

***PROTOTYPE STEAM POWER PLANT***  
**(Efisiensi *Fire Tube Boiler* pada *Steam Power Plant* Ditinjau dari  
Perbandingan Udara dan Bahan Bakar)**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Sarjana  
Terapan (S.1 Terapan) Teknik Energi pada Jurusan Teknik Kimia  
Politeknik Negeri Sriwijaya**

**Oleh :**

**MULYATI  
0611 4041 1506**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
PALEMBANG  
2015**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

***PROTOTYPE STEAM POWER PLANT***

**(Efisiensi *Fire Tube Boiler* pada *Steam Power Plant* Ditinjau dari  
Perbandingan Udara dan Bahan Bakar)**



Menyetujui,  
Pembimbing I

**Ir. Erlinawati, M.T**  
**NIP. 196107051988112001**

Ketua Program Studi  
S.1 Terapan Teknik Energi

**Ir. Arizal Aswan, M.T**  
**NIP. 195804241993031001**

Palembang, Juni 2015

Pembimbing II

**Tahdid, S.T., M.T**  
**NIP. 197201131997021001**

Ketua Jurusan  
Teknik Kimia

**Ir. Robert Junaidi, M.T**  
**NIP. 196607121993031003**

**Menyetujui,**

## ABSTRAK

### **Efisiensi *Fire Tube Boiler* pada *Steam Power Plant* ditinjau dari Perbandingan Udara dan Bahan Bakar**

---

(Mulyati, 2015 : 135 halaman, 28 tabel, 52 gambar, 5 lampiran)

*Prototype Steam Power Plant* adalah satu unit mini plant pembangkit listrik tenaga uap, dilengkapi dengan beberapa unit utama seperti boiler furnace, kompresor, pompa, tabung bahan bakar, turbin uap, dan kondensor. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk menentukan pengaruh rasio udara bahan bakar terhadap efisiensi termal *fire tube boiler* dan mendapatkan kondisi optimal rasio udara dan bahan bakar. Metode yang dilakukan adalah studi literatur dan rancang bangun. Prosedur dilakukan dengan parameter tetap yaitu volume bahan bakar solar yang digunakan sebanyak 4 Liter, sedangkan parameter peubah yaitu tekanan udara bahan bakar dengan variasi 4, 5, 6, dan 7 Bar. Dalam menghitung kebutuhan rasio udara bahan bakar, data yang digunakan berasal dari komposisi ultimate solar dan tekanan udara yang diatur dari *pressure gauge* pada kompresor. Berdasarkan hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa rasio udara bahan bakar teoritis adalah 11,4 sedangkan secara aktual didapatkan rasio 16,06;15,85;15,47;17,12. Dari penelitian yang dilakukan rasio udara bahan bakar optimum adalah 15,47 dengan efisiensi 43,98 %.

Kata kunci : *Fire Tube Boiler*, efisiensi, rasio udara, bahan bakar.

## ***ABSTRACT***

### ***Fire Tube Boiler efficiency in terms of Steam Power Plant Air and Fuel Comparison***

---

(Mulyati, 2015: 135 pages, 28 tables, 52 pictures, 5 attachments)

Prototype Steam Power Plant is a mini unit plant steam power plant, equipped with several major units such as boiler furnaces, compressors, pumps, fuel tubes, steam turbine and condenser. The aim of this thesis was to determine the effect of air fuel ratio of the thermal efficiency fire tube boilers and get optimal conditions the air and fuel ratio. The method is carried out literature studies and design. The procedure is done with fixed parameters, namely volume of diesel fuel that is used as much as 4 liters, while the variable parameter is the fuel with the air pressure variation 4, 5, 6, and 7 Bar. In calculating the fuel air ratio requirement, the data used comes from solar ultimate composition and air pressure set on the pressure gauge on the compressor. Based on calculations it can be concluded that the theoretical fuel air ratio is 11.4, while the actual ratio obtained 16,06; 15.85; 15.47; 17.12. From research conducted optimum fuel-air ratio is 15.47 with 43.98% efficiency.

Keywords: Fire Tube Boilers, efficiency, air ratio, fuel.

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

*Motto :*

*”Selalu andalkan akal dan hati, karena keduanya bisa menjadi teman terbaik kita”*

*Kupersembahkan untuk :*

- *Allah SWT dan Kekasih-Nya Muhammad SAW*
- *Ayahanda ABDUL MUIN dan Ibunda ROHAYATI tercinta*
- *Kakekku H. AB. ACOK*
- *Kedua adikku A. AMIRULLAH dan A. OKTA REVIANZAH*
- *Kedua Pembimbingku Ir. ERLINAWATI, M.T dan TAHDID, S.T., M.T*
- *M. Adi Septian Fajri*
- *Teman-Temanku kelas 8 EGA dan Teman Seperjuangan TA*
- *Almamaterku*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis sampaikan kehadirat Allah Subhana Wa Ta'ala, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan sesuai rencana. Shalawat dan salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad Shalallahu 'Alaihi Wassalam.

Penulis menyusun laporan ini berdasarkan metode rancang bangun dan hasil pengamatan data-data yang diperoleh saat melakukan uji coba alat *Prototype Steam Power Plant*. Laporan Tugas Akhir ini bermaksud memberikan suatu tujuan untuk mengetahui **“Efisiensi Fire Tube Boiler pada Steam Power Plant ditinjau dari Perbandingan Udara dan Bahan Bakar”**.

Dalam melaksanakan Tugas Akhir ini penulis telah banyak menerima bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak RD Kusumanto, S.T, M.M., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Bapak Ir. Robert Junaidi, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak Zulkarnain, S.T, M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Arizal Aswan, M.T., selaku Dosen Pembimbing Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Ibu Ir. Erlinawati, M.T., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir di Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.
6. Bapak Tahdid, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhirdi Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.
7. Seluruh dosen dan staff pengajar di Politeknik Negeri Sriwijaya Jurusan Teknik Kimia Prodi S.1 Terapan Teknik Energi
8. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Energi POLSRI 2011 yang telah memberi semangat.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat mendukung dari pembaca, guna kesempurnaannya di masa yang akan datang.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca.

Palembang, Juni 2015

**Penulis**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	3
1.3 Manfaat .....	3
1.4 Rumusan Masalah .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	5
2.2 Boiler.....	8
2.3 Furnace.....	21
2.4 Proses Pembakaran.....	27
2.5 Karakteristik Bahan Bakar .....	33
2.6 Udara .....	34
2.7 Air Umpan Boiler.....	35
2.8 Proses Perpindahan Panas .....	36
2.9 Kualitas Uap.....	41
2.10 Diagram Fasa .....	41
2.11 Perhitungan Efisiensi Termal <i>Fire Tube Boiler</i> .....	42
<b>BAB III. METODELOGI PENELITIAN</b> .....	<b>47</b>
3.1 Pendekatan Desain Fungsional .....	47
3.2 Pendekatan Desain Struktural .....	47
3.3 Pertimbangan Percobaan.....	54
3.4 Pengamatan .....	56
3.5 Prosedur .....	5
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>59</b>
4.1 Hasil .....	59
4.2 Pembahasan.....	59



<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>69</b>
5.1 Data Pengamatan Proses .....	69
5.2 Tahapan-tahapan Pemecahan Masalah .....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>71</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Komponen-komponen PLTU.....	5
2. <i>Fire Tube Boiler</i> .....	12
3. <i>Water Tube Boiler</i> .....	14
4. <i>Packaged Boiler</i> .....	15
5. Furnace Tipe Silinder Vertikal.....	23
6. Furnace Tipe Box.....	24
7. Furnace Tipe Kabin.....	25
8. Grafik Hubungan Efisiensi dan Udara Berlebih.....	31
9. Perpindahan Panas Konduksi pada Dinding.....	37
10. Perpindahan Panas Konveksi pada Dinding.....	39
11. Perpindahan Panas pada Sistem Radial Silinder.....	40
12. Diagram Fasa.....	41
13. Diagram Neraca Massa <i>Fire Tube Boiler</i> .....	43
14. Diagram Neraca Energi <i>Fire Tube Boiler</i> .....	44
15. Desain <i>Fire Tube Boiler</i> .....	48
16. Desain <i>Fire Tube Boiler</i> Tampak Depan.....	49
17. Desain <i>Fire Tube Boiler</i> Tampak Samping.....	50
18. Desain <i>Fire Tube Boiler</i> Tampak Atas.....	51
19. Bagian-bagian <i>Fire Tube Boiler</i> .....	51
20. Desain <i>Tube Boiler</i> .....	52
21. Desain <i>Steam Power Plant</i> Keseluruhan.....	52
22. Grafik Hubungan Tekanan Udara Bahan Bakar terhadap Udara Excess.....	61
23. Grafik Hubungan Tekanan Udara Bahan Bakar terhadap Efisiensi.....	62
24. Grafik Hubungan Tekanan Udara Bahan Bakar terhadap SFC.....	64
25. Distribusi Energi <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan Udara 4 Bar.....	65
26. Distribusi Energi <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan Udara 5 Bar.....	66
27. Distribusi Energi <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan Udara 6 Bar.....	66
28. Distribusi Energi <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan Udara 7 Bar.....	67
29. Diagram Neraca Massa <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan Udara 4 Bar.....	77
30. Diagram Neraca Energi <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan Udara 4 Bar.....	86
31. Diagram Neraca Energi <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan Udara 4 Bar.....	86
32. Perpindahan Panas pada Dinding Komposit.....	92
33. Analogi Listrik melalui Dinding Komposit.....	92
34. Diagram Neraca Energi <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan Udara 4 Bar.....	98
35. Boiler.....	132
36. <i>Tubesheet</i> .....	132
37. Superheater.....	132
38. Furnace.....	132
39. Kompresor.....	133
40. Tanki Bahan Bakar.....	133
41. Sudu Turbin.....	133

42. Kondensor .....	133
43. Pompa .....	133
44. Level Volume.....	133
45. Panel Listrik .....	134
46. Generator .....	134
47. Pully Turbin .....	134
48. Burner .....	134
49. Temperature Gauge.....	134
50. Pressure Gauge.....	134
51. <i>Prototype Steam Power Plant</i> Keseluruhan.....	135

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Furnace.....	22
2. Spesifikasi Bahan Bakar Solar.....	34
3. Sifat-sifat Udara.....	35
4. Persyaratan Air Umpan Boiler.....	36
5. Konduktivitas Termal Berbagai Bahan.....	38
6. Data Hasil Perhitungan.....	59
7. Data Hasil Perhitungan.....	61
8. Kondisi Operasi Produksi Steam.....	74
9. Kondisi Operasi Produksi Steam.....	75
10. Kondisi Operasi Produksi Steam.....	76
11. Kondisi Operasi Produksi Steam.....	78
12. Komposisi Ultimate Solar.....	86
13. Neraca Massa <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan Udara 4 Bar.....	87
14. Nilai Cp Komponen.....	88
15. Nilai Cp Komponen.....	88
16. Nilai Cp Komponen.....	89
17. Nilai Cp Komponen.....	90
18. Nilai Cp Komponen Flue Gas.....	90
19. Nilai Cp Komponen.....	90
20. Desain <i>Fire Tube Boiler</i> .....	91
21. Konduktivitas Termal Material Boiler.....	91
22. Neraca Energi <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan 4 Bar.....	97
23. Neraca Massa <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan 5 Bar.....	99
24. Neraca Energi <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan 5 Bar.....	100
25. Neraca Massa <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan 6 Bar.....	101
26. Neraca Energi <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan 6 Bar.....	102
27. Neraca Massa <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan 7 Bar.....	103
28. Neraca Energi <i>Fire Tube Boiler</i> pada Tekanan 7 Bar.....	104

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1. Data Hasil Pengamatan .....	72
2. Perhitungan .....	77
3. Perhitungan Desain .....	105
4. Gambar .....	132
5. Surat-surat .....	136