

## DAFTAR ISI

<b>PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN DOSEN PENGUJI</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI</b>	<b>iv</b>
<b>NASKAH SOAL TUGAS AKHIR</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>xxi</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b>	<b>xxii</b>
<b>INTISARI</b>	<b>xxv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xxvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1. Analisis Penggunaan Fluida Kerja <i>Organic Rankine Cycle</i>	4
2.2. Perancangan Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	7
2.3. Penggunaan CFD dalam Simulasi Alat Penukar Kalor	11
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	<b>19</b>
3.1. Siklus Rankine Organik	19
3.2. Alat Penukar Kalor	20
3.1.1. <i>Recuperator</i> dan <i>Regenerator</i>	20

3.1.2. Klasifikasi Alat Penukar Kalor Berdasarkan Tipe Perpindahan Kalor	21
3.1.3. Klasifikasi Alat Penukar Kalor Berdasarkan Geometri Konstruksi	21
3.1.4. Klasifikasi Alat Penukar Kalor Berdasarkan Aliran Fluida	22
3.3. Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	23
3.4. Komponen Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	27
3.3.1. <i>Shell</i>	27
3.3.2. <i>Head</i>	27
3.3.3. <i>Tube</i>	28
3.3.4. <i>Tubesheet</i>	31
3.3.5. <i>Baffles</i>	32
3.3.6. <i>Tie Rod</i>	33
3.5. <i>Sizing</i> Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	33
3.6. Perhitungan Mekanikal Alat Penukar Kalor	38
3.7. Metode Perancangan Bell Delaware	46
3.8. Perhitungan <i>Pressure Drop</i>	57
3.9. Perhitungan Efektivitas	62
3.10. <i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD)	62
3.9.1. <i>Finite Volume Method</i>	63
3.9.2. Persamaan Atur ( <i>Governing Equations</i> )	64
3.9.3. Model Turbulensi	65
3.9.4. Model Turbulensi <i>k-ε Realizable</i>	67
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>68</b>
4.1. Alat	68
4.2. Bahan	72

4.3. Diagram Alir	74
4.4. Perhitungan Desain Alat Penukar Kalor	76
4.5. Proses Prediksi Numeris	78
4.5.1. <i>Pre-processing</i>	78
4.5.2. <i>Solving</i>	79
4.5.3. <i>Post-Processing</i>	79
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>80</b>
5.1. Perancangan Alat Penukar Kalor Berdasarkan Standar TEMA	80
5.1.1. Perhitungan Beban Kalor	80
5.1.2. Perhitungan <i>Log Mean Temperature Difference</i>	80
5.1.3. Faktor Koreksi <i>Log Mean Temperature Difference</i>	81
5.1.4. Penentuan Koefisien Perpindahan Kalor Keseluruhan	81
5.1.5. Perhitungan Luasan Perpindahan Kalor yang Dibutuhkan	82
5.1.6. Perhitungan Jumlah <i>Tube</i>	82
5.1.7. Perhitungan Luasan Terkoreksi	83
5.1.8. Perhitungan Diameter <i>Tube Bundle</i>	83
5.1.9. Perhitungan Kecepatan Alir	83
5.2. Perhitungan Kekuatan Alat Penukar Kalor	85
5.2.1. Perhitungan Mekanikal <i>Shell</i>	85
5.2.2. Perhitungan <i>Nozzle</i>	86
5.2.3. Penentuan <i>Tubesheet</i>	87
5.2.4. Penentuan Tebal <i>Baffle</i>	88
5.2.5. Penentuan Tebal <i>Pass Partition Plate</i>	88
5.2.6. Penentuan <i>Tie Rod</i>	88
5.2.7. Pemilihan <i>Flange</i>	88

5.2.8. Perhitungan <i>Lifting Lug</i>	90
5.2.9. Perhitungan <i>Saddle</i>	91
5.3. Metode Perancangan Bell Delaware	91
5.3.1. Perhitungan Laju Flux Massa Fluida pada <i>Shell</i>	92
5.3.2. Perhitungan Diameter Ekuivalen	93
5.3.3. Perhitungan Bilangan Reynolds <i>Shell</i>	93
5.3.4. Perhitungan Bilangan Prandtl <i>Shell</i>	93
5.3.5. Perhitungan Bilangan Nusselt <i>Shell</i>	93
5.3.6. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Ideal pada <i>Shell</i>	94
5.3.7. Penentuan Faktor Koreksi Baris <i>Tube</i>	94
5.3.8. Penentuan Faktor Koreksi <i>Window</i>	95
5.3.9. Perhitungan Faktor Koreksi <i>Bypass</i>	95
5.3.10. Perhitungan Faktor Koreksi <i>Leakage</i>	96
5.3.11. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor pada Sisi <i>Shell</i>	97
5.3.12. Perhitungan Laju Aliran pada <i>Tube</i>	97
5.3.13. Perhitungan Bilangan Reynolds pada <i>Tube</i>	98
5.3.14. Perhitungan Bilangan Prandtl pada <i>Tube</i>	98
5.3.15. Perhitungan Bilangan Nusselt <i>Tube</i>	98
5.3.16. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor pada <i>Tube</i>	98
5.3.17. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Keseluruhan	99
5.4. Perhitungan <i>Pressure Drop</i>	99
5.4.1. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Ideal	99
5.4.2. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Zona <i>Cross Flow</i>	100
5.4.3. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Zona <i>Window</i>	101
5.4.4. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> pada Zona Tepi	102

5.4.5. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> pada <i>Nozzle</i>	102
5.4.6. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> pada sisi <i>Shell</i>	102
5.4.7. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> pada sisi <i>Tube</i>	103
5.5. Rangkuman Perhitungan Perancangan	103
5.6. Proses Pasca Hitung Perancangan	108
5.6.1. Pembuatan Geometri dan 3D Model Fluida Alat Penukar Kalor	108
5.6.2. Pembuatan <i>Mesh</i> dan <i>Mesh Independency Test</i>	110
5.6.3. Pengaturan pada ANSYS Fluent	112
5.7. Perbandingan Hasil Prediksi Numeris dengan Perhitungan	119
5.8. Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor dengan Variasi Laju Aliran Massa Desain	120
5.9. Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor dengan Variasi Laju Aliran Massa <i>Off-Design</i>	123
5.9.1. Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i> dengan Laju Aliran Massa <i>Shell</i> 0,0575 kg/s	123
5.9.2. Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i> dengan Laju Aliran Massa <i>Shell</i> 0,115 kg/s	126
5.9.3. Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i> dengan Laju Aliran Massa <i>Shell</i> 0,1725 kg/s	129
5.9.4. Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i> dengan Laju Aliran Massa <i>Shell</i> 0,2875 kg/s	132
5.9.5. Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i> dengan Laju Aliran Massa <i>Shell</i> 0,345 kg/s	135
5.9.6. Prediksi numeris Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i> dengan Laju Aliran Massa <i>Shell</i> 0,4025 kg/s	138
5.10. Rangkuman Hasil Prediksi Numeris	141

5.11. Perbandingan Hasil Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i> dengan Variasi Laju Aliran Massa	141
5.11.1. Perbandingan Temperatur Keluaran Fluida pada Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	141
5.11.2. Perbandingan Koefisien Perpindahan Kalor Total pada Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	143
5.11.3. Perbandingan Efektivitas pada Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	143
5.11.4. Perbandingan <i>Pressure Drop</i> pada Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	144
5.11.5. Perbandingan Rasio Unjuk Kerja pada Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	145
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>147</b>
6.1. Kesimpulan	147
6.2. Saran	148
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>149</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>147</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Perbandingan <i>Objective Function</i> terhadap Perbedaan Suhu	4
<b>Gambar 2.2</b>	Perbandingan Koefisien Perpindahan Kalor Keseluruhan terhadap Variasi Laju Aliran Massa Fluida <i>Shell</i>	10
<b>Gambar 2.3</b>	Perbandingan <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Shell</i> terhadap Variasi Laju Aliran Massa Fluida <i>Shell</i>	10
<b>Gambar 2.4</b>	Konstruksi 3D Alat Penukar Kalor	12
<b>Gambar 2.5</b>	Domain Fluida Alat Penukar Kalor	12
<b>Gambar 2.6</b>	Distribusi Temperatur Hasil Simulasi	13
<b>Gambar 2.7</b>	Distribusi Tekanan Hasil Simulasi	13
<b>Gambar 2.8</b>	Geometri 3D pada ANSYS	14
<b>Gambar 2.9</b>	Pandangan Isometris dari Alat Penukar kalor <i>Shell and Tube</i> Tipe <i>U-tube</i> dengan <i>Baffle Inclination</i> 0°	16
<b>Gambar 2.10</b>	Grafik Temperatur Keluaran dari Variasi Laju Aliran Massa	17
<b>Gambar 2.11</b>	Grafik <i>Pressure Drop</i> dari Variasi laju Aliran Massa	17
<b>Gambar 3.1</b>	Contoh Diagram Skema Siklus Rankine	19
<b>Gambar 3.2</b>	Alat Penukar Kalor Jenis <i>Shell and Tube</i>	20
<b>Gambar 3.3</b>	Skema Perpindahan Kalor Berbagai Jenis Alat Penukar Kalor	23
<b>Gambar 3.4</b>	Standar Konstruksi Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	25
<b>Gambar 3.5</b>	Contoh Konstruksi Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	26
<b>Gambar 3.6</b>	<i>Shell</i> Tipe E untuk <i>One-Pass Shell</i>	27
<b>Gambar 3.7</b>	Standar Penataan <i>Tube</i>	31
<b>Gambar 3.8</b>	<i>Clearance</i> dan <i>Flow Area</i> pada Alat Penukar Kalor dengan <i>Segmental Baffle</i>	33
<b>Gambar 3.9</b>	<i>Clearance</i> antara <i>Shell</i> dan <i>Tube Bundle</i>	37
<b>Gambar 3.10</b>	Geometri Standar Flange Kelas 150#	43
<b>Gambar 3.11</b>	Geometri Standar <i>Saddle</i>	45
<b>Gambar 3.12</b>	Faktor Perpindahan Panas <i>Shell</i>	49
<b>Gambar 3.13</b>	Faktor Koreksi Baris <i>Tube</i>	50
<b>Gambar 3.14</b>	Koefisien Faktor Koreksi <i>Window</i>	51

<b>Gambar 3.15</b>	Koefisien Faktor Koreksi <i>Bypass</i>	52
<b>Gambar 3.16</b>	Koefisien Faktor Koreksi <i>Leakage</i>	54
<b>Gambar 3.17</b>	Faktor Koreksi Koefisien Perpindahan Kalor Pada <i>Tube</i>	56
<b>Gambar 3.18</b>	Koefisien Faktor Gesekan <i>jjf</i>	58
<b>Gambar 3.19</b>	Koefisien <i>Pressure Drop</i> Faktor <i>Bypass</i>	59
<b>Gambar 3.20</b>	Koefisien Faktor <i>Leakage</i>	59
<b>Gambar 4.1</b>	Tampilan Microsoft Excel	69
<b>Gambar 4.2</b>	Tampilan Autodesk Inventor 2024	69
<b>Gambar 4.3</b>	Tampilan ANSYS Design Modeler	70
<b>Gambar 4.4</b>	Tampilan ANSYS Meshing	70
<b>Gambar 4.5</b>	Tampilan ANSYS Fluent	71
<b>Gambar 4.6</b>	Tampilan ANSYS CFD Post	72
<b>Gambar 4.7</b>	Diagram Skema ORC dan <i>Preheater</i>	72
<b>Gambar 4.8</b>	Diagram Alir Penelitian	76
<b>Gambar 5.1</b>	Dimensi Pipa <i>Nozzle</i> pada Sisi <i>Shell</i> dan <i>Tube</i>	87
<b>Gambar 5.2</b>	Geometri dan Dimensi <i>Flange</i> 150# Ukuran 1,5 Inchi Sch 80	89
<b>Gambar 5.3</b>	Geometri dan Dimensi <i>Flange</i> 150# Ukuran 20 Inchi Sch 80	90
<b>Gambar 5.4</b>	Geometri <i>Gasket</i> 1 Inchi dan 20 Inchi	90
<b>Gambar 5.5</b>	Geometri <i>Lifting Lug</i>	90
<b>Gambar 5.6</b>	Geometri Desain <i>Saddle</i>	91
<b>Gambar 5.7</b>	Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i> Kasus <i>Scale Down</i>	109
<b>Gambar 5.8</b>	Model 3D Domain Fluida Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	110
<b>Gambar 5.9</b>	Hasil <i>Mesh</i> Alat Penukar Kalor	110
<b>Gambar 5.10</b>	Tampilan <i>General Set-Up</i>	113
<b>Gambar 5.11</b>	Tampilan Pengaturan Model Prediksi Numeris	114
<b>Gambar 5.12</b>	Tampilan Penentuan Jenis Material	115
<b>Gambar 5.13</b>	Tampilan <i>Cell Zone Condition</i>	115
<b>Gambar 5.14</b>	Tampilan <i>Boundary Condition</i>	115
<b>Gambar 5.15</b>	Tampilan <i>Solution Methods</i>	116
<b>Gambar 5.16</b>	Tampilan <i>Solution Control</i>	117
<b>Gambar 5.17</b>	Tampilan Pengaturan Inisialisasi Prediksi Numeris	117



<b>Gambar 5.18</b>	Tampilan Penentuan Iterasi Prediksi numeris	118
<b>Gambar 5.19</b>	Tampilan Kalkulasi Prediksi numeris	119
<b>Gambar 5.20</b>	Distribusi Temperatur Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Desain	122
<b>Gambar 5.21</b>	Distribusi Tekanan Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Desain	122
<b>Gambar 5.22</b>	Medan Aliran Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Desain	122
<b>Gambar 5.23</b>	Distribusi Temperatur Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,0575 kg/s	125
<b>Gambar 5.24</b>	Distribusi Tekanan Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,0575 kg/s	125
<b>Gambar 5.25</b>	Medan Aliran Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,0575 kg/s	125
<b>Gambar 5.26</b>	Distribusi Temperatur Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,115 kg/s	128
<b>Gambar 5.27</b>	Distribusi Tekanan Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,115 kg/s	128
<b>Gambar 5.28</b>	Medan Aliran Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,115 kg/s	128
<b>Gambar 5.29</b>	Distribusi Temperatur Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,1725 kg/s	131
<b>Gambar 5.30</b>	Distribusi Tekanan Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,1725 kg/s	131
<b>Gambar 5.31</b>	Medan Aliran Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,1725 kg/s	131
<b>Gambar 5.32</b>	Distribusi Temperatur Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,2875 kg/s	134
<b>Gambar 5.33</b>	Distribusi Tekanan Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,2875 kg/s	134

<b>Gambar 5.34</b>	Medan Aliran Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,2875 kg/s	134
<b>Gambar 5.35</b>	Distribusi Temperatur Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,345 kg/s	137
<b>Gambar 5.36</b>	Distribusi Tekanan Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,345 kg/s	137
<b>Gambar 5.37</b>	Medan Aliran Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,345 kg/s	137
<b>Gambar 5.38</b>	Distribusi Temperatur Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,4025 kg/s	140
<b>Gambar 5.39</b>	Distribusi Tekanan Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,4025 kg/s	140
<b>Gambar 5.40</b>	Medan Aliran Fluida Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Fluida Sisi <i>Shell</i> 0,4025 kg/s	140
<b>Gambar 5.41</b>	Perbandingan Temperatur Keluaran Fluida Sisi <i>Shell</i> terhadap Variasi Laju Aliran Massa Sisi <i>Shell</i>	142
<b>Gambar 5.42</b>	Perbandingan Temperatur Keluaran Fluida Sisi <i>Tube</i> terhadap Variasi Laju Aliran Massa Sisi <i>Shell</i>	142
<b>Gambar 5.43</b>	Perbandingan Koefisien Perpindahan Panas Total terhadap Variasi Laju Aliran Massa Sisi <i>Shell</i>	143
<b>Gambar 5.44</b>	Perbandingan Efektivitas terhadap Variasi Laju Aliran Massa Sisi <i>Shell</i>	144
<b>Gambar 5.45</b>	Perbandingan <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Shell</i> terhadap Variasi Laju Aliran Massa Sisi <i>Shell</i>	145
<b>Gambar 5.46</b>	Perbandingan Rasio Unjuk Kerja Sisi <i>Shell</i> terhadap Variasi Laju Aliran Massa Sisi <i>Shell</i>	146

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	<i>Datasheet Evaporator dan Preheater</i>	6
<b>Tabel 2.2</b>	<i>Datasheet Air-cooled Condenser</i>	6
<b>Tabel 2.3</b>	Properti Fluida	7
<b>Tabel 2.4</b>	Hasil Perancangan Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	7
<b>Tabel 2.5</b>	Properti Fluida	8
<b>Tabel 2.6</b>	Hasil Perancangan Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	8
<b>Tabel 2.7</b>	Properti Fluida	9
<b>Tabel 2.8</b>	Spesifikasi Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	9
<b>Tabel 2.9</b>	Kondisi Batas Simulasi CFD Alat Penukar Kalor	12
<b>Tabel 2.10</b>	Perbandingan Hasil Perhitungan dan Simulasi	14
<b>Tabel 2.11</b>	Geometri dari Alat Penukar Kalor <i>Shell And Tube Tipe U-tube</i> dengan <i>Baffle Inclination 0°</i>	15
<b>Tabel 3.1</b>	Standar Ukuran <i>Tube</i>	29
<b>Tabel 3.2</b>	Standar Ketebalan <i>Tubesheet</i>	31
<b>Tabel 3.3</b>	Standar Penggunaan <i>Tie Rod</i>	33
<b>Tabel 3.4</b>	Nilai Koefisien Perpindahan Kalor Keseluruhan	35
<b>Tabel 3.5</b>	Konstanta K1 dan n1	36
<b>Tabel 3.6</b>	Standar Ketebalan <i>Shell</i> Berdasarkan Tabel TEMA R-3.13	39
<b>Tabel 3.7</b>	Klasifikasi Ketebalan <i>Tubesheet</i> Berdasarkan Tabel TEMA RCB-7.22M	41
<b>Tabel 3.8</b>	Klasifikasi Ketebalan <i>Baffle</i> untuk Diameter Standar Berdasarkan Tabel TEMA RCB4.41	41
<b>Tabel 3.9</b>	Klasifikasi Ketebalan <i>Pass Partition Plate</i> untuk Diameter Standar Berdasarkan Tabel TEMA RCB-9.131	42
<b>Tabel 3.10</b>	Standar Ukuran dan Jumlah <i>Tie Rod</i> Berdasarkan Tabel TEMA R-4.71	42
<b>Tabel 3.11</b>	Klasifikasi <i>Rating</i> ASME B16.5 Temperatur dan	43
<b>Tabel 3.12</b>	Dimensi Standar <i>Flange</i> Kelas 150#	44
<b>Tabel 3.13</b>	Dimensi Standar <i>Lifting Lug</i>	44

<b>Tabel 3.14</b>	Standar Dimensi Konstruksi <i>Saddle</i>	45
<b>Tabel 4.1</b>	Spesifikasi Komputer	68
<b>Tabel 4.2</b>	<i>Datasheet</i> Aktual	73
<b>Tabel 4.3</b>	<i>Datasheet Scale Down</i>	73
<b>Tabel 4.4</b>	Rentang Kualitas <i>Mesh</i>	79
<b>Tabel 5.1</b>	Spesifikasi <i>Tube</i> Alat Penukar Kalor	82
<b>Tabel 5.2</b>	Spesifikasi Desain Rancangan <i>Shell</i>	85
<b>Tabel 5.3</b>	Spesifikasi Desain Rancangan <i>Nozzle</i>	86
<b>Tabel 5.4</b>	Dimensi <i>Lifting Lug</i>	91
<b>Tabel 5.5</b>	Dimensi <i>Saddle</i>	91
<b>Tabel 5.6</b>	Spesifikasi Alat Penukar Kalor	92
<b>Tabel 5.7</b>	Rangkuman Hasil <i>Sizing</i>	104
<b>Tabel 5.8</b>	Rangkuman Hasil Perhitungan Mekanikal	105
<b>Tabel 5.9</b>	Rangkuman Hasil Perancangan dengan Metode Bell Delaware	107
<b>Tabel 5.10</b>	Rangkuman Hasil Perhitungan <i>Pressure Drop</i>	108
<b>Tabel 5.11</b>	Ukuran Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i> Kasus <i>Scale Down</i>	109
<b>Tabel 5.12</b>	Hasil <i>Mesh Independency Test</i> Temperatur Keluaran Fluida	111
<b>Tabel 5.13</b>	Kualitas <i>Mesh</i> Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	111
<b>Tabel 5.14</b>	Detail <i>General Set Up</i> Prediksi Numeris	112
<b>Tabel 5.15</b>	Detail Pengaturan Model Turbulensi	113
<b>Tabel 5.16</b>	Detail Pengaturan Metode Solusi <i>Pressure-Velocity Coupling</i>	116
<b>Tabel 5.17</b>	Perbandingan Hasil Prediksi Numeris dan Perhitungan Alat Penukar Kalor	119
<b>Tabel 5.18</b>	Hasil Prediksi Numeris dengan Laju Aliran Massa Desain	120
<b>Tabel 5.19</b>	Hasil Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor dengan Laju Aliran Massa <i>Shell</i> 0,0575 kg/s	123
<b>Tabel 5.20</b>	Hasil Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor dengan Laju Aliran Massa <i>Shell</i> 0,115 kg/s	126
<b>Tabel 5.21</b>	Hasil Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor dengan Laju Aliran Massa <i>Shell</i> 0,1725 kg/s	129

<b>Tabel 5.22</b>	Hasil Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor dengan Laju Aliran Massa <i>Shell</i> 0,2875 kg/s	132
<b>Tabel 5.23</b>	Hasil Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor dengan Laju Aliran Massa <i>Shell</i> 0,345 kg/s	135
<b>Tabel 5.24</b>	Hasil Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor dengan Laju Aliran Massa <i>Shell</i> 0,4025 kg/s	138
<b>Tabel 5.25</b>	Rangkuman Hasil Prediksi Numeris	141

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b>	<i>Datasheet</i> Alat Penukar Kalor Kasus Aktual	147
<b>Lampiran 2.</b>	<i>Datasheet</i> Alat Penukar Kalor Kasus <i>Scale Down</i>	147
<b>Lampiran 3.</b>	Gambar Teknik Alat Penukar Kalor Kasus Aktual	148
<b>Lampiran 4.</b>	Gambar Teknik Alat Penukar Kalor Kasus <i>Scale Down</i>	149
<b>Lampiran 5.</b>	Data Properti Material SA 516 Gr. 70	150
<b>Lampiran 6.</b>	Konduktivitas Termal Material <i>Tube</i>	152
<b>Lampiran 7.</b>	<i>Maximum Allowable Joint Efficiencies</i>	153