

## 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/ SKRIPSI.....</b>   | <b>iv</b>     |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>               | <b>v</b>      |
| <b>INTISARI .....</b>                          | <b>vi</b>     |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                    | <b>vii</b>    |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                        | <b>ix</b>     |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                      | <b>xiv</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                      | <b>xv</b>     |
| <b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....</b>        | <b>xvi</b>    |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                   | <b>xxii</b>   |
| <br><b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>             | <br><b>1</b>  |
| <b>1.1. Latar Belakang .....</b>               | <b>1</b>      |
| <b>1.2. Rumusan Masalah .....</b>              | <b>10</b>     |
| <b>1.3. Tujuan Penelitian .....</b>            | <b>10</b>     |
| <b>1.4. Batasan Masalah .....</b>              | <b>11</b>     |
| <b>1.5. Manfaat Penelitian .....</b>           | <b>11</b>     |
| <br><b>BAB II LANDASAN TEORI.....</b>          | <br><b>12</b> |
| <b>2.1. Pengertian Refrigerasi .....</b>       | <b>12</b>     |
| <b>2.2. Hukum Termodinamika I dan II .....</b> | <b>12</b>     |
| <b>2.3. Perpindahan Kalor .....</b>            | <b>15</b>     |
| 2.3.1. Konduksi .....                          | 15            |
| 2.3.2. Konveksi .....                          | 15            |
| 2.3.3. Radiasi .....                           | 16            |

|                                                                       |               |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>2.4. Siklus Kompresi Uap .....</b>                                 | <b>16</b>     |
| 2.4.1. Siklus Refrigerasi Carnot .....                                | 16            |
| 2.4.2. Modifikasi Terhadap Siklus Refrigerasi Carnot .....            | 18            |
| 2.4.3. Siklus Kompresi Uap .....                                      | 19            |
| 2.4.4. Siklus Kompresi Uap Sebenarnya .....                           | 20            |
| <br><b>BAB III COLD STORAGE .....</b>                                 | <br><b>21</b> |
| <b>3.1. Cold Storage .....</b>                                        | <b>21</b>     |
| <b>3.2. Perancangan Struktur Cold Storage .....</b>                   | <b>22</b>     |
| 3.2.1. Perancangan Dinding, Atap dan Lantai .....                     | 23            |
| 3.2.2. Perancangan Pintu.....                                         | 25            |
| <b>3.3. Beban Pendingin.....</b>                                      | <b>26</b>     |
| 3.3.1. Beban Transmisi .....                                          | 26            |
| 3.3.2. Beban Produk .....                                             | 36            |
| 3.3.3. Beban Unfiltrasi Udara .....                                   | 36            |
| 3.3.4. Beban Internal .....                                           | 43            |
| 3.3.5. Beban Motor <i>Fan</i> .....                                   | 46            |
| 3.3.6. Beban Pendingin Total .....                                    | 47            |
| <b>3.4. Perancangan Sistem Refrigerasi .....</b>                      | <b>48</b>     |
| 3.4.1. Perancangan Evaporator .....                                   | 48            |
| 3.4.2. Temperatur Kondensor .....                                     | 49            |
| 3.4.3. Pemilihan <i>Refrigerant</i> .....                             | 50            |
| <b>3.5. Analisis Siklus Refrigerasi .....</b>                         | <b>51</b>     |
| <br><b>BAB IV EVAPORATOR .....</b>                                    | <br><b>56</b> |
| <b>4.1. Pengertian dan Jenis Kompresor .....</b>                      | <b>56</b>     |
| <b>4.2. Perancangan Evaporator .....</b>                              | <b>59</b>     |
| <b>4.3. Koefisien Perpindahan Kalor sisi Udara .....</b>              | <b>63</b>     |
| <b>4.4. Efisiensi Fin .....</b>                                       | <b>64</b>     |
| <b>4.5. Koefisien Perpindahan Kalor sisi <i>Refrigerant</i> .....</b> | <b>66</b>     |
| <b>4.6. Koefisien Perpindahan Kalor <i>Overall</i> .....</b>          | <b>68</b>     |

|                                                              |               |
|--------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>4.7. Beda Temperatur Logaritmatik .....</b>               | <b>69</b>     |
| <b>4.8. Luas Permukaan Kalor Total .....</b>                 | <b>70</b>     |
| <b>4.9. Jumlah Baris <i>Tube</i> yang Diperlukan .....</b>   | <b>70</b>     |
| <b>4.10. Panjang Pipa <i>Tube</i> .....</b>                  | <b>72</b>     |
| <b>4.11. Penurunan Tekanan Sisi Udara .....</b>              | <b>73</b>     |
| <b>4.12. Penurunan Tekanan Sisi <i>Refrigerant</i> .....</b> | <b>77</b>     |
| <b>4.13. Penurunan Tekanan Pada <i>Header</i> .....</b>      | <b>78</b>     |
| <b>4.14. Perancangan Kipas atau <i>Fan</i> .....</b>         | <b>80</b>     |
| <br><b>BAB V KOMPRESOR .....</b>                             | <br><b>82</b> |
| <b>5.1. Pengertian dan Jenis Kompresor.....</b>              | <b>82</b>     |
| <b>5.2. Pemilihan Tipe Kompresor.....</b>                    | <b>84</b>     |
| <b>5.3. Perancangan Kompresor Tekanan Rendah .....</b>       | <b>84</b>     |
| 5.3.1. Efisiensi Volumetris .....                            | 85            |
| 5.3.2. Efisiensi Volumetris Menyeluruh .....                 | 85            |
| 5.3.3. Dimensi Utama Kompresor Torak .....                   | 86            |
| 5.3.4. Silinder Kompresor .....                              | 88            |
| 5.3.5. Perancangan Torak .....                               | 90            |
| 5.3.6. Katup .....                                           | 96            |
| 5.3.6.1. Katup Isap .....                                    | 97            |
| 5.3.6.2. Katup Buang .....                                   | 98            |
| 5.3.7. Poros Engkol .....                                    | 101           |
| 5.3.8. Motor Penggerak .....                                 | 102           |
| <b>5.4. Perancangan Kompresor Tekanan Tinggi .....</b>       | <b>102</b>    |
| 5.4.1. Efisiensi Volumetris .....                            | 102           |
| 5.4.2. Efisiensi Volumetris Menyeluruh .....                 | 103           |
| 5.4.3. Dimensi Utama Kompresor Torak .....                   | 104           |
| 5.4.4. Silinder Kompresor .....                              | 106           |
| 5.4.5. Perancangan Torak .....                               | 107           |
| 5.4.6. Katup .....                                           | 114           |
| 5.4.6.1. Katup Isap .....                                    | 114           |

|                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.4.6.2. Katup Buang .....                                        | 115        |
| 5.4.7. Poros Engkol .....                                         | 118        |
| 5.4.8. Motor Penggerak .....                                      | 119        |
| <b>BAB VI KONDENSOR .....</b>                                     | <b>120</b> |
| <b>6.1. Pengertian dan Jenis Kondensor .....</b>                  | <b>120</b> |
| <b>6.2. Pemilihan Kondensor .....</b>                             | <b>122</b> |
| <b>6.3. Perancangan Kondensor .....</b>                           | <b>122</b> |
| 6.3.1. Beda Temperatur Logaritmatik .....                         | 124        |
| 6.3.2. Susunan Geometri <i>Heat Exchanger</i> .....               | 125        |
| 6.3.3. Bagian <i>Desuperheated</i> .....                          | 127        |
| 6.3.4. Bagian <i>Condensation</i> .....                           | 136        |
| <b>6.4. Pressure Drop .....</b>                                   | <b>143</b> |
| 6.4.1. <i>Shell Desuperheated Pressure Drop</i> .....             | 143        |
| 6.4.2. <i>Shell Condensation Pressure Drop</i> .....              | 144        |
| 6.4.3. <i>Pressure Drop</i> pada <i>Tube</i> .....                | 145        |
| <b>BAB VII EXPANSION VALVE DAN KOMPONEN PENDUKUNG .....</b>       | <b>147</b> |
| <b>7.1. Expansion Valve .....</b>                                 | <b>147</b> |
| <b>7.2. Pompa Air Sirkulasi .....</b>                             | <b>149</b> |
| 7.2.1. <i>Head</i> Gesekan Pipa Lurus .....                       | 150        |
| 7.2.2. <i>Head</i> Belokan .....                                  | 151        |
| 7.2.3. <i>Head Loss</i> pada <i>Gate Valve</i> .....              | 152        |
| 7.2.4. <i>Head</i> Total Pompa .....                              | 152        |
| <b>7.3. Katup Selenoid .....</b>                                  | <b>153</b> |
| <b>7.4. Pemisahan Minyak Pelumas (<i>Oil Separator</i>) .....</b> | <b>154</b> |
| <b>7.5. Pencairan Bunga Es (<i>Defrosting</i>) .....</b>          | <b>155</b> |
| <b>7.6. Filter Drier .....</b>                                    | <b>155</b> |
| <b>7.7. Thermostat Ruang .....</b>                                | <b>156</b> |
| <b>7.8. Akumulator .....</b>                                      | <b>156</b> |
| <b>7.9. Katup Pengatur Air Pendingin Kondensor .....</b>          | <b>156</b> |

|                                                           |                |
|-----------------------------------------------------------|----------------|
| <b>7.10. Pengendali Tekanan .....</b>                     | <b>156</b>     |
| <b>7.11. Katup Satu Arah (<i>Check Valve</i>) .....</b>   | <b>157</b>     |
| <br><b>BAB VIII DUCTING SYSTEM .....</b>                  | <br><b>158</b> |
| <b>8.1. Saluran Udara Suplai .....</b>                    | <b>161</b>     |
| 8.1.1. Saluran Udara Suplai Ruang A .....                 | 161            |
| 8.1.2. Saluran Udara Suplai Ruang B .....                 | 163            |
| 8.1.3. Saluran Udara Suplai Ruang C .....                 | 164            |
| <b>8.2. Saluran Udara <i>Return</i> .....</b>             | <b>165</b>     |
| 8.2.1. Saluran Udara <i>Return</i> Ruang A .....          | 166            |
| 8.2.2. Saluran Udara <i>Return</i> Ruang B .....          | 167            |
| 8.2.3. Saluran Udara <i>Return</i> Ruang C .....          | 168            |
| <br><b>BAB IX KESIMPULAN .....</b>                        | <br><b>171</b> |
| <b>9.1. <i>Cold Storage</i> .....</b>                     | <b>171</b>     |
| <b>9.2. Beban Pendingin Total .....</b>                   | <b>171</b>     |
| <b>9.3. Evaporator .....</b>                              | <b>172</b>     |
| <b>9.4. Kompresor .....</b>                               | <b>172</b>     |
| 9.4.1. Kompresor Tekanan Rendah .....                     | 172            |
| 9.4.2. Kompresor Tekanan Tinggi .....                     | 173            |
| <b>9.5. Kondensor .....</b>                               | <b>174</b>     |
| <b>9.6. <i>Ducting System</i> .....</b>                   | <b>175</b>     |
| 9.6.1. Saluran Udara Suplai .....                         | 175            |
| 9.6.2. Saluran Udara <i>Return</i> .....                  | 176            |
| <b>9.7. <i>Coeffisient of Performance (COP)</i> .....</b> | <b>177</b>     |
| <br><b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                           | <br><b>178</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                                     | <b>180</b>     |

## DAFTAR GAMBAR

|             |                                                               |     |
|-------------|---------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 2.1. | Diagram Mesin Kalor .....                                     | 14  |
| Gambar 2.2. | Diagram Mesin Pendingin.....                                  | 14  |
| Gambar 2.3. | Siklus Carnot yang Dibalik.....                               | 17  |
| Gambar 2.4. | SkProses Kompresi Basah dan Kompresi Kering .....             | 18  |
| Gambar 2.5. | Siklus Kompresi Uap pada Diagram T-s .....                    | 19  |
| Gambar 2.6. | Siklus Kompresi Uap Sebenarnya pada P-h Diagram .....         | 20  |
| Gambar 3.1. | Rancangan Bangunan <i>Cold Storage</i> .....                  | 22  |
| Gambar 3.2. | Konstruksi Dinding .....                                      | 23  |
| Gambar 3.3. | Konstruksi Atap .....                                         | 24  |
| Gambar 3.4. | Konstruksi Lantai .....                                       | 25  |
| Gambar 3.5. | Konstruksi Pintu .....                                        | 25  |
| Gambar 3.6. | Skema Sistem Refrigerasi pada <i>Cold Storage</i> .....       | 52  |
| Gambar 3.7. | Sistem Refrigerasi <i>Cold Storage</i> pada P-h Diagram ..... | 54  |
| Gambar 4.1. | <i>Flooded</i> Evaporator .....                               | 57  |
| Gambar 4.2. | <i>Dry</i> Evaporator .....                                   | 58  |
| Gambar 7.1. | Katup Ekspansi Termostatik.....                               | 148 |
| Gambar 7.2. | Katup Selenoid.....                                           | 154 |
| Gambar 8.1. | Skema Saluran Udara Suplai Ruang A .....                      | 162 |
| Gambar 8.2. | Skema Saluran Udara Suplai Ruang B.....                       | 163 |
| Gambar 8.3. | Skema Saluran Udara Suplai Ruang C .....                      | 165 |
| Gambar 8.4. | Skema Saluran Udara <i>Return</i> Ruang A .....               | 166 |
| Gambar 8.5. | Skema Saluran Udara <i>Return</i> Ruang B .....               | 168 |
| Gambar 8.6. | Skema Saluran Udara <i>Return</i> Ruang C .....               | 169 |

## DAFTAR TABEL

|            |                                                                                       |     |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 1.1  | Spesifikasi NaOH .....                                                                | 4   |
| Tabel 1.2  | Spesifikasi Resin PVC .....                                                           | 5   |
| Tabel 1.3  | Spesifikasi Produk VCM <i>Plant</i> .....                                             | 6   |
| Tabel 1.3. | Spesifikasi Produk VCM <i>Plant</i> (Lanjutan) .....                                  | 7   |
| Tabel 1.4  | Perbandingan Karakteristik .....                                                      | 7   |
| Tabel 1.5  | Spesifikasi Produk VCM .....                                                          | 8   |
| Tabel 3.1  | Beban Pendingin Total .....                                                           | 47  |
| Tabel 3.2  | Disain Beda Temperatur ( <i>Evaporator Design Temperature</i> ,<br>Dossat 1981) ..... | 49  |
| Tabel 3.3  | <i>Ozone Depletion Potential</i> (Mc. Graw-Hill) .....                                | 51  |
| Tabel 6.1  | <i>Long Mean Difference Temperature</i> .....                                         | 124 |
| Tabel 8.1  | Data-data Aliran Udara pada Saluran Suplai Ruangan A .....                            | 162 |
| Tabel 8.2  | Data-data Aliran Udara pada Saluran Suplai Ruangan B .....                            | 164 |
| Tabel 8.3  | Data-data Aliran Udara pada Saluran Suplai Ruangan C .....                            | 165 |
| Tabel 8.4  | Data-data Aliran Udara pada Saluran <i>Return</i> Ruangan A .....                     | 167 |
| Tabel 8.5  | Data-data Aliran Udara pada Saluran <i>Return</i> Ruangan B .....                     | 168 |
| Tabel 8.6  | Data-data Aliran Udara pada Saluran <i>Return</i> Ruangan C .....                     | 170 |
| Tabel 9.1  | Beban Pendinginan .....                                                               | 172 |

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

|           |                                                                 |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|
| $A$       | : luas penampang; $m^2$                                         |
| $a$       | : laju perpindahan kalor; Nm                                    |
| $a$       | : tebal batang torak; mm                                        |
| $a$       | : tambahan tebal yang diizinkan; mm                             |
| $A_0$     | : luas permukaan antar fin; $m^2/m$ panjang                     |
| $A_c$     | : luas permukaan perpindahan kalor kondensasi                   |
| $A_f$     | : luas permukaan per satuan panjang; $m^2/m$ panjang            |
| $A_i$     | : luas permukaan <i>inside</i> ; $m^2$                          |
| $A_s$     | : luas aliran <i>shell</i> ; $m^2$                              |
| $A_s$     | : luas aliran udara; $ft^2$                                     |
| $A_{sh}$  | : luas permukaan perpindahan kalor <i>desuperheated</i> ; $m^2$ |
| $A_{tp}$  | : luas aliran <i>tube</i> ; $m^2$                               |
| $B$       | : <i>Baffle cut</i>                                             |
| $C$       | : <i>clearance</i> ; mm                                         |
| $C_m$     | : kecepatan torak rata-rata; rpm                                |
| $C_r$     | : <i>clearance radial</i> ; mm                                  |
| $C_o$     | : konstanta Grimson's                                           |
| $C_p$     | : kalor spesifik; $kJ/kg \cdot ^\circ K$                        |
| COP       | : <i>Coefisient of Performance</i>                              |
| $C_{mb}$  | : kecepatan torak rata-rata; cm/s                               |
| $D$       | : diameter silinder kompresor; m                                |
| $D_o$     | : diameter bagian luar rata-rata;                               |
| $D_e$     | : diameter ekuivalen pipa; mm                                   |
| $D'_{ev}$ | : diameter ekuivalen volumetrik; ft                             |
| $D_f$     | : faktor aliran pintu                                           |
| $D_{fo}$  | : Diameter luar fin; mm                                         |
| $D_i$     | : diameter dalam pipa; mm                                       |

|           |                                                                                                        |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $d_k$     | : diameter katup isap; mm                                                                              |
| $d_{kb}$  | : diameter katup buang; mm                                                                             |
| $D_r$     | : diameter <i>root</i> ; mm                                                                            |
| $D_t$     | : faktor bukaan pintu                                                                                  |
| $d_t$     | : diameter torak; mm                                                                                   |
| $E$       | : <i>effectiveness</i>                                                                                 |
| $F$       | : Gaya pada batang torak; kg                                                                           |
| $f$       | : koefisien gesekan                                                                                    |
| $f$       | : tegangan tarik yang diizinkan; $\text{kg/cm}^2$                                                      |
| $f_0$     | : koefisien perpindahan kalor konveksi dinding sebelah luar                                            |
| $f_1$     | : koefisien perpindahan kalor konveksi dinding sebelah dalam                                           |
| $FA$      | : <i>face area</i> ; $\text{m}^2$                                                                      |
| $f_i$     | : faktor pengotor sisi <i>refrigerant</i> ; $1,8 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{K/W}$ |
| $F_m$     | : faktor densitas                                                                                      |
| $F_m$     | : kalor ekuivalen motor listrik; Btu/ hp jam                                                           |
| $f_o$     | : faktor pengotor sisi udara; $3,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{K/W}$               |
| $F_{sa}$  | : <i>lighting special allowance factor</i>                                                             |
| $f_t$     | : luas penampang pada pena torak; $\text{m}^2$                                                         |
| $f_{ul}$  | : <i>lighting use factor</i>                                                                           |
| $g$       | : konstanta gravitasi; $9,81 \text{ m/s}^2$                                                            |
| $G''$     | : beban kondensasi <i>tube bundle horizontal</i> ; $\text{kg/m.s}$                                     |
| $G_r$     | : laju aliran massa per satuan luas; $\text{lb/hr ft}^2$                                               |
| $G_s$     | : laju aliran massa <i>refrigerant</i> ; $\text{lb/hr ft}^2$                                           |
| $G_t$     | : laju aliran massa air di dalam <i>tube</i> ; $\text{lb/hr ft}^2$                                     |
| $G_t$     | : laju aliran massa <i>refrigerant</i> per luas penampang                                              |
| $H$       | : tinggi; m                                                                                            |
| $h$       | : enthalpi; $\text{kJ/kg}$                                                                             |
| $h$       | : koefisien konveksi; $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$                                                    |
| $H_{eqv}$ | : kalor <i>equivalent of occupancy</i> ; kW                                                            |
| $h_{fg}$  | : kalor laten penguapan; $\text{kJ/kg}$                                                                |
| $h_{io}$  | : koefisien perpindahan kalor sisi <i>tube</i> ; $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$                         |

|              |                                                                |
|--------------|----------------------------------------------------------------|
| $h_o$        | : koefisien perpindahan kalor sisi <i>shell</i> ; $W/m^2.K$    |
| $I_f$        | : tinggi fin; mm                                               |
| $K$          | : konduktivitas termal; $W/m.K$                                |
| $K_h$        | : konstanta untuk <i>header</i>                                |
| $L$          | : lebar; m                                                     |
| $L$          | : panjang <i>tube</i> total disain; m                          |
| $L$          | : panjang <i>tube</i> total perhitungan; m                     |
| $L_1$        | : panjang pena torak terpakai; mm                              |
| $L_2$        | : panjang pena torak pada tumpuan torak; mm                    |
| $L_{bt}$     | : panjang batang torak; mm                                     |
| LMTD         | : <i>Logarithmic Mean Temperature Difference</i> ; $^{\circ}C$ |
| $L_c$        | : panjang <i>tube</i> kondensasi; m                            |
| $L_p$        | : panjang lintasan udara, ft                                   |
| $L_s$        | : panjang silinder; m                                          |
| $L_{sh}$     | : panjang <i>tube desuperheated</i> ; m                        |
| $L_t$        | : panjang langkah torak; m                                     |
| $M_b$        | : momen lengkung pada pena torak; kg.cm                        |
| $m_{ref}$    | : laju aliran massa <i>refrigerant</i> ; kg/s                  |
| $m_w$        | : laju aliran massa air; kg/s                                  |
| $N$          | : putaran poros; rpm                                           |
| $N_p$        | : jumlah lintasan <i>tube</i>                                  |
| $N_{people}$ | : jumlah orang yang bekerja di dalam ruang pendingin           |
| $N_t$        | : jumlah <i>tube</i>                                           |
| $N_u$        | : <i>Nusselt number</i>                                        |
| $N_{ut}$     | : <i>Nusselt number</i> pada <i>tube</i>                       |
| $N_v$        | : jumlah pipa susunan vertikal                                 |
| $P$          | : daya motor; Hp                                               |
| $P$          | : panjang; m                                                   |
| $P_d$        | : tekanan <i>discharge</i> ; MPa                               |
| $P_f$        | : rugi tekanan yang diatasi <i>fan</i> ; in. wg                |
| $P_i$        | : <i>intermediate pressure</i> ; MPa                           |

|           |                                                         |
|-----------|---------------------------------------------------------|
| $P_k$     | : proyeksi keliling; m/m panjang                        |
| $P_r$     | : bilangan Prandtl                                      |
| $P_r$     | : kompresi rasio                                        |
| $P_s$     | : tekanan <i>suction</i> ; MPa                          |
| $P_t$     | : <i>pitch tube</i> ; m                                 |
| $P_v$     | : rugi tekanan dinamis pada <i>fan</i> ; Pa ( $N/m^2$ ) |
| PVC       | : <i>Poly Vinyl Chloride</i>                            |
| Q         | : kapasitas <i>fan</i> ; cfm                            |
| $Q_c$     | : kalor yang dibuang saat kondensasi; kW                |
| $Q_k$     | : kalor yang dibuang kondensor; kW                      |
| $Q_{sh}$  | : kalor yang dibuang pada kondisi uap jenuh; kW         |
| $q_t$     | : perolehan panas rata-rata untuk 24 jam; kW            |
| r         | : kompresi rasio                                        |
| $R_e$     | : <i>Reynolds number</i>                                |
| S         | : spesifik gravitasi                                    |
| SHP       | : daya kompresor; Hp                                    |
| Shp       | : daya <i>fan</i> ; Hp                                  |
| t         | : tebal silinder; mm                                    |
| $T_c$     | : temperatur kondensor; °C                              |
| $t_{cc}$  | : tinggi cincin torak; mm                               |
| $t_d$     | : tebal dinding torak; mm                               |
| $T_e$     | : <i>temperature outside/ exit</i> ; °C                 |
| $T_f$     | : temperatur fluida; °C                                 |
| $t_f$     | : tebal fin; mm                                         |
| $T_i$     | : <i>temperature inside</i> ; °C                        |
| $T_{ib}$  | : temperatur rata-rata <i>tube</i> ; °C                 |
| $T_{in}$  | : temperatur masuk kondensor; °C                        |
| $t_{in}$  | : temperatur air masuk kondensor; °C                    |
| $t_k$     | : tebal kepala silinder; mm                             |
| $t_{kb}$  | : tebal katup buang; mm                                 |
| $t_{out}$ | : temperatur air keluar kondensor; °C                   |

|                  |                                                                          |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| $T_r$            | : temperatur <i>refrigerant</i> di dalam evaporator; °C                  |
| $T_s$            | : temperatur permukaan; °C                                               |
| $T_{sc}$         | : T rata-rata <i>shell</i> kondensasi; °C                                |
| $T_{wall}$       | : temperatur dinding <i>tube</i> ; °C                                    |
| $U$              | : koefisien perpindahan kalor universal, $W/m^2.K$                       |
| $U_c$            | : koefisien perpindahan kalor universal kondensasi; $W/m^2.K$            |
| $U_m$            | : kecepatan aliran air di dalam <i>tube</i> ; m/s                        |
| $U_o$            | : koefisien perpindahan kalor <i>overall</i> ; $W/m^2.K$                 |
| $U_{sh}$         | : koefisien perpindahan kalor universal <i>desuperheated</i> ; $W/m^2.K$ |
| $U_t$            | : kecepatan fluida; m/s                                                  |
| $V$              | : volume aliran fluida; $m^3/s$                                          |
| $V_{act}$        | : volume aktual; $m^3/s$                                                 |
| $W$              | : usaha; W                                                               |
| $W_s$            | : laju aliran udara; lb/hr                                               |
| $\Delta P_{ft}$  | : <i>pressure drop</i> akibat <i>friction loss</i> pada pipa; Pa         |
| $\Delta P_h$     | : penurunan tekanan pada <i>header</i> ; Pa                              |
| $\Delta P_r$     | : <i>pressure drop</i> akibat <i>return loss</i> pada pipa; Pa           |
| $\Delta P_s$     | : <i>pressure drop</i> pada sisi udara; Pa                               |
| $\Delta P_{st}$  | : <i>shell pressure drop</i> total; Pa                                   |
| $\Delta P_t$     | : penurunan tekanan pada <i>refrigerant</i> ; Pa                         |
| $\Delta P_t$     | : <i>pressure drop</i> pada <i>tube</i> total; Pa                        |
| $\Delta T$       | : beda temperatur; C                                                     |
| $\Delta T_c$     | : beda temperatur logaritmatik kondensasi; °C                            |
| $\Delta T_{rsh}$ | : beda temperatur <i>refrigerant</i> untuk <i>desuperheated</i> ; °C     |
| $\Delta T_{sh}$  | : beda temperatur logaritmatik <i>desuperheated</i> ; °C                 |
| $\Delta T_{wsh}$ | : beda temperatur air untuk <i>desuperheated</i> ; °C                    |
| $\alpha$         | : tegangan lengkung bahan; $kg/cm^2$                                     |
| $\varepsilon$    | : <i>ratio of clearance volume</i>                                       |
| $\gamma$         | : <i>adiabatic exponent</i>                                              |
| $v$              | : volume jenis <i>refrigerant</i> ; $m^3/kg$                             |



|             |                                                                                          |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\vartheta$ | : <i>satisfactory ratio</i>                                                              |
| $\sigma$    | : <i>Stefan-Boltzman constant</i> ; $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^2$ |
| $\tau$      | : tegangan geser pada poros engkol; $\text{kg/cm}^2$                                     |
| $\tau_s$    | : tegangan geser pada pena torak; $\text{kg/cm}^2$                                       |
| $\mu$       | : kecepatan udara; $\text{m/s}$                                                          |
| $\mu$       | : viskositas/ kekentalan fluida; $\text{N.s/m}^2$                                        |
| $\eta$      | : efisiensi fin; %                                                                       |
| $\eta_{av}$ | : efisiensi volumetrik menyeluruh                                                        |
| $\eta_v$    | : efisiensi volumetrik                                                                   |
| $\theta_d$  | : perioda sehari                                                                         |
| $\theta_o$  | : lama pintu terbuka; menit                                                              |
| $\theta_p$  | : waktu buka dan tutup pintu; detik/pintu                                                |
| $\phi$      | : <i>viscosity ratio</i>                                                                 |
| $\rho$      | : <i>density</i> ; $\text{kg/m}^3$                                                       |
| $\rho_l$    | : <i>density of liquid</i> ; $\text{kg/m}^3$                                             |
| $\rho_v$    | : <i>density of vapor</i> ; $\text{kg/m}^3$                                              |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran 1. Dimensi Bangunan <i>Cold Storage</i> .....                      | 53  |
| Lampiran 2. <i>Thermal Conductivity of Material</i> .....                   | 58  |
| Lampiran 3. <i>Heat Equivalent of Occupancy</i> .....                       | 60  |
| Lampiran 4. <i>Heat Equivalent of Electric Motor</i> .....                  | 62  |
| Lampiran 5. <i>Low-Fin Tubes, Dimension for 748 fin/m</i> .....             | 184 |
| Lampiran 6. P – h Diagram R – 134a .....                                    | 185 |
| Lampiran 7. <i>Thermophysical Properties of Refrigerant</i> .....           | 186 |
| Lampiran 8. <i>Thermophysical Properties of Air</i> .....                   | 187 |
| Lampiran 9. Ukuran Standar Piston Kompresor .....                           | 188 |
| Lampiran 10. Ukuran Standar Piston Kompresor (Lanjutan) .....               | 189 |
| Lampiran 11. <i>Tube Sheet-Sheet Layout (Tube Count)</i> .....              | 190 |
| Lampiran 12. <i>Tube Sheet-Sheet Layout (Tube Count)</i> – (Lanjutan) ..... | 191 |
| Lampiran 13. Data Pipa Kondensor .....                                      | 192 |
| Lampiran 14. Faktor Gesekan pada <i>Shell</i> .....                         | 193 |
| Lampiran 15. Faktor Gesekan pada Pipa .....                                 | 194 |
| Lampiran 16. Dimensi Saluran Udara .....                                    | 195 |
| Lampiran 17. Dimensi Saluran Udara (Lanjutan) .....                         | 196 |
| Lampiran 18. Dimensi Saluran Udara (Lanjutan) .....                         | 197 |
| Lampiran 19. Kecepatan Aliran Udara Maksimum .....                          | 198 |
| Lampiran 20. <i>Friction Loss</i> pada Saluran Udara .....                  | 199 |