

**ANALISA EFISIENSI TERMAL DAN *FLAME TEMPERATURE* WATER  
TUBE BOILER BERDASARKAN PENGARUH RASIO UDARA BAHAN  
BAKAR LPG UNTUK MEMPRODUKSI *SATURATED STEAM***



**Disusun sebagai salah satu syarat  
Menyelesaikan Pendidikan Sarjana Terapan (D IV)  
Pada Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknik Energi**

**OLEH :**

**AYUNI LESTARI  
0617 4041 1837**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
PALEMBANG  
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

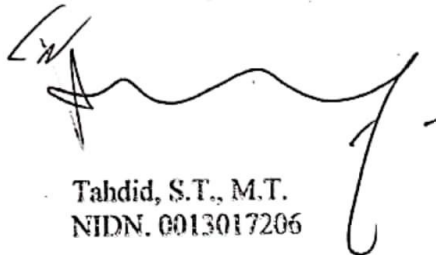
**ANALISA EFISIENSI TERMAL DAN *FLAME TEMPERATURE WATER TUBE BOILER* BERDASARKAN PENGARUH RASIO UDARA BAHAN BAKAR LPG UNTUK MEMPRODUKSI *SATURATED STEAM***

OLEH :

AYUNI LESTARI  
0617 4041 1837

Palembang, Agustus 2021

Menyetujui,  
Pembimbing I,



Tahdid, S.T., M.T.  
NIDN. 0013017206

Pembimbing II,



Ir. K.A. Ridwan, M.T.  
NIDN. 0025026002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Ir. Jaksen, M.Si  
NIP .196209041990031002

**Telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji**  
**di Program Diploma IV – Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia**  
**Politeknik Negeri Sriwijaya**  
**pada tanggal 29 Juli 2021**

**Tim Penguji :**

**Tanda Tangan**

1. Zurohaina, S.T.,M.T  
NIDN. 0018076707

(  )

2. Dr.Ir. Eka Sri Yusmartini, M.T  
NIDN. 0004046101

(  )

3. Rima Daniar, S.Tr.,M.T  
NIDN. 2022029201

(  )

Palembang, Agustus 2021  
Mengetahui,  
Koordinator Program Studi  
DIV (Terapan) Teknik Energi



Ir. Sahrul Effendy. A.,M.T.  
NIP 196312231996011001

## ABSTRAK

### **ANALISA EFISIENSI TERMAL DAN *FLAME TEMPERATURE* WATER TUBE BOILER BERDASARKAN PENGARUH RASIO UDARA BAHAN BAKAR LPG UNTUK MEMPRODUKSI *SATURATED STEAM***

---

(Ayuni Lestari, 2021, Tugas Akhir, 47Halaman, 6 Tabel, 11 Gambar, 4 Lampiran)

*Boiler* merupakan bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan uap bertekanan, dimana uap bertekanan yang dihasilkan dipergunakan diluar boiler itu sendiri. Uap yang dihasilkan dari boiler ini pada umumnya berasal dari proses pembakaran yang menggunakan bahan bakar gas, cair maupun bahan bakar padat. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh rasio udara bahan bakar LPG terhadap efisiensi termal dan *flame temperature* dari *water tube boiler* pada produksi *saturated steam* poses *continue*, serta untuk mengetahui rasio udara bahan bakar optimum yang menghasilkan efisiensi termal tertinggi dan *flame temperature*. Variabel tetap yang digunakan pada penelitian ini adalah laju alir massa *steam* sebesar 15,4kg/jam dan laju alir bahan/bakar sebesar 1,40 kg/jam, sedangkan variabel bebas yang digunakan yaitu rasio udara/bahan bakar sebesar 15,78;15,93; 16,08; 16,23; dan ;16,38. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa rasio udara bahan bakar berpengaruh terhadap efisiensi termal dan *flame temperature* *water tube boiler*, yaitu pada *range* rasio udara bahan bakar 15,78- 16,38 semakin besar rasio udara bahan bakar maka efisiensi termal dan *flame temperature* juga akan semakin tinggi. Nilai rasio udara bahan bakar optimum yang dihasilkan pada penelitian ini, yaitu rasio 16,23 yang menghasilkan *flame temperature* sebesar 753°C dan efisiensi termal sebesar 63,9%.

**Kata kunci:** *Water tube boiler*, rasio udara bahan bakar, *flame temperature*, efisiensi termal.

## **ABSTRACT**

### ***ANALYSIS OF THERMAL EFFICIENCY AND FLAME TEMPERATURE OF WATER TUBE BOILER BASED ON THE EFFECT OF LPG FUEL AIR RATIO TO PRODUCE SATURATED STEAM***

---

(Ayuni Lestari, 2021, Final Project ,46 Pages, 6 Tables, 11 Pictures, 4 Attachments)

*Boiler is a closed vessel used to produce pressurized steam, where the pressurized steam produced is used outside the boiler itself. The steam produced from this boiler generally comes from a combustion process that uses gas, liquid or solid fuels. The purpose of this study is to determine the effect of the LPG-fuel air ratio on the thermal efficiency and flame temperature of the water tube boiler in the continuous production of saturated steam processes, as well as to determine the optimum air-fuel ratio that produces the highest thermal efficiency and flame temperature. The fixed variables used in this study were the mass flow rate of steam of 15.4 kg/hour and the fuel/fuel flow rate of 1.40 kg/hour, while the independent variables used were the air/fuel ratio of 15.78; 15, 93; 16.08; 16.23; and ;16,38. Based on the research that has been done, it is known that the air-fuel ratio affects the thermal efficiency and flame temperature of the water tube boiler, namely in the air-fuel ratio range of 15.78-16.38 the greater the air-fuel ratio, the thermal efficiency and flame temperature are also will be higher. The optimum air-fuel ratio value produced in this study is a ratio of 16.23 which produces a flame temperature of 753°C and a thermal efficiency of 63.9%.*

**Keywords:** *Water tube boiler, fuel air ratio, flame temperature, thermal efficiency*

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

“La Tahzan, Innallaha Ma’ana. Janganlah engkau bersedih, sesungguhnya Allah bersama kita”

“Yakinlah kau bisa dan kau sudah separuh jalan menuju kesana “

“Kesuksesan Tak Luput Dari Doa Orang Tua”

“Lakukanlah Kebaikan Sekecil Apapun Karena Kau Tak Kan Pernah Tahu Kebaikan Apa Yang Akan Membawamu Ke Surga” -Imam Hasan Al-Basri”

### **PERSEMBAHAN:**

- Untuk kedua orang tuaku  
Ayah Badarudin dan Ibu  
Homalia terkasih
- Untuk saudara dan saudariku
- Kedua dosen pembimbingku
- Almamaterku

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas Kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan menyusun laporan tugas akhir.

Penulis menyusun laporan ini berdasarkan hasil pengamatan dan data-data yang diperoleh saat melakukan penelitian di Laboratorium Teknik Kimia dan Laboratorium Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia. Dalam melaksanakan penelitian ini penulis telah banyak menerima bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Dr. Ing. Ahmad Taqwa. M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya
2. Ir. Jaksen, M.Si. 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. Sahrul Effendy A, M.T. selaku Ketua Program Studi D-IV Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya
5. Tahdid, S.T. M.T selaku pembimbing I Tugas Akhir di Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberikan banyak masukan dan saran selama penyelesaian tugas akhir.
6. Ir.K.A.Ridwan .,M.T. selaku pembimbing II Tugas Akhir di Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberikan banyak masukan dan saran selama penyelesaian tugas akhir.
7. Kedua Orangtua, Ayah dan Ibu( Badarudin dan Homalia) yang selalu mendoakan tiada henti dan telah memberikan dukungan moral dan materil selama ini. Terima kasih atas segala kerja keras dan perjuangan yang telah dilakukan hingga saya bisa menyelesaikan kuliah dan laporan akhir ini.
8. Saudara-Saudara ku, Rioh Darlianto dan Rati Purnamasari telah memberikan dukungan moral dan materil selama ini ,yang selalu menjadi tempat bertukar

pikiran. Terima kasih atas segala dukungan hingga saya bisa menyelesaikan kuliah dan laporan akhir ini.

9. Anggun Pratiwi sebagai sahabat , kawan sebangku dan rekan seperjuangan yang tidak pernah berhenti untuk membantu dan saling menyemangati. Rizki Aria Putri dan Valencia tara situmorang, sahabat selama menjalani masa perkuliahan.
10. Teman- teman kelas 8 EGD yang telah berjuang bersama-sama sampai kita berada di titik ini.
11. Teman-teman sekelompok tugas akhir yang telah berjuang bersama dari awal hingga akhir ( Tahdid Squad)
12. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karenanya, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak guna kesempurnaannya di masa mendatang. Semoga kekurangan itu tidak mengurangi manfaat hasil penelitian ini.

Pada akhirnya semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis, mahasiswa dan pihak Politeknik Negeri Sriwijaya.

Palembang, Juli 2021

Penulis



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Manfaat Penelitian.....	3
1.4. Perumusan Masalah.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1. <i>Boiler</i> .....	5
2.1.1 Pengertian <i>Boiler</i> .....	5
2.1.2 Klasifikasi <i>Boiler</i> .....	5
2.1.3 Komponen-Komponen <i>Boiler</i> .....	7
2.2. <i>Steam</i> .....	8
2.3. Dasar Termodinamika.....	10
2.3.1 Hukum Pertama Termodinamika.....	10
2.3.2 Hukum Kedua Termodinamika.....	12
2.4. Bahan Bakar.....	14
2.4.1 Pembakaran.....	14
2.5. Reaksi Kimia pada Proses Pembakaran.....	15
2.5.1 Rasio Udara Bahan Bakar ( <i>Air Fuel Ratio</i> ).....	15
2.6. LPG.....	16
2.6.1 Sifat Fisik LPG.....	18
2.6.2 Sifat Kimia LPG.....	18
2.6.3 Spesifikasi LPG di Indonesia.....	19
2.6.4 Kegunaan LPG.....	20
2.6. Flame Temperature.....	20
2.7. Perhitungan Efisiensi Termal dengan metode langsung.....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>23</b>
3.1. Pendekatan Desain Fungsional.....	23
3.2. Pendekatan Desain Struktural.....	25

3.3. Pertimbangan Percobaan.....	27
3.3.1 Waktu dan Tempat .....	28
3.3.2 Bahan dan Alat.....	28
3.3.3 Perlakuan dan Analisis Statistik Sederhana.....	32
3.3.4 Prosedur Percobaan.....	32
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>36</b>
4.1. Data Pengamatan.....	36
4.2. Pembahasan.....	37
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>44</b>
5.1. Kesimpulan.....	44
5.2. Saran.....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>45</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>46</b>

## DAFTAR TABEL

2.1 <i>Excess Air</i> dan O <sub>2</sub> optimum pada gas buang berbagai Bahan Bakar .....	16
2.2 Jenis LPG Menurut Peraturan Menteri ESDM No 26 Tahun 2009 tentang Penyediaan dan Pendistribusian LPG.....	17
2.3 Sifat Fisik dan Komponen Utama LPG .....	18
2.4 Spesifikasi LPG di Indonesia .....	19
4.1 Data Percobaan Teoritis .....	36
4.2 Data Percobaan Aktual.....	37

## DAFTAR GAMBAR

2.1 Fire tube boiler .....	6
2.2 Water Tube Boiler .....	6
2.3 Kurva Steam Jenuh .....	9
3.1 Perangkat <i>Water Tube Boiler</i> .....	25
3.2 Skema Rasio Udara Bahan Bakar .....	26
3.3 Gambar Teknik Rancang Bangun <i>Water Tube Boiler</i> sebelum diupgrade .....	26
3.4 Gambar Teknik Rancang Bangun <i>Water Tube Boiler</i> setelah di upgrade .....	27
4.1 Grafik Hubungan Rasio Udara/Bahan bakar LPG dan level Ketinggian Air (%) terhadap Tekanan <i>Steam</i> (Bar) Kondisi <i>Steady State</i> .....	37
4.2 Grafik Hubungan antara Rasio Udara/Bahan Bakar Solar Dan Level Ketinggian Air (%) terhadap Entalpi <i>Steam</i> (Kj/Kg) Kondisi <i>Steady State</i> .....	39
4.3 Grafik Hubungan Antara Rasio Udara/Bahan Bakar LPG dan Level Ketinggian Air (%) terhadap Flame Temperature (°C) Kondisi <i>Steady State</i> .....	40
4.4 Grafik Hubungan Rasio Udara/Bahan Bakar LPG Dan Level Ketinggian Air (%) Terhadap Efisiensi Termal (%) Kondisi <i>Steady State</i> .....	42

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Lampiran I Data Pengamatan.....	49
Lampiran II Data Perhitungan.....	53
Lampiran III Dokumentasi.....	69
Lampiran IV Surat-Menyurat.....	71