

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Energi Terbarukan	4
2.2 Konversi Energi	4
2.3 Panas Bumi Sebagai Sumber Energi	4
2.3.1 Pengertian Energi Panas Bumi	4
2.3.2 Penggunaan Sumber Energi Panas Bumi	5
2.3.3 Potensi Panas Bumi di Indonesia	6
2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi	9
2.4.1 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi	9
2.4.2 Teknologi yang Digunakan	10

2.5 Hukum Termodinamika	13
2.5.1 Hukum Pertama Termodinamika	13
2.5.2 Hukum Kedua Termodinamika	14
2.6 Properti Termodinamika	14
2.6.1 Temperatur	14
2.6.2 Tekanan	14
2.6.3 Volume Spesifik	14
2.6.4 Entalpi	15
2.6.5 Entropi	15
2.7 Efisiensi	15
2.7.1 Efisiensi Turbin	16
2.7.2 Efisiensi Generator	17
2.7.3 Adiabatic Efficiency	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Studi Literatur	20
3.2 Survey dan Pengambilan Data	20
3.3 Analisis Data	21
3.3.1 Perhitungan Efisiensi <i>Overall</i> Sistem Konversi Energi per Tahun	21
3.3.2 Analisis Temperatur dan Tekanan Optimum pada Inlet dan Outlet Turbin	22
3.4 Kesimpulan dan Saran	22
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	23
4.2 Data Hasil Pengukuran	24
4.3 Data Entalpi dan Entropi dari <i>Steam Table</i>	26
4.3.1 Diagram T-s	26
4.3.2 Data Entalpi dan Entropi	26

4.4 Perhitungan Efisiensi Turbin	27
4.4.1 Perhitungan <i>Isentropic Work</i> Turbin (.....	27
4.4.2 Perhitungan <i>Actual Work</i> Turbin (<i>W</i>)	28
4.5 Perhitungan Efisiensi Generator	29
4.6 Perhitungan Efisiensi Adiabatik	30
4.7 Upaya Optimasi Efisiensi	32
4.7.1 Penentuan Tekanan Optimum pada Spearator	32
4.7.2 Penentuan Temperatur Optimum pada Kondenser	34
BAB V PENUTUP	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	39

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Daftar Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi di Dunia	7
Tabel 2.2	Persebaran Unit PLTPB di Indonesia	8
Tabel 2.3	Target EGS EU-27	9
Tabel 3.1	Hasil Perhitungan	21
Tabel 4.1	Data Tahun 2010	24
Tabel 4.2	Data Tahun 2011	24
Tabel 4.3	Data Tahun 2012	25
Tabel 4.4	Data Tahun 2013	25
Tabel 4.5	Data Entalpi dan Entropi Inlet dan Outlet Turbin Tahun 2010 s/d 2013	27
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Efisiensi Turbin Tahun 2010 s/d 2013	29
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Efisiensi Generator Tahun 2010 s/d 2013	30
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Efisiensi Adiabatik	31
Tabel 4.9	Hasil Perhitungan Tekanan Optimum Separator	32
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Temperatur Optimum Kondenser	34

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Gambar Lapisan Bumi	5
Gambar 2.2	Skema PLTPB Teknologi <i>Dry Steam</i>	11
Gambar 2.3	Skema PLTPB Teknologi <i>Flash Steam</i>	12
Gambar 2.4	Skema PLTPB Teknologi <i>Binary Cycle</i>	12
Gambar 2.5	Diagram T-s (Temperatur-Entropi)	16
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 4.1	Peta Lokasi PLTPB Wayang Windu	23
Gambar 4.2	Diagram T-s	26
Gambar 4.4	Kurva Efisiensi Komponen Konversi Energi Tahun 2010 s/d 2013	31
Gambar 4.5	Kurva Daya Turbin terhadap Tekanan Separator	32
Gambar 4.6	Kurva Efisiensi Turbin terhadap Tekanan Separator	33
Gambar 4.7	Kurva Daya Turbin terhadap Temperatur Kondenser	34
Gambar 4.8	Kurva Efisiensi Turbin terhadap Temperatur Kondenser	35

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1 : Surat Keterangan PKL di Star Energy Geothermal (Wayang Windu) Ltd.	40	
Lampiran 2 : Data Temperatur, Tekanan, dan Laju Aliran Massa Uap Unit 1 Star Energy Geothermal (Wayang Windu) Ltd.	41	
Lampiran 2a : Data Tahun 2010	41	
Lampiran 2b : Data Tahun 2011	45	
Lampiran 2c: Data Tahun 2012	49	
Lampiran 2d : Data Tahun 2013	55	
Lampiran 3 : Data Entalpi dan Entropi Inlet Turbin Tahun 2010 s/d 2013	60	
Lampiran 3a : <i>Steam Table Book</i>	60	
Lampiran 3b : <i>Screen Shoot</i> Entalpi dan Entropi Inlet dan Outlet Turbin Tahun 2010 s/d 2013 dari <i>Add-In Steam Table</i> pada <i>Ms. Excel</i>	63	
Lampiran 4 : Uraian Perhitungan Efisiensi Turbin Tahun 2011 s/d 2013	67	
Lampiran 4a : Uraian Perhitungan Efisiensi Turbin Tahun 2011	67	
Lampiran 4b : Uraian Perhitungan Efisiensi Turbin Tahun 2012	69	
Lampiran 4c : Uraian Perhitungan Efisiensi Turbin Tahun 2013	70	
Lampiran 5 : Uraian Perhitungan Efisiensi Generator Tahun 2011 s/d 2013	72	
Lampiran 5a : Uraian Perhitungan Efisiensi Generator Tahun 2011	72	
Lampiran 5b : Uraian Perhitungan Efisiensi Generator Tahun 2012	73	
Lampiran 5c : Uraian Perhitungan Efisiensi Generator Tahun 2013	74	
Lampiran 6 : Data Sheet Turbin pada Unit 1	75	
Lampiran 7 : Data Sheet Generator pada Unit 1	76	

RINGKASAN

Warda Islamiyah, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2014, *Kajian Efisiensi Konversi Energi pada Star Energy Geothermal (Wayang Windu) Ltd., Jawa Barat*, Dosen Pembimbing : Teguh Utomo, Ir., MT dan Unggul Wibawa, Ir., M.Sc.

Kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang begitu pesat. Selama ini, penyediaan energi listrik mayoritas dipenuhi dengan memanfaatkan sumber energi tak terbarukan (*unrenewable*) seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara padahal cadangan energi *fossil* mulai menipis. Energi terbarukan merupakan salah satu solusi yang harus dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu energi terbarukan yang potensinya sangat besar ada di Indonesia adalah energi panas bumi. Star Energy Geothermal (Wayang Windu) Ltd adalah perusahaan pembangkit listrik tenaga panas bumi yang telah beroperasi sejak tahun 2000. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui performansi komponen pengonversi energi (turbin dan generator) dan efisiensi *overall* nya. Penelitian dilakukan pada Star Energy Geothermal (Wayang Windu) Ltd unit 1. Data yang dikumpulkan adalah data 4 tahun terakhir yaitu dari tahun 2010 sampai dengan 2013. Setelah data yang dibutuhkan terkumpul, penelitian dilanjutkan dengan pengolahan data, yaitu perhitungan dan analisis. Hasil dari pengolahan data adalah nilai efisiensi turbin selama 4 tahun terakhir yang cenderung konstan yaitu berturut-turut sebesar 78.88%, 78.79%, 78.84%, 78.85%. Efisiensi generator dari tahun 2010 sampai dengan 2013 berturut-turut adalah sebesar 87.99%, 85.86%, 87.32%, 86.89%. Efisiensi adiabatik dari tahun 2010 sampai dengan 2013 berturut-turut adalah sebesar 71.1%, 69.3%, 70.53%, dan 70.19%. Setelah mengetahui performa komponen pengonversi energi, kemudian dilakukan upaya optimasi untuk mendapatkan efisiensi yang lebih tinggi. Upaya optimasi tersebut adalah dengan menentukan nilai tekanan optimum pada separator dan nilai optimum temperatur pada kondenser. Hasil dari optimasi ternyata tidak didapatkan efisiensi maksimal, namun bisa didapatkan nilai daya maksimum pada tekanan separator sebesar 10.3 bar yang menghasilkan daya listrik sebesar 131.54 MW, sedangkan pada optimasi temperatur kondenser, baik efisiensi maupun daya maksimal tidak bisa didapatkan karena nilainya semakin turun secara linear seiring dengan kenaikan suhu pada kondenser.

Kata Kunci—Energi Terbarukan, Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi, Efisiensi, Optimasi, Turbin, Generator.

SUMMARY

Warda Islamiyah, Electrical Engineering Department, Engineering Faculty Brawijaya University, August 2014, *Study of Energy Conversion Efficiency in Star Energy Geothermal (Wayang Windu) Ltd., West Java*, Supervisor: Teguh Utomo, Ir.,MT and Ungkul Wibawa, Ir.,M.Sc.

Demand of electrical power is increasing then as the number of resident was so advanced. Recently, provision of electrical energy the majority filled with utilizing the unrenewable energy such as petroleum, natural gas, and coal while reserve fossil energy is running out. Renewable energy is one solution that must be developed to overcome the problems. One of the renewable energy potential is immense in Indonesia's geothermal energy. Star Energy Geothermal (Wayang Windu) Ltd., is the geothermal power plant company that has been operating since 2000. This research is intended to find out the performance component of the convertor energy (turbine and generator) and its overall efficiency. Research carried on Star Energy Geothermal (Wayang Windu) Ltd unit 1. The data collected is data last 4 years that is from 2010 until 2013. After required data is collected, the research continue with data processing, the calculation and analysis. The result of data processing is the value of efficiency turbine during the last 4 years tending constant namely successive of 78.88 %, 78.79 %, 78.84 %, 78.85 %. Efficiency generator than in 2010 until 2013 successive is worth 87.99 %, 85.86 %, 87.32 %, 86.89 %. Adiabatic efficiency in 2010 until 2013 successive is worth 71.1 %, 69.3 %, 70.53 %, and 70.19 %. After learning performance component of conversion energy, then will be optimization efforts to get higher efficiency. The optimization effort was to determine the value of optimum separators pressure and optimum the temperature at condenser. The result of optimization turns out that does not obtain maximum efficiency, but could get a maximum value power to pressure separators of 10.3 bars yielding of electric power as much as 131.54 MW. While in optimization temperature condenser, maximum efficiency and power can't been gained because the value getting down linearly along with a rise in temperature at condenser.

Keywords—Renewable Energy, Geothermal Power Plant, Efficiency, Optimization, Turbine, Generator.