

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xxiv
INTISARI	xxix
ABSTRACT	xxx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan dan Asumsi Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penggunaan Fluida Kerja R123 pada <i>Organic Rankine Cycle</i>	5
2.2. Perancangan Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	8
2.3. <i>Computational Fluid Dynamics</i> dalam Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor	12
BAB III LANDASAN TEORI	18
3.1. Siklus Rankine Organik	18
3.2. Fluida Kerja R-123	19
3.3. Alat Penukar Kalor (<i>Heat Exchanger</i>)	20
3.3.1. Klasifikasi Alat Penukar Kalor Recuperator/Regenerator	20

3.3.2.	Klasifikasi Alat Penukar Kalor Berdasarkan Mekanisme Perpindahan Kalor	21
3.3.3.	Klasifikasi Alat Penukar Kalor Berdasarkan Proses Perpindahan Kalor	21
3.3.4.	Klasifikasi Alat Penukar Kalor Berdasarkan Konstruksi Geometri	22
3.3.5.	Klasifikasi Alat Penukar Kalor Berdasarkan Susunan Aliran	23
3.4.	Alat Penukar Kalor Jenis <i>Shell and Tube</i>	24
3.5.	Komponen Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	27
3.5.1.	<i>Shell</i> (Cangkang)	28
3.5.2.	<i>Head</i>	28
3.5.3.	<i>Tube</i>	29
3.5.4.	Tubesheet	32
3.5.5.	<i>Nozzle</i>	33
3.5.6.	<i>Baffle</i>	33
3.5.7.	<i>Clearance</i>	34
3.5.8.	<i>Tie Rod</i>	35
3.6.	Penentuan Ukuran Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i> (<i>Sizing</i>)	36
3.6.1.	Perhitungan Laju Perpindahan Kalor Alat (Q)	36
3.6.2.	Perhitungan <i>Log Mean Temperature Difference</i> (ΔT_{LM})	36
3.6.3.	Perhitungan Faktor Koreksi LMTD (F_t)	37
3.6.4.	Penentuan Perkiraan Koefisien Perpindahan Kalor Keseluruhan (U)	37
3.6.5.	Perhitungan Kebutuhan Luas Area Perpindahan Kalor	38
3.6.6.	Perhitungan Jumlah <i>Tube</i>	38
3.6.7.	Perhitungan Diameter <i>Tube Bundle</i>	39
3.6.8.	Perhitungan Diameter Dalam <i>Shell</i>	40
3.6.9.	Penentuan Jumlah <i>Baffle</i> dan <i>Baffle Spacing</i>	40
3.6.10.	Perhitungan Kecepatan Aliran Fluida	41
3.7.	Perancangan Metode Bell-Delaware	42
3.7.1.	Perhitungan Laju Fluks Massa pada <i>Shell</i> dan <i>Tube</i>	42
3.7.2.	Perhitungan Diameter Hidraulik Ekuivalen	43
3.7.3.	Perhitungan Bilangan Reynolds	44

3.7.4.	Perhitungan Bilangan Prandtl	44
3.7.5.	Perhitungan Bilangan <i>Nusselt</i> dan Penentuan Faktor Perpindahan Kalor	45
3.7.6.	Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Ideal <i>Shell</i>	46
3.7.7.	Penentuan Faktor Koreksi Baris <i>Tube</i>	47
3.7.8.	Penentuan Faktor Koreksi <i>Window</i>	48
3.7.9.	Faktor Koreksi <i>Bypass</i>	50
3.7.10.	Perhitungan Faktor Koreksi <i>Leakage</i>	51
3.7.11.	Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor <i>Shell</i>	52
3.7.12.	Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor <i>Tube</i>	53
3.7.13.	Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Total	53
3.8.	Perancangan Mekanikal Alat Penukar Kalor	54
3.8.1.	Perhitungan Mekanikal <i>Shell</i>	54
3.8.2.	Perhitungan Mekanikal <i>Rear Head</i>	55
3.8.3.	Perhitungan Mekanikal <i>Nozzle</i>	56
3.8.4.	Penentuan <i>Rating</i> dan Ukuran <i>Flange</i>	58
3.8.5.	Penentuan <i>Tubesheet</i> dan <i>Baffle</i>	59
3.8.6.	Penentuan <i>Pass Partition Plate</i>	60
3.8.7.	<i>Tie Rod</i>	61
3.8.8.	<i>Lifting Lug</i> dan <i>Saddle</i>	61
3.9.	Perhitungan <i>Pressure Drop</i>	63
3.9.1.	<i>Pressure Drop</i> Ideal Sisi <i>Shell</i>	63
3.9.2.	<i>Pressure Drop</i> Zona <i>Crossflow</i>	64
3.9.3.	<i>Pressure Drop</i> Zona <i>Window</i>	66
3.9.4.	<i>Pressure Drop</i> Zona Tepi	66
3.9.5.	Total <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Shell</i>	67
3.9.6.	Total <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Tube</i>	68
3.10.	Efektivitas Alat Penukar Kalor	69
3.11.	<i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD)	71
3.11.1.	Persamaan Atur	72
3.11.2.	Metode Volume Hingga	73
3.11.3.	<i>Meshing</i> (Diskretisasi)	74

3.11.4.	Model Turbulensi	74
3.11.5.	Model $k-\epsilon$ <i>Realizable</i>	76
3.11.6.	Algoritma Prediksi Numeris	76
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		78
4.1.	Diagram Alir Penelitian	78
4.2.	Alat Penelitian	80
4.3.	Bahan Penelitian	84
4.4.	Perhitungan Desain Alat Penukar Kalor	85
4.5.	Proses Prediksi Numeris CFD	88
4.5.1.	Pre-processing	89
4.5.2.	<i>Solving</i>	89
4.5.3.	Post-processing	90
4.6.	Komparasi Parameter	90
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		91
5.1.	Sizing Alat Penukar Kalor	91
5.1.1.	Laju Perpindahan Kalor dan Temperatur Keluaran <i>Tube</i>	91
5.1.2.	Perhitungan Log Mean Temperature Difference	92
5.1.3.	Penentuan Faktor Koreksi dan LMTD Terkoreksi	92
5.1.4.	Penentuan Asumsi Koefisien Perpindahan Kalor Total	93
5.1.5.	Perhitungan Luas Area Perpindahan Kalor yang Dibutuhkan	94
5.1.6.	Perhitungan Jumlah Tube yang Dibutuhkan	95
5.1.7.	Perhitungan Diameter <i>Tube Bundle</i> dan Diameter Dalam (ID) <i>Shell</i>	95
5.1.8.	Penentuan Jumlah <i>Baffle</i> dan Perhitungan <i>Baffle Spacing</i>	96
5.1.9.	Perhitungan Kecepatan Aliran Fluida	96
5.2.	Perancangan Metode Bell-Delaware	98
5.2.1.	Perhitungan Diameter Hidraulik Ekuivalen	98
5.2.2.	Perhitungan Bilangan Reynolds dan Prandtl	98
5.2.3.	Faktor Perpindahan Kalor dan Bilangan Nusselt <i>Shell</i>	100
5.2.4.	Koefisien Perpindahan Kalor Ideal <i>Shell</i>	100
5.2.5.	Faktor Koreksi Baris Tube	100
5.2.6.	Faktor Koreksi Window	101

5.2.7.	Faktor Koreksi Bypass	102
5.2.8.	Faktor Koreksi Leakage	102
5.2.9.	Koefisien Perpindahan Kalor <i>Shell</i>	103
5.2.10.	Faktor Perpindahan Kalor dan Bilangan Nusselt <i>Tube</i>	103
5.2.11.	Koefisien Perpindahan Kalor <i>Tube</i>	104
5.2.12.	Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Total	104
5.2.13.	Deviasi Koefisien Perpindahan Kalor	104
5.3.	Perancangan Mekanikal Alat Penukar Kalor	105
5.3.1.	Ketebalan dan <i>Maximum Allowable Working Pressure (MAWP) Shell</i>	105
5.3.2.	Ketebalan dan <i>Maximum Allowable Working (MAWP) Pressure Rear Head</i>	106
5.3.3.	Perhitungan Ukuran Nozzle	107
5.3.4.	Penentuan Rating dan Ukuran Flange	108
5.3.5.	Penentuan Ketebalan <i>Tubesheet</i> dan <i>Baffle</i>	111
5.3.6.	Penentuan Tebal <i>Pass Partition Plate</i>	112
5.3.7.	Penentuan Jumlah dan Ukuran <i>Tie Rod</i>	112
5.3.8.	Penentuan Ukuran <i>Lifting Lug</i> dan <i>Saddle</i>	112
5.4.	Perhitungan <i>Pressure Drop</i>	113
5.4.1.	<i>Pressure Drop</i> Ideal Sisi <i>Shell</i>	113
5.4.2.	<i>Pressure Drop</i> Zona <i>Crossflow</i>	114
5.4.3.	<i>Pressure Drop</i> Zona <i>Window</i>	114
5.4.4.	<i>Pressure Drop</i> Zona Tepi	115
5.4.5.	Total <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Shell</i>	115
5.4.6.	Total <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Tube</i>	116
5.5.	Hasil Perhitungan Perancangan Alat Penukar Kalor	117
5.6.	Proses <i>Post-Calculation</i>	124
5.6.1.	Pembuatan Geometri 3-Dimensi Sebagai Domain Fluida	124
5.6.2.	Pembuatan <i>Mesh</i> dan <i>Mesh Independency Test</i>	125
5.6.3.	Pengaturan pada ANSYS Fluent	127
5.7.	Verifikasi Hasil Prediksi Numeris	134
5.7.1.	<i>Residual Monitor</i>	134
5.7.2.	Kesetimbangan Massa dengan <i>Flux Report</i>	135

5.7.3. Kesetimbangan Energi dengan <i>Flux Report</i>	135
5.8. Perbandingan Hasil Prediksi Numeris dengan Perancangan	136
5.9. Analisis Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor dengan Laju Aliran Massa Desain (100%)	137
5.10. Analisis Prediksi Numeris Alat Penukar Kalor dengan Laju Aliran Massa <i>Off-Design</i>	141
5.10.1. Laju Aliran Massa Sisi <i>Shell</i> 25% (0,125 kg/s)	141
5.10.2. Laju Aliran Massa Sisi <i>Shell</i> 50% (0,25 kg/s)	145
5.10.3. Laju Aliran Massa Sisi <i>Shell</i> 75% (0,375 kg/s)	149
5.10.4. Laju Aliran Massa Sisi <i>Shell</i> 125% (0,625 kg/s)	152
5.10.5. Laju Aliran Massa Sisi <i>Shell</i> 150% (0,75 kg/s)	156
5.10.6. Laju Aliran Massa Sisi <i>Shell</i> 175% (0,875 kg/s)	159
5.11. Rangkuman Hasil Prediksi Numeris Desain dan Variasi	163
5.12. Analisis Pengaruh Variasi Laju Aliran Massa Sisi <i>Shell</i>	163
5.12.1. Analisis Temperatur Keluaran Sisi <i>Shell</i> dan <i>Tube</i> Alat Penukar Kalor	164
5.12.2. Analisis <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Shell</i> Alat Penukar Kalor	165
5.12.3. Analisis Koefisien Perpindahan Kalor Total	166
5.12.4. Analisis Efektivitas dan NTU Alat Penukar Kalor	166
5.12.5. Analisis Rasio Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor	167
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	169
6.1. Kesimpulan	169
6.2. Saran	170
DAFTAR PUSTAKA	171
LAMPIRAN	174