

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL BAHASA INGGRIS</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI</b>	<b>iv</b>
<b>NASKAH SOAL</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xx</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>xxii</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b>	<b>xxiii</b>
<b>INTISARI</b>	<b>xxix</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xxx</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
2.1. <i>Concentrated Solar Power (CSP)</i>	6
2.2. <i>Evaporator</i> pada MSSG di CSP	9
2.3. Perpindahan Panas <i>Molten Salt</i> pada <i>Shell and Tube Heat Exchanger (STHE)</i>	17
	<b>ix</b>

2.4. Analisis CFD Sisi <i>Shell</i> untuk <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i> (STHE)	
Skala Kecil	22
2.5. Perbandingan CFD dan HTRI	27
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	<b>34</b>
3.1. Siklus Rankine pada Concentrated Solar Power	34
3.2. Alat Penukar Kalor	36
3.2.1. Klasifikasi Berdasarkan Geometri Konstruksi	37
3.2.2. Klasifikasi Berdasarkan <i>Flow Arrangements</i>	37
3.2.3. Klasifikasi Berdasarkan Proses Transfer	38
3.2.4. Klasifikasi Berdasarkan Mekanisme Perpindahan Kalor	38
3.3. Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	38
3.4. Komponen Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	40
3.4.1. <i>Shell</i>	41
3.4.2. <i>Head</i>	41
3.4.3. <i>Nozzle</i>	41
3.4.4. <i>Tube</i>	42
3.4.5. <i>Tubesheet</i>	45
3.4.6. <i>Baffle</i>	45
3.4.7. Tie Rod	47
3.5. <i>Sizing</i> Alat Penukar Kalor	48
3.5.1. Perhitungan Beban Kalor	48
3.5.2. Perhitungan <i>Log Mean Temperature Difference</i>	49
3.5.3. Penentuan Faktor Koreksi LMTD	49
3.5.4. Penentuan Estimasi Total Koefisien Perpindahan Kalor	50
3.5.5. Perhitungan Luasan Area Perpindahan Kalor yang Dibutuhkan	51

3.5.6. Perhitungan Jumlah <i>Tube</i>	52
3.5.7. Perhitungan Diameter <i>Tube Bundle</i>	52
3.5.8. Perhitungan Diameter Dalam <i>Shell</i>	53
3.5.9. Penentuan Jumlah <i>Baffle</i> dan Perhitungan <i>Baffle Spacing</i>	53
3.5.10. Perhitungan Laju Aliran Fluida	54
3.6. Metode Perancangan Bell-Delaware dan Korelasi Chen	54
3.6.1. Perhitungan Laju Fluks Massa pada <i>Shell</i>	55
3.6.2. Perhitungan Diameter Ekuivalen Hidrolik	55
3.6.3. Perhitungan Bilangan Reynolds dan Prandtl pada <i>Shell</i>	56
3.6.4. Penentuan Faktor Koreksi <i>Window</i>	57
3.6.5. Penentuan Faktor Koreksi <i>Leakage</i>	58
3.6.6. Penentuan Faktor Koreksi <i>Bypass</i>	59
3.6.7. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor <i>Shell</i>	60
3.6.8. Perhitungan Laju Fluks Massa pada <i>Tube</i>	61
3.6.9. Perhitungan Bilangan Reynolds dan Prandtl pada <i>Tube</i>	61
3.6.10. Faktor Perpindahan Kalor dan Bilangan Nusselt <i>Tube</i>	62
3.6.11. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor pada <i>Tube</i> pada kondisi <i>liquid</i>	62
3.6.12. Perhitungan Kualitas Uap	63
3.6.13. Perhitungan Martinelli Parameter	63
3.6.14. Perhitungan Faktor Enhancement	63
3.6.15. Perhitungan Bilangan Reynolds Number Two Phase	64
3.6.16. Perhitungan Faktor Suppression	64
3.6.17. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor <i>Nucleate Boiling</i>	64
3.6.18. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor <i>Convective Boiling</i>	65

3.6.19. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor pada <i>Tube</i> Dua Fasa	65
3.6.20. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Total	65
3.6.21. Perhitungan Deviasi Koefisien Perpindahan Kalor	66
3.7. Perhitungan Mekanikal Alat Penukar Kalor	66
3.7.1. Perhitungan Mekanikal Bagian <i>Shell</i>	67
3.7.2. Perhitungan Mekanikal Bagian <i>Rear Head</i>	68
3.7.3. Perhitungan <i>Nozzle</i>	69
3.7.4. Penentuan <i>Flange</i>	71
3.7.5. Penentuan Geometri <i>Tubesheet</i> dan <i>Baffle</i>	72
3.7.6. Penentuan <i>Tie Rod</i>	75
3.8. Perhitungan <i>Pressure Drop</i>	75
3.8.1. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Zona <i>Cross Flow</i>	76
3.8.2. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Zona <i>Window</i>	77
3.8.3. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Zona Tepi	78
3.8.4. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> <i>Nozzle Shell</i>	79
3.8.5. Perhitungan Total <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Shell</i>	80
3.8.6. Perhitungan Faktor Gesekan <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Tube</i>	80
3.8.7. Perhitungan Lockhart-Martinelli Parameter	80
3.8.8. Penentuan Bilangan C	81
3.8.9. Perhitungan <i>Ratio of Two Phase to Liquid Frictional Pressure Drop</i>	81
3.8.10. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Akibat Gesekan	81
3.8.11. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Akibat <i>Nozzle Tube</i>	82
3.8.12. Perhitungan Total <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Tube</i>	82
3.9. Perhitungan Efektivitas Alat Penukar Kalor	83
3.10. HTRI <i>Xchanger Suite</i>	84

3.11. <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	85
3.11.1. Finite Volume Method	86
3.11.2. <i>Governing Equation</i>	86
3.11.3. Model Turbulensi	88
3.11.4. Model Turbulensi <i>Realizable</i> k-epsilon	91
3.11.5. Algoritma Penyelesaian	91
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>	<b>93</b>
4.1. Diagram Alir Penelitian	93
4.2. Alat Penelitian	94
4.3. Bahan Penelitian	95
4.4. Proses HTRI	96
4.5. Proses Prediksi Numeris CFD	98
4.5.1. <i>Pre-processing</i>	98
4.5.2. <i>Solving</i>	100
4.5.3. <i>Post-processing</i>	104
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>106</b>
5.1. Sizing Alat Penukar Kalor	106
5.1.1. Perhitungan Beban Kalor	106
5.1.2. Perhitungan <i>Log Mean Temperature Difference</i>	107
5.1.3. Penentuan Faktor Koreksi LMTD	107
5.1.4. Penentuan Estimasi Total Koefisien Perpindahan Kalor	107
5.1.5. Perhitungan Luasan Area Perpindahan Kalor yang Dibutuhkan	108
5.1.6. Perhitungan Jumlah <i>Tube</i>	108
5.1.7. Perhitungan Diameter <i>Tube Bundle</i>	109
5.1.8. Perhitungan Diameter Dalam <i>Shell</i>	109

5.1.9. Penentuan Jumlah <i>Baffle</i> dan <i>Baffle Spacing</i>	109
5.1.10. Perhitungan Luas Penampang <i>Tube</i> dan Luas <i>Crossflow Shell</i>	110
5.2. Metode Perancangan Bell-Delaware	110
5.2.1. Perhitungan Laju Fluks Massa pada <i>Shell</i>	110
5.2.2. Perhitungan Diameter Ekuivalen Hidrolik	110
5.2.3. Perhitungan Bilangan Reynolds dan Prandtl pada <i>Shell</i>	110
5.2.4. Penentuan Faktor Koreksi Window	111
5.2.5. Penentuan Faktor Koreksi <i>Leakage</i>	111
5.2.6. Penentuan Faktor Koreksi <i>Bypass</i>	112
5.2.7. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor <i>Shell</i>	113
5.2.8. Perhitungan Laju Fluks Massa pada <i>Tube</i>	113
5.2.9. Perhitungan Bilangan Reynolds dan Prandtl pada <i>Tube</i>	114
5.2.10. Faktor Perpindahan Kalor dan Bilangan Nusselt <i>Tube</i>	114
5.2.11. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor pada <i>Tube</i> pada kondisi <i>liquid</i>	114
5.2.12. Perhitungan Kualitas Uap	114
5.2.13. Perhitungan Martinelli Parameter	115
5.2.14. Perhitungan Faktor Enhancement	115
5.2.15. Perhitungan Bilangan Reynolds <i>Number Two Phase</i>	115
5.2.16. Perhitungan Faktor Suppresion	115
5.2.17. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor <i>Nucleate Boiling</i>	115
5.2.18. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor <i>Convective Boiling</i>	116
5.2.19. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor pada <i>Tube</i> Dua Fasa	116
5.2.20. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Total	116
5.2.21. Perhitungan Deviasi Koefisien Perpindahan Kalor	116

5.3. Perhitungan Mekanikal Alat Penukar Kalor	117
5.3.1. Perhitungan Mekanikal Bagian <i>Shell</i>	117
5.3.2. Perhitungan Mekanikal Bagian <i>Rear Head</i>	118
5.3.3. Perhitungan <i>Nozzle</i>	118
5.3.4. Penentuan <i>Flange</i>	120
5.3.5. Penentuan Ketebalan <i>Tubesheet</i> dan <i>Baffle</i>	122
5.3.6. Penentuan <i>Tie Rod</i>	123
5.4. Perhitungan <i>Pressure Drop</i>	123
5.4.1. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Zona <i>Cross Flow</i>	123
5.4.2. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Zona <i>Window</i>	124
5.4.3. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Zona Tepi	124
5.4.4. Perhitungan <i>Pressure Drop Nozzle Shell</i>	125
5.4.5. Perhitungan Total <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Shell</i>	125
5.4.6. Perhitungan Faktor Gesekan <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Tube</i>	125
5.4.7. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Akibat Gesekan	126
5.4.8. Perhitungan Lockhart-Martinelli Parameter pada <i>Pressure Drop</i> Gesekan	126
5.4.9. Perhitungan <i>Ratio of Two Phase to Liquid Frictional Pressure</i> <i>Drop</i>	126
5.4.10. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Dua Fasa Akibat Gesekan	126
5.4.11. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Akibat <i>Nozzle Tube</i>	126
5.4.12. Perhitungan Lockhart-Martinelli Parameter pada <i>Pressure Drop</i> <i>Nozzle</i>	127
5.4.13. Perhitungan <i>Ratio of Two Phase to Liquid Frictional Pressure</i> <i>Drop Nozzle</i>	127
5.4.14. Perhitungan <i>Pressure Drop</i> Dua Fasa Akibat <i>Nozzle Tube</i>	127

5.4.15. Perhitungan Total <i>Pressure Drop</i> Sisi <i>Tube</i>	127
5.5. Perhitungan Efektivitas Alat Penukar Kalor	127
5.6. Prediksi HTRI <i>Xchanger Suite</i>	128
5.7. Prediksi Numeris <i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD)	129
5.7.1. Pembuatan Domain Fluida	129
5.7.2. Uji Kualitas Mesh	130
5.7.3. Peninjauan Residual Monitor	131
5.7.4. Peninjauan Keseimbangan Massa dan Energi	133
5.8. Perbandingan Hasil Bell-Delaware dan HTRI	134
5.9. Hasil Perancangan <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	136
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>139</b>
6.1. Kesimpulan	139
6.2. Saran	139
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>141</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>145</b>