

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	ii
PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xxii
INTISARI	xxv
ABSTRACT	xxvi
BAB I PENDAHULUAN	1
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
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
BAB III LANDASAN TEORI	19
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
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	68
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
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	80
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
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	147
6.1. Kesimpulan	147
6.2. Saran	148
DAFTAR PUSTAKA	149
LAMPIRAN	147

DAFTAR GAMBAR

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

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

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

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

DAFTAR TABEL

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

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

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

DAFTAR LAMPIRAN

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