

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	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xxv
INTISARI	xxix
ABSTRACT	xxx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. <i>Sizing</i> Alat Penukar Kalor untuk <i>Organic Rankine Cycle</i>	5
2.2. Optimasi Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i> untuk ORC Suhu Rendah	9
2.3. Penggunaan CFD pada Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	13
BAB III LANDASAN TEORI	18
3.1. <i>Organic Rankine Cycle</i>	18
3.2. Alat Penukar Kalor	20
3.2.1. Klasifikasi Berdasarkan Geometri Konstruksi	20
3.2.2. Klasifikasi Berdasarkan <i>Flow Arrangements</i>	22
3.2.3. Klasifikasi Berdasarkan <i>Transfer Process</i>	22

3.2.4.	Klasifikasi Berdasarkan Mekanisme Perpindahan Kalor	23
3.3.	Alat Penukar Kalor Jenis <i>Shell and Tube</i>	24
3.4.	Komponen Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	27
3.4.1.	<i>Shell</i>	27
3.4.2.	<i>Head</i>	28
3.4.3.	<i>Nozzle</i>	28
3.4.4.	<i>Tube</i>	29
3.4.5.	<i>Tubesheet</i>	32
3.4.6.	<i>Baffle</i>	33
3.4.7.	<i>Clearance</i>	35
3.4.8.	<i>Tie Rod</i>	36
3.5.	<i>Sizing</i> Alat Penukar Kalor	36
3.5.1.	Perhitungan Beban Kalor	37
3.5.2.	Perhitungan <i>Log Mean Temperature Difference</i>	37
3.5.3.	Penentuan Faktor Koreksi LMTD	37
3.5.4.	Penentuan Estimasi Total Koefisien Perpindahan Kalor	38
3.5.5.	Perhitungan Luasan Area Perpindahan Kalor yang Dibutuhkan	39
3.5.6.	Perhitungan Jumlah <i>Tube</i>	40
3.5.7.	Perhitungan Diameter <i>Tube Bundle</i>	40
3.5.8.	Perhitungan Diameter Dalam <i>Shell</i>	41
3.5.9.	Penentuan Jumlah <i>Baffle</i> dan Perhitungan <i>Baffle Spacing</i>	41
3.5.10.	Perhitungan Kecepatan Aliran Fluida	42
3.6.	Metode Perancangan <i>Bell-Delaware</i>	43
3.6.1.	Perhitungan Laju Fluks Massa pada <i>Shell</i> dan <i>Tube</i>	43
3.6.2.	Perhitungan Diameter Ekuivalen Hidrolik	44
3.6.3.	Perhitungan Bilangan Reynolds dan Prandtl pada <i>Shell</i>	44
3.6.4.	Faktor Perpindahan Kalor dan Bilangan Nusselt <i>Shell</i>	45
3.6.5.	Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Ideal <i>Shell</i>	46
3.6.6.	Penentuan Faktor Koreksi Baris <i>Tube</i>	47
3.6.7.	Penentuan Faktor Koreksi <i>Window</i>	48
3.6.8.	Penentuan Faktor Koreksi <i>Bypass</i>	50
3.6.9.	Penentuan Faktor Koreksi <i>Leakage</i>	51

3.6.10.	Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor <i>Shell</i>	52
3.6.11.	Perhitungan Bilangan Reynolds dan Prandtl pada <i>Tube</i>	53
3.6.12.	Faktor Perpindahan Kalor dan Bilangan Nusselt <i>Tube</i>	53
3.6.13.	Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor pada <i>Tube</i>	54
3.6.14.	Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Total	55
3.6.15.	Perhitungan Deviasi Koefisien Perpindahan Kalor	55
3.7.	Perhitungan Mekanikal Alat Penukar Kalor	56
3.7.1.	Perhitungan Mekanikal Bagian <i>Shell</i>	56
3.7.2.	Perhitungan Mekanikal Bagian <i>Rear Head</i>	57
3.7.3.	Perhitungan <i>Nozzle</i>	58
3.7.4.	Penentuan <i>Flange</i>	60
3.7.5.	Penentuan Ketebalan <i> Tubesheet</i> dan <i>Baffle</i>	62
3.7.6.	Penentuan <i>Tie Rod</i>	63
3.7.7.	Penentuan Ukuran <i>Lifting Lug</i> dan <i>Saddle</i>	64
3.8.	Perhitungan <i>Pressure Drop</i>	66
3.8.1.	Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Ideal	66
3.8.2.	Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Zona Cross Flow	67
3.8.3.	Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Zona Window	68
3.8.4.	Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Zona Tepi	69
3.8.5.	Perhitungan Total <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Shell</i>	69
3.8.6.	Perhitungan Faktor Gesekan <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Tube</i>	70
3.8.7.	Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Akibat Gesekan	70
3.8.8.	Perhitungan Total <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Tube</i>	71
3.9.	Perhitungan Efektivitas Alat Penukar Kalor	71
3.10.	<i>Computanional Fluid Dynamics (CFD)</i>	73
3.10.1.	<i>Finite Volume Method</i>	74
3.10.2.	<i>Governing Equation</i>	75
3.10.3.	Model Turbulensi	76
3.10.4.	Model Turbulensi <i>k-epsilon Standard</i>	79
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		80
4.1.	Diagram Alir Penelitian	80
4.2.	Alat Penelitian	82

4.3.	Bahan Penelitian	87
4.4.	Perhitungan Desain Alat Penukar Kalor	89
4.5.	Proses Prediksi Numeris CFD	92
4.5.1.	<i>Pre-processing</i>	92
4.5.2.	<i>Solving</i>	93
4.5.3.	<i>Post-processing</i>	93
4.6.	Komparasi Parameter	93
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		94
5.1.	<i>Sizing</i> Alat Penukar Kalor	94
5.1.1.	Laju Perpindahan Kalor dan Suhu <i>Outlet Tube</i>	94
5.1.2.	Perhitungan <i>Log Mean Temperature Difference</i>	95
5.1.3.	Penentuan Faktor Koreksi dan <i>LMTD Corrected</i>	95
5.1.4.	Penentuan Asumsi Koefisien Perpindahan Kalor Total	96
5.1.5.	Perhitungan Luas Area Perpindahan Kalor yang Dibutuhkan	97
5.1.6.	Perhitungan Jumlah <i>Tube</i> yang Dibutuhkan	97
5.1.7.	Perhitungan Diameter <i>Tube Bundle</i> dan Diameter Dalam <i>Shell</i>	98
5.1.8.	Penentuan Jumlah <i>Baffle</i> dan Perhitungan <i>Baffle Spacing</i>	99
5.1.9.	Perhitungan Kecepatan Aliran Fluida	99
5.2.	Perancangan Metode Bell-Delaware	100
5.2.1.	Perhitungan Diameter Ekuivalen Hidrolik	101
5.2.2.	Perhitungan Bilangan Reynolds dan Bilangan Prandtl	101
5.2.3.	Faktor Perpindahan Kalor dan Bilangan Nusselt <i>Shell</i>	102
5.2.4.	Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Ideal <i>Shell</i>	103
5.2.5.	Penentuan Faktor Koreksi Baris <i>Tube</i>	103
5.2.6.	Penentuan Faktor Koreksi <i>Window</i>	103
5.2.7.	Penentuan Faktor Koreksi <i>Bypass</i>	104
5.2.8.	Penentuan Faktor Koreksi <i>Leakage</i>	105
5.2.9.	Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor <i>Shell</i>	106
5.2.10.	Faktor Perpindahan Kalor dan Bilangan Nusselt <i>Tube</i>	106
5.2.11.	Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor <i>Tube</i>	106
5.2.12.	Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Total	107
5.2.13.	Perhitungan Deviasi Koefisien Perpindahan Kalor	107

5.3.	Perancangan Mekanikal Alat Penukar Kalor	107
5.3.1.	Ketebalan dan MAWP Bagian <i>Shell</i>	108
5.3.2.	Ketebalan dan MAWP Bagian <i>Rear Head</i>	109
5.3.3.	Perhitungan Ukuran <i>Nozzle</i>	109
5.3.4.	Penentuan Rating dan Ukuran <i>Flange</i>	112
5.3.5.	Penentuan Ketebalan <i>Tubesheet</i> dan <i>Baffle</i>	115
5.3.6.	Penentuan Jumlah dan Ukuran <i>Tie Rod</i>	116
5.3.7.	Penentuan Ukuran <i>Lifting Lug</i> dan <i>Saddle</i>	116
5.4.	Perhitungan <i>Pressure Drop</i>	117
5.4.1.	<i>Pressure Drop</i> Ideal pada <i>Shell</i>	117
5.4.2.	<i>Pressure Drop</i> Zona <i>Crossflow</i>	118
5.4.3.	<i>Pressure Drop</i> Zona <i>Window</i>	119
5.4.4.	<i>Pressure Drop</i> Zona Tepi	120
5.4.5.	Perhitungan Total <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Shell</i>	120
5.4.6.	Perhitungan Total <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Tube</i>	120
5.5.	Perbandingan Hasil Perancangan Kedua Alat Penukar Kalor	121
5.5.1.	Perbandingan Hasil <i>Sizing</i> Alat Penukar Kalor	121
5.5.2.	Perbandingan Hasil Metode Bell-Delaware	124
5.5.3.	Perbandingan Hasil Perancangan Mekanikal	127
5.5.4.	Perbandingan Hasil <i>Pressure Drop</i>	129
5.6.	Poses Pasca Hitung Perancangan	130
5.6.1.	Pembuatan Geometri 3D Domain Fluida	130
5.6.2.	Pembuatan <i>Mesh</i> dan <i>Mesh Independency</i>	131
5.6.3.	Pengaturan ANSYS Fluent	133
5.7.	Komparasi Parameter Hasil Prediksi Numeris dengan <i>Datasheet</i>	141
5.8.	Variasi Laju Aliran Massa pada Sisi <i>Shell</i>	142
5.8.1.	Variasi Laju Aliran Massa <i>Under-Design</i> I	143
5.8.2.	Variasi Laju Aliran Massa <i>Under-Design</i> II	146
5.8.3.	Variasi Laju Aliran Massa <i>Under-Design</i> III	150
5.8.4.	Variasi Laju Aliran Massa <i>Over-Design</i> I	153
5.8.5.	Variasi Laju Aliran Massa <i>Over-Design</i> II	156
5.8.6.	Variasi Laju Aliran Massa <i>Over-Design</i> III	160

5.9.	Rangkuman Hasil Prediksi Numeris	163
5.10.	Pengaruh Variasi Laju Aliran Massa pada <i>Shell</i>	164
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		169
6.1.	Kesimpulan	169
6.2.	Saran	170
DAFTAR PUSTAKA		171
LAMPIRAN		174