3. Kesulitan pada Penelitian.....                         | 64 |
|               | 4.3.4. Diagram Alir Penelitian.....                           | 66 |
| <b>BAB V</b>  | <b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>                        |    |
|               | 5.1. Hasil Penelitian.....                                    | 67 |
|               | 5.2. Pembahasan.....                                          | 92 |
| <b>BAB VI</b> | <b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>                                   |    |
|               | 6.1. Kesimpulan .....                                         | 95 |
|               | 6.2. Saran.....                                               | 95 |
|               | <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....                                   | 97 |

## DAFTAR TABEL

|            |                                                         |    |
|------------|---------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4.1. | Data validasi <i>sampling rate</i> .....                | 54 |
| Tabel 4.2. | Data perhitungan kalibrasi udara.....                   | 56 |
| Tabel 4.3. | Data kalibrasi gradien tegangan (Volt) tahap I.....     | 58 |
| Tabel 4.4. | Perhitungan rugi-rugi mayor $h_{L\text{-hitung}}$ ..... | 60 |
| Tabel 4.5. | Data kalibrasi gradien tegangan (Volt) tahap II.....    | 60 |

## DAFTAR GAMBAR

|              |                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1.  | Skema diagram penelitian di dalam pipa menggunakan R-11.....                                                                                                                                                                                                 | 7  |
| Gambar 2.2.  | Alat ukur laju aliran massa <i>refrigerant</i> .....                                                                                                                                                                                                         | 8  |
| Gambar 2.3.  | Skema gambar pola aliran kondensasi pada variasi $\phi$ .....                                                                                                                                                                                                | 9  |
| Gambar 2.4.  | Fotografi pola aliran kondensasi pada variasi $\phi$ .....                                                                                                                                                                                                   | 10 |
| Gambar 2.5.  | Fotografi pola aliran pada pipa uji berdiameter 1,1 mm dari<br>Triplett, dkk. (1999a).....                                                                                                                                                                   | 13 |
| Gambar 3.1.  | Tekanan pada fluida yang diam meningkat seiring bertambahnya<br>kedalaman.....                                                                                                                                                                               | 16 |
| Gambar 3.2.  | Tekanan pada gas dengan variasi tekanan berdasarkan ketinggian<br>diabaikan.....                                                                                                                                                                             | 16 |
| Gambar 3.3.  | Tekanan absolut, gage, dan vakum.....                                                                                                                                                                                                                        | 17 |
| Gambar 3.4.  | (a) Manometer (b) Diagram gaya pada tinggi kolom fluida $h$ .....                                                                                                                                                                                            | 18 |
| Gambar 3.5.  | Persentase <i>Error</i> (Koreksi) ( $[ v_{table} - v_{ideal} /v_{table}] \times 100$ ) ketika uap<br>air ( <i>steam</i> ) diasumsikan sama dengan gas ideal dan area dimana<br>uap air dapat dianggap gas ideal dengan persentase <i>error</i> $< 1\%$ ..... | 20 |
| Gambar 3.6.  | Diagram Moody .....                                                                                                                                                                                                                                          | 25 |
| Gambar 3.7.  | (a) venturi, (b) nosel aliran, (c) orifice.....                                                                                                                                                                                                              | 26 |
| Gambar 3.8.  | Contoh proporsionalitas dimensi pada <i>orifice</i> yang<br>direkomendasikan oleh ASME.....                                                                                                                                                                  | 26 |
| Gambar 3.9.  | Jenis kondensasi (a) <i>film</i> , (b) <i>dropwise condensation</i> pada<br>permukaan, (c) kondensasi homogen, atau pembentukan kabut<br>sebagai hasil kenaikan tekanan karena ekspansi, (d) <i>direct contact</i><br><i>condensation</i> .....              | 28 |
| Gambar 3.10. | Kondensasi pada permukaan yang bersih dan kering.....                                                                                                                                                                                                        | 29 |
| Gambar 3.11. | Kondensasi <i>film</i> dan butiran.....                                                                                                                                                                                                                      | 29 |
| Gambar 3.12. | Pola aliran pada pipa horizontal .....                                                                                                                                                                                                                       | 30 |
| Gambar 3.13. | Sistem sederhana tentang percobaan pola aliran pada pipa                                                                                                                                                                                                     |    |

|              |                                                                                                                                                                 |    |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|              | horizontal.....                                                                                                                                                 | 32 |
| Gambar 3.14. | Pola aliran cairan pada $Q_L$ rendah dan $Q_G = 0$ pada pipa horizontal.                                                                                        | 32 |
| Gambar 3.15. | Pola aliran utama cair-gas pada pipa horizontal dengan laju aliran cairan rendah.....                                                                           | 33 |
| Gambar 3.16. | Pola aliran utama cair-gas pada pipa horizontal dengan laju aliran cairan tinggi.....                                                                           | 34 |
| Gambar 3.17. | Pola aliran kondensasi pada <i>horizontal tube</i> .....                                                                                                        | 35 |
| Gambar 4.1.  | Skema alat uji.....                                                                                                                                             | 39 |
| Gambar 4.2.  | Alat uji, berturut-turut: a. Boiler, b. Pengukur tekanan statis, c. <i>Orifice</i> , d. Pipa annulus.....                                                       | 40 |
| Gambar 4.3.  | Alat ukur tekanan, berturut-turut: a. Manometer, b. Ujung selang teflon pengukur gradien tekanan, c. Membran sensor tekanan, d. <i>Data logger</i> tekanan..... | 40 |
| Gambar 4.4.  | Pipa transparan untuk visualisasi aliran .....                                                                                                                  | 40 |
| Gambar 4.5.  | Bak ( <i>reservoir</i> ) air pendingin .....                                                                                                                    | 41 |
| Gambar 4.6.  | Skema proses validasi gelombang.....                                                                                                                            | 41 |
| Gambar 4.7.  | Skema proses kalibrasi udara.....                                                                                                                               | 42 |
| Gambar 4.8.  | Skema proses kalibrasi gradien tegangan (Volt) tahap I.....                                                                                                     | 43 |
| Gambar 4.9.  | Skema proses kalibrasi gradien tegangan (Volt) tahap II.....                                                                                                    | 43 |
| Gambar 4.10. | Tekanan pada manometer.....                                                                                                                                     | 44 |
| Gambar 4.11. | Validasi gelombang pada 100 Hz dan 0 VPP.....                                                                                                                   | 52 |
| Gambar 4.12. | Validasi gelombang pada 5 KHz dan 0 VPP.....                                                                                                                    | 52 |
| Gambar 4.13. | Validasi gelombang pada 50 Hz dan 1 VPP.....                                                                                                                    | 52 |
| Gambar 4.14. | Validasi gelombang pada 500 Hz dan 1 VPP.....                                                                                                                   | 52 |
| Gambar 4.15. | Validasi gelombang pada 50 Hz dan 5 VPP.....                                                                                                                    | 53 |
| Gambar 4.16. | Validasi gelombang pada 500 Hz dan 5 VPP.....                                                                                                                   | 53 |
| Gambar 4.17. | Validasi gelombang pada 50 Hz dan 10 VPP.....                                                                                                                   | 53 |
| Gambar 4.18. | Validasi gelombang pada 500 Hz dan 10 VPP.....                                                                                                                  | 53 |
| Gambar 4.19. | Grafik hubungan debit udara <i>orifice</i> ( $Q_{orifice}$ ) dengan beda tekanan <i>orifice</i> ( $\Delta P_{orifice}$ ).....                                   | 57 |
| Gambar 4.20. | Grafik kalibrasi gradien tegangan (Volt) tahap I antara gradien                                                                                                 |    |

|              |                                                                                                                                |    |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|              | tegangan (Volt) dengan tinggi kolom air (m).....                                                                               | 58 |
| Gambar 4.21. | Grafik hubungan antara $h_{L-aktual}$ (m) dengan $h_{L-hitungan}$ (m).....                                                     | 61 |
| Gambar 4.22. | Contoh pengelolaan data menggunakan <i>Sigview</i> .....                                                                       | 62 |
| Gambar 4.23. | Contoh pemotongan video menggunakan <i>Ulead Video Studio 11</i><br>dengan pilihan <i>option Multi-trim Video</i> .....        | 63 |
| Gambar 4.24. | Contoh pengaturan <i>Video Option</i> pada <i>Total Video Converter</i> .....                                                  | 64 |
| Gambar 4.25. | Diagram alir penelitian.....                                                                                                   | 66 |
| Gambar 5.1.  | Grafik gradien tekanan dengan $Q_{uap} = 0.00211361$ m <sup>3</sup> /s detik ke<br>22-38.....                                  | 67 |
| Gambar 5.2.  | Fenomena gradien tekanan dengan $Q_{uap} = 0.00211361$ m <sup>3</sup> /s pada<br>detik ke-34 ( <i>Stratified</i> ) .....       | 68 |
| Gambar 5.3.  | Grafik gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.005456701$ m <sup>3</sup> /s detik ke 0-<br>18.....                                  | 69 |
| Gambar 5.4.  | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.005456701$ m <sup>3</sup> /s<br>pada detik ke-2,75 ( <i>Unstable Slug</i> ) .....  | 69 |
| Gambar 5.5.  | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.005456701$ m <sup>3</sup> /s<br>pada detik ke-4,1 ( <i>Unstable Slug</i> ) ) ..... | 69 |
| Gambar 5.6.  | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.005456701$ m <sup>3</sup> /s pada<br>detik ke-6 ( <i>Wavy</i> ) .....              | 70 |
| Gambar 5.7.  | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.005456701$ m <sup>3</sup> /s<br>pada detik ke-13,5 ( <i>Unstable Slug</i> ) .....  | 70 |
| Gambar 5.8.  | Grafik gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.005456701$ m <sup>3</sup> /s detik ke<br>46-64.....                                  | 70 |
| Gambar 5.9.  | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.005456701$ m <sup>3</sup> /s pada<br>detik ke-53,25 ( <i>Plug</i> ) .....          | 71 |
| Gambar 5.10. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.005456701$ m <sup>3</sup> /s pada<br>detik ke-58 ( <i>Plug</i> ) .....             | 71 |
| Gambar 5.11. | Grafik gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.005456701$ m <sup>3</sup> /s detik ke<br>96-112.....                                 | 71 |
| Gambar 5.12. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.005456701$ m <sup>3</sup> /s pada<br>detik ke-102 ( <i>Plug</i> ) .....            | 72 |

|              |                                                                                                                    |    |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 5.13. | Grafik gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006157746$ m <sup>3</sup> /s detik ke 86-100.....                        | 73 |
| Gambar 5.14. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006157746$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-90 ( <i>Slug</i> ) .....    | 73 |
| Gambar 5.15. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006157746$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-91,75 ( <i>Slug</i> ) ..... | 73 |
| Gambar 5.16. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006157746$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-93 ( <i>Slug</i> ) .....    | 74 |
| Gambar 5.17. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006157746$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-95,5 ( <i>Slug</i> ) .....  | 74 |
| Gambar 5.18. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006157746$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-97,5 ( <i>Slug</i> ) .....  | 75 |
| Gambar 5.19. | Grafik gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006157746$ m <sup>3</sup> /s detik ke 102-118.....                       | 75 |
| Gambar 5.20. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006157746$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-107,5 ( <i>Slug</i> ) ..... | 75 |
| Gambar 5.21. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006157746$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-109,5 ( <i>Slug</i> ) ..... | 76 |
| Gambar 5.22. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006157746$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-111,5 ( <i>Slug</i> ) ..... | 76 |
| Gambar 5.23. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006157746$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-113 ( <i>Slug</i> ) .....   | 76 |
| Gambar 5.24. | Grafik gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006157746$ m <sup>3</sup> /s detik ke 126-142.....                       | 77 |
| Gambar 5.25. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006157746$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-135 ( <i>Slug</i> ) .....   | 77 |
| Gambar 5.26. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006157746$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-141 ( <i>Slug</i> ) .....   | 77 |
| Gambar 5.27. | Grafik gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006495748$ m <sup>3</sup> /s detik ke 102-116.....                       | 78 |
| Gambar 5.28. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006495748$ m <sup>3</sup> /s pada                                      |    |

|              |                                                                                                                                                                             |    |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|              | detik ke-102,5 ( <i>Slug</i> ) .....                                                                                                                                        | 78 |
| Gambar 5.29. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006495748$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-105,75 ( <i>Slug</i> ) .....                                                         | 78 |
| Gambar 5.30. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006495748$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-111 ( <i>Slug</i> ) .....                                                            | 79 |
| Gambar 5.31. | Grafik gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006495748$ m <sup>3</sup> /s detik ke 118-134.....                                                                                | 79 |
| Gambar 5.32. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006495748$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-123 ( <i>Slug</i> ) .....                                                            | 79 |
| Gambar 5.33. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006495748$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-126 ( <i>Slug</i> ) .....                                                            | 79 |
| Gambar 5.34. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0.006495748$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-134 ( <i>Slug</i> ) .....                                                            | 80 |
| Gambar 5.35. | Grafik gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0,007078511$ m <sup>3</sup> /s detik ke 0-18.....                                                                                   | 80 |
| Gambar 5.36. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0,007078511$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-4 ( <i>Stratified</i> ) .....                                                        | 81 |
| Gambar 5.37. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0,007078511$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-9-10 ( <i>Wavy-Unstable Slug</i> ) .....                                             | 81 |
| Gambar 5.38. | Grafik gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0,007078511$ m <sup>3</sup> /s detik ke 50-62.....                                                                                  | 82 |
| Gambar 5.39. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0,007078511$ m <sup>3</sup> /s pada detik ke-52-54 ( <i>Long Slug</i> ) .....                                                     | 82 |
| Gambar 5.40. | Grafik gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0,007078511$ m <sup>3</sup> /s detik ke 70-86.....                                                                                  | 83 |
| Gambar 5.41. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0,007078511$ m <sup>3</sup> /s berturut-turut pada detik ke-70,5; 71,9; 72,4; 72,9; 73,4; 73,9; 74,25; 74,8 ( <i>Slug</i> ) ..... | 84 |
| Gambar 5.42. | Fenomena gradien tekanan untuk $Q_{uap} = 0,007078511$ m <sup>3</sup> /s berturut-turut pada detik ke-77,4; 78,4; 78,8; 79,4; 80,0; 80,5 ( <i>Slug</i> ) .....              | 85 |

|                                                                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 5.43. Grafik gradien tekanan dengan $Q_{uap} = 0.007452055 \text{ m}^3/\text{s}$ detik ke 0-18.....                                                                                   | 86 |
| Gambar 5.44. Fenomena gradien tekanan dengan $Q_{uap} = 0.007452055 \text{ m}^3/\text{s}$ berturut-turut pada detik ke-5,8; 6,8; 7,2; 8,6; 9,3; 9,9 ( <i>Slug</i> ) .....                    | 87 |
| Gambar 5.45. Fenomena gradien tekanan dengan $Q_{uap} = 0.007452055 \text{ m}^3/\text{s}$ berturut-turut pada detik ke-11,5; 12,4; 12,75; 13,3; 14,5; 15,6; 15,8; 16,1 ( <i>Slug</i> ) ..... | 89 |
| Gambar 5.46. Grafik gradien tekanan dengan $Q_{uap} = 0.007452055 \text{ m}^3/\text{s}$ detik ke 124-138.....                                                                                | 90 |
| Gambar 5.47. Fenomena gradien tekanan dengan $Q_{uap} = 0.007452055 \text{ m}^3/\text{s}$ pada detik ke-135 ( <i>Slug</i> ) .....                                                            | 90 |
| Gambar 5.48. Grafik gradien tekanan dengan $Q_{uap} = 0.007452055 \text{ m}^3/\text{s}$ detik 124-142 detik.....                                                                             | 91 |
| Gambar 5.49. Fenomena gradien tekanan dengan $Q_{uap} = 0.007452055 \text{ m}^3/\text{s}$ pada detik ke-126 ( <i>Stratified</i> ) .....                                                      | 91 |
| Gambar 5.50. Fenomena gradien tekanan dengan $Q_{uap} = 0.007452055 \text{ m}^3/\text{s}$ pada detik ke-131 ( <i>Plug</i> ) .....                                                            | 91 |
| Gambar 5.51. Gejala uap di dalam plug yang terkondensasi cepat pada pipa horizontal.....                                                                                                     | 93 |
| Gambar 5.52. Pola aliran dua fasa air-uap air pada pipa horizontal ( <i>stratified</i> , <i>wavy</i> , <i>plug</i> , <i>unstable-slug</i> , <i>slug</i> , dan <i>churn</i> ) .....           | 94 |

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

|            |                                                  |
|------------|--------------------------------------------------|
| $P_{gage}$ | : Tekanan gage/pengukuran (Pa)                   |
| $P_{abs}$  | : Tekanan absolut (Pa)                           |
| $P_{atm}$  | : Tekanan atmosfer (Pa)                          |
| $P_{vac}$  | : Tekanan vakum (Pa)                             |
| $A$        | : Luas permukaan ( $m^2$ )                       |
| $\rho$     | : Massa jenis zat ( $kg/m^3$ )                   |
| $W$        | : Berat dari kolom fluida (N)                    |
| $m$        | : massa zat (kg)                                 |
| $V$        | : volume zat ( $m^3$ )                           |
| $g$        | : Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )               |
| $h$        | : Tinggi kolom fluida (m)                        |
| $T$        | : Suhu ( $^{\circ}C$ )                           |
| $v$        | : Volume spesifik ( $m^3/kg$ )                   |
| $R$        | : Konstanta gas                                  |
| $R_u$      | : Konstanta gas universal                        |
| $M$        | : Massa molar                                    |
| $\dot{m}$  | : Laju massa fluida (kg/s)                       |
| $Q$        | : Debit ( $m^3/s$ )                              |
| $\gamma$   | : Berat jenis ( $N/m^3$ )                        |
| $z$        | : Energi potensial (m)                           |
| $h_f$      | : <i>Head loss mayor</i> (m)                     |
| $f$        | : Koefisien gesek                                |
| $L$        | : Panjang pipa (m)                               |
| $D$        | : Diameter dalam pipa (m)                        |
| $Re$       | : Bilangan Reynolds                              |
| $v$        | : Kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa (m/s) |
| $\nu$      | : Viskositas kinematik cairan ( $m^2/s$ )        |
| $\epsilon$ | : Kekasaran pipa                                 |

$d$  : Diameter pipa (m)

$h$  : *Head loss minor* (m)

$K$  : Koefisien resistansi *valve* atau *fitting* berdasarkan bentuk dan ukuran

$t$  : Waktu (s)

$h_L$  : *Head loss mayor* pada pipa kondensat dengan panjang  $L$  (m)

$\mu$  : Viskositas absolut (N.s/m<sup>2</sup>)