

**ANALISIS PELUANG PENGHEMATAN ENERGI PADA *WATER TUBE*
BOILER MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR LPG**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat
Menyelesaikan Pendidikan Sarjana Terapan (D IV)
Pada Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknik Energi**

OLEH :

**RIZKI PEBRIANI
0613 4041 1677**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2017**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS PELUANG PENGHEMATAN ENERGI PADA *WATER TUBE*
BOILER MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR LPG**

Oleh:

**RIZKI PEBRIANI
NPM 061140411677**

**Menyetujui,
Pembimbing I,**

**Ir. Arizal Aswan, M.T.
NIDN 0024045811**

Palembang, Agustus 2017

Pembimbing II,

**Ir. Sahrul Effendy, M.T.
NIDN 0023126309**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia**

**Adi Syakdani, S.T., M.T.
NIP 196904111992031001**

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

*“Barang siapa merintis jalan mencari dan berbagi ilmu,
maka Allah akan memudahkannya jalan ke surga.”*

(HR. Muslim)

*“Allah tidak membebani seseorang kecuali sesuai dengan
batas kesanggupannya” (Al Baqarah:286)*

“Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”

(Al Anfaal:46)

*“Majulah tanpa menyingkirkan orang lain. Naiklah tinggi
tanpa menjatuhkan orang lain”*

“Khusnudzon sama Allah, maka Allah permudahkan”

(Rizki Pebriani)

Saya Persembahkan kepada :

- ♥ Ayah dan Ibu tersayang yang selalu menjadi motivasi dan semangat untuk saya
- ♥ Keluarga yang selalu memberi arahan dan semangat
- ♥ Papi Arizal Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang selalu membantu, memotivasi, mengarahkan serta menemani kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir
- ♥ Pak Tahdid Dosen Pembimbing yang selalu memotivasi dan memberi arahan serta bantuan dalam keluh kesah kami
- ♥ Pak Zikri Dosen Pembimbing yang senantiasa membantu dalam mencari solusi dan memberi arahan
- ♥ Pak Sahrul Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang memberikan arahan dan semangat
- ♥ Keluarga Besar Teknik Energi 2013 yang saya banggakan
- ♥ Keluarga Besar EG C tersayang yang selalu memberi semangat dan bantuan
- ♥ Keluarga Besar PLTU Up yang selalu membantu dan berkerja sama serta selalu memberikan *support* dalam menyelesaikan Tugas Akhir
- ♥ Keluarga besar Lebosflowers.Id yang senantiasa menghibur disetiap keluh kesahku
- ♥ Almamaterku Keluarga Besar POLSRI
- ♥ Indonesia tercinta

ABSTRAK

Analisis Peluang Penghematan Energi pada *Water Tube Boiler* Menggunakan Bahan Bakar LPG

(Rizki Pebriani, 2017, 97 halaman, 41 tabel, 45 gambar, 6 lampiran)

Boiler merupakan salah satu komponen utama dalam proses produksi listrik pada Pembangkit listrik tenaga uap (*Steam Power Generation*). *Boiler* berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pemanasan air sebagai bahan baku utama untuk pembentukan *steam* untuk digunakan sebagai fluida kerja. Didalam proses produksi dari air menjadi uap, dapat terjadi kehilangan panas atau rugi rugi yang dapat menurunkan efisiensi *boiler*. Untuk mengoptimalkan pengoperasian *boiler*, maka pada penelitian ini dilakukan identifikasi sumber-sumber pemborosan atau kehilangan tersebut. Kehilangan yang banyak ditemukan pada proses produksi uap adalah kehilangan panas radiasi konveksi berkisar 20% serta gas buang yang bisa mencapai 10% dari total rugi-rugi. Berdasarkan hasil penelitian ditemukan adanya peluang penghematan energi yaitu dengan mengurangi kebocoran kalor melalui dinding furnace menggunakan isolasi termal yang tepat serta penurunan temperatur gas buang dengan memanfaatkan ekonomizer untuk meningkatkan entalpi steam. Sehingga diperoleh peluang penghematan energi menggunakan ekonomizer sebesar 7,71 % pada tekanan 10 bar dan 8,06 % pada tekanan 15 bar.

Kata kunci : Boiler, Efisiensi, Ekonomizer.

ABSTRACT

Analysis of energy saving Opportunities on Water Tube Boilers Use Fuel LPG

(Rizki Pebriani, 2017, 97 page, 41 table, 45 picture, 6 appendix)

Boiler is one of the main components in the process of production of electricity at the power plant steam (Steam Power Generation). The boiler is functioning as a place of occurrence of the processes of heating water as the main raw material for the formation of steam to be used as the working fluid. In the process of production of water into steam, heat loss can occur or losses that can decrease the efficiency of the boiler. To optimize the operation of the boiler, then on this research was conducted the identification of sources of waste or loss. Losing that many found on the steam production process is convection radiation heat loss ranges from 20% as well as the exhaust gas can reach 10% of the total of losses. Based on the results of the study found the presence of energy saving opportunities by reducing the heat leakage through the wall of the furnace using appropriate thermal insulation as well as a decrease in the temperature of the exhaust gas by using economizer to enhance the enthalpy steam. So the energy saving opportunities obtained using economizer is 7,71% at 10 bar pressure and 8,06% at 15 bar pressure.

Key words : Boiler, Efficiency, Economizer.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhana Wa Ta'ala, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan sesuai rencana. Shalawat dan salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad Shalallahu 'Alaihi Wassalam beserta para keluarga dan sahabatnya hingga akhir zaman.

Penulis menyusun laporan ini berdasarkan hasil pengamatan dan data-data yang diperoleh saat melakukan Rancang Bangun dan Penelitian di Laboratorium Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya. Dalam melaksanakan Penelitian Tugas Akhir ini penulis telah banyak menerima bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Adi Syakdani, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Ahmad Zikri, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ir. Arizal Aswan., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya dan selaku Dosen Pembimbing I di Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Ir. Sahrul Effendy, M.T. selaku Dosen Pembimbing II di Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Seluruh Dosen dan Staff Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya
7. Orang tua, keluarga dan para kerabat yang tak henti-hentinya mendoakan dan menyemangati dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Rekan-rekan seperjuangan dalam melakukan penelitian tugas akhir serta rekan-rekan Teknik Energi 2013 yang selalu menyemangati dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam menulis Tugas Akhir ini, meskipun begitu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat mendukung dari pembaca, guna menyempurnakan apa yang telah penulis buat. Akhir kata penulis mengharapkan semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca.

Palembang, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR TIM PENGUJI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
MOTTO	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Dasar Termodinamika	5
2.1.1 Hukum Pertama Termodinamika	5
2.1.2 Hukum Kedua Termodinamika	6
2.2 Perubahan Fase pada Zat Murni	9
2.2.1 Cair Tekan (<i>Compressed Liquid</i>)	9
2.2.2 Cair Jenuh (<i>Saturation Liquid</i>)	10
2.2.3 Campuran Air-Uap (<i>Liquid-Vapor Mixture</i>)	10
2.2.4 Uap Jenuh (<i>Saturation Vapor</i>)	11
2.2.5 Uap Panas Lanjut (<i>Superheated Vapor</i>)	11
2.3 Tabel Properti	12
2.3.1 Entropi	13
2.3.2 Keadaan Cair Jenuh dan Uap Jenuh	13
2.3.3 Keadaan Campuran Air dan Uap	14
2.3.4 Keadaan Uap Panas Lanjut	15
2.3.5 Keadaan Cair Tekan	16
2.4 Teknik Pembakaran	16
2.4.1 Prinsip Pembakaran	16
2.4.2 Kebutuhan Udara Teoritis	18
2.4.3 Konsep Udara Berlebih	19
2.5 Bahan Bakar	20
2.5.1 Solar	20
2.5.2 <i>Liquefied Petroleum Gas</i> (LPG)	21
2.6 Proses Perpindahan Panas	23

2.6.1 Perpindahan Panas secara Konduksi	23
2.6.2 Perpindahan Panas secara Konveksi	24
2.6.3 Perpindahan Panas secara Radiasi	25
2.7 Pembangkit Listrik Tenaga Uap Siklus Rankine	26
2.7.1 Efisiensi Termal Siklus	28
2.8 Ketel Uap (<i>Boiler</i>)	28
2.8.1 Jenis-jenis <i>Boiler</i> berdasarkan Tipe Pipa	29
2.8.2 Neraca Kalor	31
2.9 Economizer	33
2.10 Superheater	33
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	35
3.1 Pendekatan Desain Fungsional	35
3.2 Pendekatan Desain Struktural	36
3.3 Pertimbangan Percobaan	40
3.3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian	40
3.3.2 Alat dan Bahan	40
3.3.3 Perlakuan dan Analisis Statik Sederhana	42
3.4 Pengamatan	43
3.5 Prosedur Kerja	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Hasil Penelitian	47
4.1.1 Data Rata – rata Hasil Penelitian	48
4.1.2 Tabulasi Hasil Perhitungan Neraca Massa dan Neraca Energi Seputar <i>Boiler Furnace</i> pada Tekanan 10 bar	48
4.1.3 Tabulasi Hasil Perhitungan Neraca Massa dan Neraca Energi Seputar <i>Boiler Furnace</i> pada Tekanan 15 bar	49
4.1.4 Tabulasi Data Hasil Perhitungan Efisiensi dan SFC Seputar <i>Boiler Furnace</i>	50
4.1.5 Tabulasi Data Hasil Perhitungan Peluang Penghematan Energi Menggunakan <i>Economizer</i>	50
4.2 Pembahasan	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN 1.....	57
LAMPIRAN 2.....	60
LAMPIRAN 3.....	64
LAMPIRAN 4.....	90
LAMPIRAN 5.....	94

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1	Kondisi Gas Ideal 19
2	Spesifikasi Solar 21
3	Spesifikasi LPG 22
4	Data Rata-rata Hasil Penelitian 48
5	Neraca Massa Seputar <i>Boiler Furnace</i> Tekanan 10 bar 48
6	Neraca Energi Seputar <i>Boiler Furnace</i> Tekanan 10 bar 49
7	Neraca Massa Seputar <i>Boiler Furnace</i> Tekanan 15 bar 49
8	Neraca Energi Seputar <i>Boiler Furnace</i> Tekanan 15 bar 50
9	Hasil Perhitungan Efisiensi dan SFC 50
10	Hasil Perhitungan Peluang Penghematan energi 50
11	Spesifikasi Ruang Bakar 57
12	Spesifikasi <i>Water Tube Boiler</i> 57
13	Spesifikasi Turbin 57
14	Spesifikasi Generator 58
15	Spesifikasi Kondensor..... 58
16	Spesifikasi Kompresor 58
17	Spesifikasi <i>Oil Tank</i> 59
18	Spesifikasi Pompa 59
19	Komposisi LPG 60
20	Data Operasi 3 Juli 2017 61
21	Data Operasi 5 Juli 2017 61
22	Data Operasi 7 Juli 2017 62
23	Data Operasi 10 Juli 2017 63
24	Data Operasi Rata-rata 63
25	Komposisi Bahan Bakar Tekanan 10 bar..... 64
26	Komponen Bahan Bakar Tekanan 10 bar 64
27	Rekapitulasi Hasil Pembakaran Teoritis Tekanan 10 bar 65
28	Komponen <i>Flue Gas</i> Hasil Reaksi Tekanan 10 bar 67
29	Komposisi <i>Wet Flue Gas</i> Tekanan 10 bar 68
30	Neraca Massa pada <i>Furnace</i> Tekanan 10 bar 69
31	Neraca Massa pada seputar <i>Boiler Furnace</i> Tekanan 10 bar 69
32	Faktor Konstanta Kapasitas Panas Komponen a,b,c Tekanan 10 bar . 72
33	Entalpi <i>Flue Gas</i> pada masing-masing Komponen Tekanan 10 bar ... 72
34	Neraca Energi Seputar <i>Boiler Furnace</i> Tekanan 10 bar 75
35	Komposisi Bahan Bakar Tekanan 15 bar..... 77
36	Komponen Bahan Bakar Tekanan 15 bar 77
37	Rekapitulasi Hasil Pembakaran Teoritis Tekanan 15 bar 78
38	Komponen <i>Flue Gas</i> Hasil Reaksi Tekanan 15 bar 80
39	Komposisi <i>Wet Flue Gas</i> Tekanan 15 bar 81
40	Neraca Massa pada <i>Furnace</i> Tekanan 15 bar 82
41	Neraca Massa pada seputar <i>Boiler Furnace</i> Tekanan 15 bar 82
42	Faktor Konstanta Kapasitas Panas Komponen a,b,c Tekanan 15 bar . 85

43	Entalpi <i>Flue Gas</i> pada masing-masing Komponen Tekanan 15 bar ...	85
44	Neraca Energi Seputar <i>Boiler Furnace</i> Tekanan 15 bar	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1	Diagram Temperatur-Entropi	8
2	Diagram Entalpi-Entropi	9
3	Air pada Fase Cair Tekan	10
4	Air pada Fase Cair Jenuh	10
5	Campuran Air dan Uap	11
6	Uap Jenuh (<i>Saturated Vapor</i>)	11
7	Uap Panas Lanjut	12
8	Diagram T-V pemanasan Air pada Tekanan Konstan	12
9	Contoh Tabel <i>Properties of Saturated Water (Liquid-Vapor)</i>	13
10	Kualitas Uap Air	15
11	Pembakaran Sempurna, baik dan tidak sempurna	17
12	Grafik Hubungan Efisiensi Pembakaran dengan Udara Berlebih	20
13	Pembangkit Listrik Tenaga Uap	26
14	Siklus Rankine Sederhana	27
15	<i>Fire Tube Boiler</i>	30
16	<i>Water Tube Boiler</i>	30
17	Sistem Neraca Massa dan Panas	31
18	Rugi-rugi pada Boiler	32
19	Desain Tube pada <i>Furnace</i>	37
20	Rancangan Prototipe <i>Steam Power Generation</i> menggunakan Sistem <i>Longitudinal Water Tube Boiler</i>	38
21	<i>Steam Power Generation</i> Tampak Depan	39
22	<i>Steam Power Generation</i> Tampak Samping	39
23	<i>Steam Power Generation</i> Tampak Belakang	40
24	Flow Diagram Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap	43
25	Blog Diagram Neraca Massa Seputar <i>Boiler Furnace</i>	51
26	<i>Steam Drum</i>	90
27	<i>Longitudinal Tubesheet</i>	90
28	<i>Tubesheet Superheater</i>	90
29	<i>Furnace</i>	90
30	Kompresor	91
31	Tangki Bahan Bakar	91
32	Sudu Turbin	91
33	Kondensor	91
34	Pompa	91
35	Level Volume	91
36	Kontrol Panel	92
37	Generator	92
38	<i>Burner</i>	92
39	<i>Open Pulley</i> Sistem	92

40	<i>Temperatur Gauge</i>	92
41	<i>Pressure Gauge</i>	92
42	<i>Flowmeter</i>	93
43	<i>Water Tank</i>	93
44	<i>Tubesheet Economizer</i>	93
45	<i>Prototipe Steam Power Generator Keseluruhan</i>	93

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
1	Spesifikasi Alat	57
2	Data Pengamatan	60
3	Perhitungan	64
4	Gambar Alat	90
5	Dokumentasi Kegiatan	94