

## DAFTAR ISI

|                         |      |
|-------------------------|------|
| Halaman Judul .....     | i    |
| Halaman Pengesahan..... | ii   |
| Halaman Motto.....      | iii  |
| Kata Pengantar.....     | iv   |
| Halaman Soal.....       | vi   |
| Intisari.....           | vii  |
| Daftar Isi.....         | viii |
| Daftar Gambar.....      | xvii |
| Daftar Tabel.....       | xx   |
| Daftar Notasi.....      | xxi  |

## BAB I PENDAHULUAN

|   |   |
|---|---|
| 1. Pemisahan Udara.....                                     | 1 |
| 2. Proses Kriogenik.....                                    | 1 |
| 1. Metode - Metode Untuk Mendapatkan Temperatur Rendah..... | 2 |
| 1. Perubahan Fase.....                                      | 2 |
| 2. Efek Joule - Thomson.....                                | 3 |
| 3. Efek Magnetik.....                                       | 4 |
| 4. Mesin Ekspansi.....                                      | 5 |
| 3. Material Untuk Konstruksi Bidang Kriogenik.....          | 5 |
| 1. Modulus Elastisitas.....                                 | 6 |
| 2. Tegangan Luluh dan Tegangan Tarik.....                   | 6 |
| 3. Toughness.....   | 7 |
| 4. Kelelahan.....   | 7 |
| 5. Creep.....   | 7 |
| 4. Pemanfaatan Kriogenik pada Industri Pupuk.....           | 8 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>BAB II PERANCANGAN SISTEM PENDINGIN.....</b>         | <b>9</b>  |
| 1. Pencair Udara.....                                   | 9         |
| 1. Sistem Pencair Udara Linde - Hampson.....            | 9         |
| 2. Pencair Gas Claude.....                              | 13        |
| 3. Siklus Heylandt.....                                 | 15        |
| 2. Rancangan Proses Pemisahan Udara.....                | 15        |
| 1. Efek Joule - Thomson.....                            | 17        |
| 2. Koefisien Joule - Thomson.....                       | 18        |
| 3. Penentuan Kuantitas Udara Proses.....                | 20        |
| 4. Rancangan Kerja Proses.....                          | 20        |
| 1. Kompresi.....  | 20        |
| 2. Pemurnian Udara ( Scrubbing ).....                   | 27        |
| 1. Tahap Penurunan Tekanan.....                         | 28        |
| 2. Tahap Pemanasan.....                                 | 28        |
| 3. Tahap Pendinginan.....                               | 29        |
| 4. Tahap Pemurnian dengan Reversing Heat Exchanger..... | 29        |
| 5. Tahap Pemurnian dengan Reversing Regenerator.....    | 29        |
| 3. Perancangan Sistem Pendingin.....                    | 30        |
| 5. Penyekat Panas.....                                  | 33        |
| 1. Multilayer Insulation.....                           | 33        |
| 2. Vacuum Insulation.....                               | 34        |
| 3. Powder Insulation.....                               | 34        |
| 4. Foam Insulation.....                                 | 34        |
| <b>BAB III KOLOM DISTILASI.....</b>                     | <b>35</b> |
| 1. Pendahuluan.....                                     | 35        |
| 2. Perancangan Kolom Distilasi.....                     | 36        |
| 1. Kondisi Udara Umpan ( Feed ).....                    | 38        |

|   |    |
|---|----|
| 2. Tekanan Dalam Kolom Distilasi.....                                     | 40 |
| 3. Ekspansi Isenthalpic.....  | 41 |
| 4. Proses Pemisahan.....  | 43 |
| 1. Pengecekan Komponen Kunci.....   | 47 |
| 2. Menentukan Konstanta Underwood.....                                    | 49 |
| 3. Menentukan Rasio Reflux dan Rasio Reflux Minimum.....                  | 50 |
| 4. Menentukan Jumlah Stage Minimum.....                                   | 50 |
| 5. Menentukan Jumlah Plate Teoritis.....                                  | 51 |
| 6. Menentukan Efisiensi Plate dan Jumlah Plate Aktual.....                | 53 |
| 7. Menentukan Komposisi Hasil Pemisahan .....                             | 54 |
| 8. Analisa Kesetimbangan Kalor dan Massa.....                             | 57 |
| 5. Menentukan Ukuran Kolom Distilasi.....                                 | 58 |
| 1. Menentukan Diameter Kolom.....   | 58 |
| 2. Merancang Sieve Plate.....   | 65 |
| 3. Entrainment.....   | 70 |
| 4. Menentukan Tebal Dinding Kolom.....                                    | 72 |
| 6. Merancang Reboiler.....  | 72 |
| 1. Menentukan Jumlah Transfer Panas Maksimum.....                         | 72 |
| 2. Menentukan Jumlah Panas yang ditransfer dari Udara Bertekanan Tinggi.. | 73 |
| 3. Menentukan Koefisien Perpindahan Panas Sisi Udara Bertekanan Tinggi..  | 74 |
| 4. Menentukan Koefisien Perpindahan Panas Sisi Udara Cair.....            | 76 |
| 5. Menentukan Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh.....                 | 77 |
| 6. Menentukan Beda Suhu Rata - Rata Logaritmik.....                       | 78 |
| 7. Menentukan Luas permukaan Tube didapatkan dari Perancangan Reboiler.   | 78 |
| 8. Menentukan penurunan Tekanan Sisi Udara Bertekanan.....                | 79 |
| 7. Merancang Kondensor.....   | 81 |
| 1. Menentukan Jumlah Panas yang ditransfer Kondensor.....                 | 82 |
| 2. Tinjauan Media Pendingin.....  | 82 |

|  |    |
|--|----|
| 3. Menentukan Koefisien Perpindahan Panas Sisi Dalam Tube.....         | 85 |
| 4. Menentukan Koefisien Perpindahan Panas Sisi Luar Tube.....          | 86 |
| 5. Menentukan Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh.....              | 88 |
| 6. Menentukan LMTD.....  | 89 |
| 7. Menentukan Luas Permukaan Luar Tube dari Perancangan Kondensor..... | 90 |
| 8. Menentukan Tebal Kolom Kondensor.....                               | 91 |
| 9. Menentukan Tebal Head kondensor.....                                | 91 |
| 10. Menentukan Tebal Plate antara Kondensor dan Kolom Distilasi.....   | 92 |
| 11. Menentukan Tinggi Kolom Distilasi.....                             | 94 |

|   |     |
|---|-----|
| BAB IV KOMPRESOR UTAMA.....                         | 95  |
| 1. Klasifikasi Kompresor.....                       | 95  |
| 2. Pemilihan Kompresor.....                         | 98  |
| 3. Siklus Kompresi pada Diagram p - V.....          | 99  |
| 4. Perancangan Kompresor Tingkat I.....             | 100 |
| 1. Efisiensi Volumetris.....                        | 100 |
| 2. Efisiensi Volumetris Keseluruhan .....           | 102 |
| 3. Daya Poros dan Daya Motor Listrik.....           | 102 |
| 4. Diameter Silinder dan Panjang langkah Torak..... | 103 |
| 5. Silinder.....                                    | 105 |
| 1. Tebal Liner Silinder.....                        | 105 |
| 2. Panjang Silinder.....                            | 106 |
| 3. Tebal Kepala Silinder.....                       | 106 |
| 4. Pengecekan Kekuatan Silinder.....                | 106 |
| 5. Baut Pengikat Kepala Silinder.....               | 109 |
| 6. Torak.....                                       | 110 |
| 7. Batang Torak.....                                | 111 |
| 8. Poros Engkol.....                                | 115 |

|  |         |
|--|---------|
| 9. Cincin Torak.....   | 118     |
| 10. Pena Torak.....  | 121     |
| 11. Katup Kompresor.....   | 123     |
| 1. Perancangan Katup Isap.....   | 124     |
| 2. Perancangan Katup Buang.....  | 125     |
| 5. Perancangan Kompresor Tingkat II - VI.....  | 128     |
| 6. Pasak.....  | 130     |
| 1. Pasak pada Poros Kompresor Tekanan Rendah.....                                      | 130     |
| 2. Pasak pada Poros Kompresor Tekanan Tinggi.....                                      | 132     |
| 7. Motor Penggerak.....  | 133     |
| 8. Pelumasan.....  | 134     |
| <br>BAB V PENUKAR PANAS UTAMA.....   | <br>135 |
| 1. Pemilihan Bahan.....  | 136     |
| 2. Analisa Refrigeran.....   | 136     |
| 1. Ekspansi Isenthalpic Refrigeran Udara Gas.....                                      | 138     |
| 2. Percampuran Refrigeran Udara Cair Uap dengan Uap N <sub>2</sub> dari Kondensor..... | 140     |
| 3. Beban Kalor Penukar Panas Utama.....  | 141     |
| 1. Beban Kalor pada Kondisi Uap Panas Lanjut.....                                      | 142     |
| 2. Beban Kalor pada Kondisi Evaporasi.....   | 143     |
| 4. Menentukan Koefisien Perpindahan Panas.....   | 143     |
| 1. Koefisien Perpindahan Panas Sisi Udara Bertekanan.....                              | 143     |
| 2. Koefisien Perpindahan Panas Sisi Refrigeran.....                                    | 146     |
| 1. Koefisien Perpindahan Panas Kondisi Evaporasi.....                                  | 146     |
| 2. Koefisien Perpindahan Panas Kondisi Uap Panas Lanjut.....                           | 150     |
| 3. Menentukan Panjang Pipa yang dibutuhkan Penukar Panas Utama.....                    | 151     |
| 5. Menentukan Penurunan Tekanan.....   | 151     |
| 1. Menentukan Penurunan Tekanan dalam Pipa.....  | 152     |

|   |     |
|---|-----|
| 2. Menentukan Penurunan Tekanan di luar Pipa.....         | 152 |
| 6. Pengecekan Ketebalan Pipa dan Shell.....               | 153 |
| 7. Bocoran Panas pada Penukar Panas Utama.....            | 154 |
| 1. Bocoran Panas akibat Radiasi.....                      | 155 |
| 2. Bocoran Panas akibat Konduksi.....                     | 159 |
| <br>BAB VI AFTER COOLER.....                              | 161 |
| 1. Pemilihan Bahan.....                                   | 161 |
| 2. Analisa Refrigeran.....                                | 161 |
| 3. Beban Kalor pada After Cooler.....                     | 162 |
| 4. Menentukan Koefisien Perpindahan Panas.....            | 162 |
| 1. Koefisien Perpindahan Panas Sisi Udara Bertekanan..... | 163 |
| 2. Koefisien Perpindahan Panas Sisi Refrigeran.....       | 165 |
| 3. Menentukan Koefisien Perpindahan Panas Total.....      | 166 |
| 4. Menentukan Luas Perpindahan Panas yang dibutuhkan..... | 167 |
| 5. Menentukan Penurunan Tekanan.....                      | 168 |
| 1. Menentukan Penurunan Tekanan dalam Pipa.....           | 168 |
| 2. Menentukan Penurunan Tekanan di luar Pipa.....         | 169 |
| 6. Pengecekan Ketebalan Pipa dan Shell.....               | 169 |
| 7. Bocoran Panas pada After Cooler.....                   | 171 |
| 1. Bocoran Panas akibat Radiasi.....                      | 171 |
| 2. Bocoran Panas akibat Konduksi.....                     | 174 |
| <br>BAB VII MESIN REFRIGERASI AMMONIA.....                | 177 |
| 1. Evaporator.....  | 183 |
| 2. Pemilihan Bahan.....                                   | 183 |
| 3. Beban Kalor Evaporator.....                            | 183 |
| 1. Beban Kalor pada kondisi Uap Panas Lanjut.....         | 184 |

|   |     |
|---|-----|
| 2. Beban Kalor pada kondisi Evaporasi.....                        | 184 |
| 4. Menentukan Koefisien Perpindahan Panas.....                    | 184 |
| 1. Koefisien Perpindahan Panas Sisi Udara Bertekanan.....         | 185 |
| 2. Koefisien Perpindahan Panas Sisi Referigeran.....              | 187 |
| 5. Menentukan Panjang Pipa yang dibutuhkan Evaporator .....       | 192 |
| 6. Menentukan Penurunan Tekanan.....                              | 192 |
| 1. Menentukan Penurunan Tekanan dalam Pipa.....                   | 192 |
| 2. Menentukan Penurunan Tekanan di luar Pipa.....                 | 193 |
| 7. Pengecekan Ketebalan Pipa dan Shell.....                       | 193 |
| 8. Bocoran Panas pada Evaporator.....                             | 195 |
| 1. Bocoran Panas akibat Radiasi.....                              | 195 |
| 2. Bocoran Panas akibat Konduksi.....                             | 199 |
| 2. Kondensor.....   | 201 |
| 1. Macam Kondensor.....   | 202 |
| 2. Pemilihan Bahan.....   | 203 |
| 3. Beban Pendinginan Kondensor.....                               | 203 |
| 1. Beban Pendinginan pada kondisi Desuperheating.....             | 203 |
| 2. Beban Pendinginan pada kondisi Kondensasi.....                 | 204 |
| 3. Beban Pendinginan pada kondisi Subcooling.....                 | 204 |
| 4. Koefisien Perpindahan Panas Kondensor.....                     | 204 |
| 1. Koefisien Perpindahan Panas Sisi Air ( dalam Pipa ).....       | 204 |
| 2. Koefisien Perpindahan Panas Sisi Refrigeran ( luar Pipa )..... | 207 |
| 1. Koefisien Perpindahan Panas kondisi Uap Panas Lanjut.....      | 207 |
| 2. Koefisien Perpindahan Panas kondisi Kondensasi.....            | 211 |
| 3. Koefisien Perpindahan Panas kondisi Subcooling.....            | 212 |
| 5. Menentukan Panjang Pipa yang dibutuhkan Kondensor.....         | 213 |
| 6. Kebutuhan Refrigeran.....                                      | 214 |
| 3. Pompa Sirkulasi.....   | 215 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 8. Menara Pendingin..... | 215 |
|--------------------------|-----|

## BAB VIII PENGONTROL ALIRAN REFRIGERAN.....217

|  |     |
|--|-----|
| 1. Prinsip Dasar Sistem Kontrol.....         | 217 |
| 2. Macam - macam Alat Kontrol.....           | 218 |
| 1. Kontrol Suhu.....                         | 218 |
| 2. Kontrol Aliran Fluida.....                | 219 |
| 1. Pipa Kapiler.....                         | 219 |
| 2. Automatic Expansion Valve ( AEV ).....    | 219 |
| 3. Thermostatic Expansion Valve ( TEV )..... | 220 |
| 4. Low Side Float Valve.....                 | 221 |
| 5. High Side Float Valve.....                | 221 |
| 3. Kontrol Pengaman Aliran Fluida.....       | 222 |
| 1. Katup Solenoid.....                       | 222 |
| 2. Check Valve.....                          | 222 |
| 3. Pengatur Aliran Air pada Kondensor.....   | 222 |
| 4. Kontrol Pengaman.....                     | 222 |
| 1. Kontrol Overload Motor.....               | 222 |
| 2. Time Delay Relay.....                     | 223 |
| 3. Switch Pengaman Oli.....                  | 223 |
| 4. Kontrol Tekanan.....                      | 223 |

## BAB IX PERALATAN TAMBAHAN.....225

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 1. Akumulator.....          | 225 |
| 2. Pemisah Oli.....         | 225 |
| 3. Tabung Receiver.....     | 226 |
| 4. Saringan Pengeriing..... | 226 |
| 5. Pengontrolan Korosi..... | 227 |



|   |     |
|---|-----|
| 6. Endapan.....                                   | 228 |
| <br>BAB X UNJUK KERJA PENUKAR PANAS.....          | 229 |
| 1. Pengecekan Unjuk Kerja pada Penukar Panas..... | 229 |
| <br>BAB XI PENUTUP.....                           | 232 |
| <br>DAFTAR PUSTAKA.....                           | 237 |
| <br>DAFTAR LAMPIRAN.....                          | 239 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1 - 1 Skema Proses Refrigerasi Metode Perubahan Fase.....                  | 2  |
| Gambar 1 - 2 Prinsip Joule - Thomson.....   | 3  |
| Gambar 1 - 3 Prinsip Pendinginan dengan Efek Magnetik.....                        | 4  |
| Gambar 1 - 4 Prinsip Mesin Ekspansi.....  | 5  |
| Gambar 1 - 5 Tegangan Luluh dan Tegangan tarik Aluminium dan Paduannya.....       | 6  |
| Gambar 1 - 6 Perpanjangan Tarik dan Energi Impact Beberapa Logam.....             | 7  |
| Gambar 2 - 1 Pencair Gas Linde.....   | 9  |
| Gambar 2 - 2 Diagram T - s Pencair Linde.....                                     | 10 |
| Gambar 2 - 3 Pencair Gas Linde Tekanan Tinggi.....                                | 12 |
| Gambar 2 - 4 Diagram T - s Pencair Linde Tekanan Tinggi.....                      | 12 |
| Gambar 2 - 5 Pencair Gas Claude.....  | 14 |
| Gambar 2 - 6 Diagram T - s Pencair Gas Claude.....                                | 14 |
| Gambar 2 - 7 Rencana Siklus Pemisahan Udara.....                                  | 16 |
| Gambar 2 - 8 Kurva Inversi pada Diagram Tekanan - Temperatur.....                 | 18 |
| Gambar 2 - 9 Koefisien Joule - Thomson untuk Udara sebagai Fungsi Temperatur..... | 19 |
| Gambar 2 - 10 Suhu Buang Refrigeran Akibat Kompresi Isentropik.....               | 31 |
| Gambar 2 - 11 Skema Kerja Sistem Pendingin.....                                   | 32 |
| Gambar 3 - 1 Kolom Distilasi.....   | 36 |
| Gambar 3 - 2 Kolom Tunggal.....   | 37 |
| Gambar 3 - 3 Grafik Korelasi Gilliant.....  | 51 |
| Gambar 3 - 4 Grafik untuk menentukan Efisiensi Plate.....                         | 53 |
| Gambar 3 - 5 Grafik untuk menentukan Nilai K <sub>1</sub> ( Sieve Plate ).....    | 60 |
| Gambar 3 - 6 Grafik untuk menentukan Susunan Aliran Cairan.....                   | 65 |
| Gambar 3 - 7 Grafik hubungan antara Area Downcomer dengan Panjang Weir.....       | 66 |
| Gambar 3 - 8 Grafik Weep Point Correlation.....                                   | 67 |
| Gambar 3 - 9 Grafik Koefisien Discharge untuk Sieve Plate.....                    | 68 |

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 3 - 10 Correlation Entrainment untuk Sieve Plate..... | 71  |
| Gambar 3 - 11 Reboiler Hasil Perancangan.....                | 79  |
| Gambar 3 - 12 Aliran Massa Proses di Kolom Atas.....         | 83  |
| Gambar 3 - 13 Plate antara Kondensor dan Kolom Atas.....     | 92  |
| Gambar 3 - 14 Tekanan yang bekerja pada Plate.....           | 92  |
| Gambar 4 - 1 Daerah Operasi Kompresor.....                   | 95  |
| Gambar 4 - 2 Proses Kompresi Secara Umum.....                | 99  |
| Gambar 4 - 3 Diagram p - V Kompresor Torak.....              | 100 |
| Gambar 4 - 4 Grafik untuk menentukan k1 dan k2.....          | 107 |
| Gambar 4 - 5 Rencana Susunan Poros Engkol.....               | 115 |
| Gambar 4 - 6 Cincin Torak.....                               | 119 |
| Gambar 4 - 7 Alur Torak.....                                 | 120 |
| Gambar 4 - 8 Pena Torak.....                                 | 121 |
| Gambar 4 - 9 Penampang Pasak.....                            | 130 |
| Gambar 4 - 10 Rangkaian Alat Pengawalan Y - $\Delta$ .....   | 133 |
| Gambar 5 - 1 Aliran Refrigeran dari Kolom Distilasi.....     | 137 |
| Gambar 5 - 2 Grafik Konstanta Sieder Tate.....               | 145 |
| Gambar 5 - 3 Ujung Kiri Penukar Panas Utama.....             | 156 |
| Gambar 5 - 4 Bagian Tengah Penukar Panas Utama.....          | 157 |
| Gambar 6 - 1 Ujung Kanan After Cooler.....                   | 172 |
| Gambar 6 - 2 Bagian Tengah After Cooler.....                 | 173 |
| Gambar 7 - 1 Diagram p - H siklus Kompresi Uap Ideal.....    | 178 |
| Gambar 7 - 3 Ujung Kiri Evaporator.....                      | 196 |
| Gambar 7 - 4 Bagian Tengah Evaporator.....                   | 198 |
| Gambar 8 - 1 Thermostat.....                                 | 218 |
| Gambar 8 - 2 Katup Ekspansi Otomatis.....                    | 220 |
| Gambar 8 - 3 Katup Ekspansi Thermostatik.....                | 221 |
| Gambar 8 - 4 Kontrol Pengaman Oli.....                       | 223 |

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 8 - 5 Dual Pressure Switch..... | 224 |
| Gambar 9 - 1 Akumulator.....           | 225 |
| Gambar 9 - 2 Pemisah Oli.....          | 226 |
| Gambar 9 - 3 Saringan Pengering.....   | 226 |

## DAFTAR TABEL

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 3 - 1 Laju Komponen Umpan dalam Fraksi Cair dan Uapnya.....     | 43  |
| Tabel 3 - 2 Enthalpi Fraksi Cair Umpan .....                          | 43  |
| Tabel 3 - 3 Enthalpi Fraksi Uap Umpan.....                            | 43  |
| Tabel 3 - 4 Menentukan Dew Point Plate Teratas.....                   | 44  |
| Tabel 3 - 5 Menentukan Bubble Point Plate Terbawah.....               | 45  |
| Tabel 3 - 6 Kondisi Umpan.....  | 48  |
| Tabel 3 - 7 Kondisi Hasil Atas ( Distilate ).....                     | 48  |
| Tabel 3 - 8 Komposisi Fraksi Cair Mula - Mula.....                    | 54  |
| Tabel 3 - 9 Komposisi Hasil Atas dan Hasil Bawah yang diharapkan..... | 54  |
| Tabel 3 - 10 Enthalpi Uap Hasil Atas.....                             | 55  |
| Tabel 3 - 11 Enthalpi Cair Hasil Atas.....                            | 55  |
| Tabel 3 - 12 Kuantitas dan Enthalpi Cairan Hasil Atas.....            | 56  |
| Tabel 3 - 13 Enthalpi Uap Reflux.....                                 | 56  |
| Tabel 3 - 14 Kuantitas Cairan Hasil Bawah dan Enthalpinya.....        | 57  |
| Tabel 3 - 15 Komposisi Uap Hasil Atas.....                            | 59  |
| Tabel 3 - 16 Komposisi Cairan Hasil Atas.....                         | 59  |
| Tabel 3 - 17 Komposisi Uap Hasil Bawah.....                           | 62  |
| Tabel 3 - 18 Komposisi Cairan Hasil Bawah.....                        | 62  |
| Tabel 4 - 1 Menentukan Gaya Normal pada Poros Engkol.....             | 116 |
| Tabel 4 - 2 Dimensi Utama Kompresor Tingkat I - III.....              | 128 |
| Tabel 4 - 3 Dimensi Utama Kompresor Tingkat IV - VI.....              | 129 |
| Tabel 11 - 1 Hasil Perhitungan Unjuk Kerja pada Penukar Panas.....    | 231 |

## DAFTAR NOTASI

|      |   |  |
|------|---|--|
| A    | Luas permukaan .....                                    | $\text{ft}^2$  |
| a    | Luas permukaan pipa per satuan panjang .....            | $\text{ft}^2 / \text{ft}$  |
| B    | Kelajuan massa fluida hasil bawah kolom distilasi ..... | $\text{kmol} / \text{jam}$                                       |
| BM   | Berat Molekul .....                                     | $\text{kg} / \text{kmol}$  |
| C    | Clearance   |  |
| COP  | Coefficient of Performance                              |  |
| Cp   | Panas jenis pada tekanan konstan .....                  | $\text{Btu} / \text{lbm} \cdot ^\circ\text{F}$                   |
| D    | Kelajuan massa fluida hasil atas kolom distilasi .....  | $\text{kmol} / \text{jam}$                                       |
| De   | Diameter Ekuivalen .....                                | $\text{ft}$  |
| E    | Modulus elastisitas .....                               | $\text{psi}$   |
| F    | Laju fluida umpan pada kolom distilasi .....            | $\text{kmol} / \text{jam}$                                       |
| FLV  | Laju aliran cair uap                                    |  |
| f    | Faktor gesekan  |  |
| G    | Laju massa per satuan luas .....                        | $\text{lbm} / \text{ft}^2$                                       |
| g    | Percepatan gravitasi .....                              | $\text{ft} / \text{s}^2$   |
| H, h | Enthalpi spesifik .....                                 | $\text{Btu} / \text{lbm}$  |
| h    | koefisien perpindahan panas .....                       | $\text{Btu} / \text{jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$ |
| hfg  | Kalor latent .....                                      | $\text{Btu} / \text{lbm}$  |
| ID   | Diameter dalam pipa .....                               | $\text{inci}$  |
| jh   | Konstanta Sieder Tate                                   |  |
| k    | Konduktivitas thermal .....                             | $\text{Btu} / \text{jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$ |
| Km   | Faktor koreksi momen                                    |  |
| Kt   | Faktor koreksi torsi                                    |  |
| L    | Panjang pipa .....                                      | $\text{ft}$  |
| LMTD | Beda suhu rata - rata logaritmik .....                  | $^\circ\text{F}$   |

|       |  |                                   |
|-------|--|-----------------------------------|
| m     | Laju aliran massa.....                 | lbm / detik                       |
| N     | Putaran.....                           | rpm                               |
| Nt    | Jumlah pipa total                      |                                   |
| Nu    | Bilangan Nusselt                       |                                   |
| n     | Jumlah laluan                          |                                   |
| OD    | Diameter luar pipa.....                | inci                              |
| P     | Tekanan.....                           | psi                               |
| Pd    | Daya poros.....                        | Hp                                |
| Pr    | Bilangan Prandtl                       |                                   |
| Q     | Laju perpindahan panas.....            | Btu / jam                         |
| R     | Konstanta gas universal.....           | Btu / lbmol . R                   |
| Rd    | Faktor pengotoran.....                 | jam . ft <sup>2</sup> . °F / Btu  |
| Re    | Bilangan Reynold                       |                                   |
| Rmin  | Reflux minimum                         |                                   |
| r     | Jari - jari.....                       | ft, inci                          |
| S,s   | Entropi.....                           | Btu / lbm . R                     |
| Sp,sg | Gravitasi spesifik                     |                                   |
| SHP   | Daya kuda poros.....                   | Hp                                |
| T, t  | Suhu.....                              | °F                                |
| t     | tebal.....                             | inci                              |
| U     | Koefisien perpindahan panas total..... | Btu / jam . ft <sup>2</sup> . R   |
| V     | Volume.....                            | in <sup>3</sup> , ft <sup>3</sup> |
| W     | Kerja.....                             | Btu / jam                         |
| X     | Fraksi mol hasil atas kolom distilasi  |                                   |
| Y     | Fraksi mol hasil bawah kolom distilasi |                                   |

#### Huruf - huruf Yunani

|          |                     |
|----------|---------------------|
| $\alpha$ | Volatilitas relatif |
|----------|---------------------|

|               |  |                       |
|---------------|--|-----------------------|
| $\beta$       | Koefisien ekspansi thermal.....                                | $R^{-1}$              |
| $\Delta D$    | Perubahan diameter.....  | inci                  |
| $\Delta P$    | Pressure drop.....   | psi                   |
| $\varepsilon$ | Rasio clearance, emisivitas                                    |                       |
| $\gamma$      | Rasio panas jenis pada tekanan konstan terhadap volume konstan |                       |
| $\eta$        | Efisiensi.....   | %                     |
| $\lambda$     | Perbandingan jari - jari poros terhadap batang torak           |                       |
| $\mu$         | Angka Poisson, viskositas.....                                 | lbm / jam . ft        |
| $\theta$      | Rasio panjang langkah torak terhadap diameter silinder         |                       |
| $\rho$        | Massa jenis.....   | lbm / ft <sup>3</sup> |
| $\sigma$      | Tegangan.....  | psi                   |

#### Tikalas

|     |  |
|-----|--|
| av  | Average, rata - rata                   |
| B   | Bottom, bawah                          |
| D   | Distillate, atas                       |
| f   | Feed, umpan                            |
| g   | Gas                                    |
| HK  | Heavy Key, komponen berat              |
| I   | Inner, bagian dalam                    |
| ID  | Inside Diameter, diameter bagian dalam |
| LK  | Light Key, komponen ringan             |
| l   | Liquid                                 |
| OD  | Outside Diameter, diameter bagian luar |
| o   | Outside, bagian luar                   |
| oad | Overall Adiabatic                      |
| tot | Total                                  |