

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



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

OLEH :

**VALENCIA TARA SITUMORANG
0617 4041 1852**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2021**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

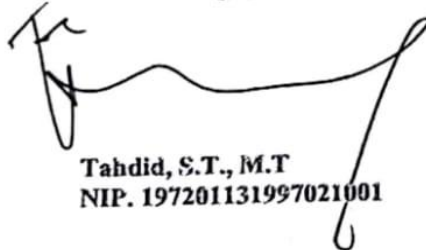
**ANALISA EFISIENSI TERMAL DAN *FLAME*
TEMPERATURE WATER TUBE BOILER BERDASARKAN
PENGARUH RASIO UDARA BAHAN BAKAR GAS LPG
UNTUK MEMPRODUKSI *SUPERHEATED STEAM***

OLEH :

**VALENCIA TARA SITUMORANG
0617 4041 1852**

Palembang, 2 September 2021

**Menyetujui,
Pembimbing I,**



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

Pembimbing II,



**Agus Manggala, S.T., M.T
NIP. 198408262015041002**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia**



**Ir. Jaksen M. Amin, M.Si
NIP. 196209041990031002**

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
JURUSAN TEKNIK KIMIA




Jalan Srijaya Negara, Palembang 30139
Telp.(0711) 353414, Fax. (0711) 355918E-mail : info@polsriwijaya.ac.id

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. Yohandri Bow, S.T., M.S
NIDN 0023107103

()

2. Ir. Sutini Pujiastuti Lestari, M.T.
NIDN 0023105603


()

3. Imanziah Sriwijayasih, S.T., M.T

()

Palembang, Agustus 2021

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
Sarjana Terapan (DIV) 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 *SUPERHEATED STEAM*

(Valencia Tara Situmorang, 2021, Laporan Tugas Akhir, 45 Halaman, 7 Tabel, 12 Gambar)

Boiler adalah suatu bejana tertutup yang terbuat dari baja dan digunakan untuk menghasilkan uap atau *steam*. Agar dapat menghasilkan *steam* diperlukan pembakaran. Pembakaran merupakan reaksi eksotermis yang berlangsung sangat cepat, yang membebaskan energi berupa panas dan nyala api (*flame temperature*) serta mampu menyebarkan panas melalui suatu medium. Agar pembakaran terjadi dengan optimal maka harus memperhatikan nilai rasio udara bahan bakar atau *Air Fuel Ratio* (AFR). Tujuan dari penelitian ini untuk meningkatkan efisiensi termal *water tube boiler*. Bahan bakar yang digunakan adalah gas LPG. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini akan difokuskan untuk menentukan rasio udara dengan bahan bakar gas yang paling tepat sehingga didapatkan hasil pembakaran dan produksi steam yang maksimal. Variable yang digunakan yaitu massa steam, laju alir bahan bakar, tekanan, temperatur, dan rasio udara bahan bakar. Rasio udara bahan bakar gas dan *excess air* yang digunakan yakni, 15,78 (5%), 15,93 (7%), 16,08 (8%), 16,23 (9%), 16,38 (10%). Hasil yang didapatkan setelah penelitian bahwa rasio udara bahan bakar ke-4 paling optimal dikarenakan efisiensi yang tinggi yakni 59.71% dengan *temperature steam* 155⁰C, tekanan 5 bar dan *flame temperature* 753⁰C. Semakin besar rasio udara bahan bakar maka *flame temperature* dan efisiensi termal juga akan semakin tinggi.

Kata kunci : *Boiler, Steam, Efisiensi, Rasio Udara Bahan Bakar, Cross Section, Water Tube, Temperature, Flame, tekanan, excess air.*

ABSTRACT

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

Boiler is a closed vessel made of steel and used to produce steam or steam. In order to produce steam, combustion is required. Combustion is an exothermic reaction that takes place very quickly, which liberates energy in the form of heat and flame (flame temperature) and is able to spread heat through a medium. In order for combustion to occur optimally, it must pay attention to the value of the air-fuel ratio (AFR). The purpose of this research is to increase the thermal efficiency of the water tube boiler. The fuel used is LPG gas. Therefore, this research will focus on determining the most appropriate ratio of air to gas fuel so that maximum combustion results and steam production are obtained. The variables used are steam mass, fuel flow rate, pressure, temperature, and air-fuel ratio. The ratio of air fuel gas and excess air used is, 15.78 (5%), 15.93 (7%), 16.08 (8%), 16.23 (9%), 16.38 (10%). The results obtained after the research that the 4th air-fuel ratio is the most optimal due to the high efficiency of 59.71% with a steam temperature of 1550C, a pressure of 5 bar and a flame temperature of 7530C. The greater the air-fuel ratio, the higher the flame temperature and thermal efficiency.

Keywords: Boiler, Steam, Efficiency, Air Fuel Ratio, Cross Section, Water Tube, Temperature, Flame, pressure, excess air.

MOTTO :

“ Segala Perkara Dapat Kutanggung Di Dalam Dia Yang Memberikan Kekuatan kepadaku.” (Filipi 4:13)

“ Hari Ini Berjuang, Besok Raih Kemenangan”

PERSEMBAHAN :

1. Orang tuaku

Bapak (Domen Situmorang) dan Mamak (Remmi Simbolon) terima kasih untuk cinta, kasih sayang, doa, perhatian, dukungan dan juga pengorbanan untuk memperjuangkanku anakmu ini.

Saudara saudariku

Kakak (Veronica Nina Miyora S), Kakak (Sesilia Chintya S), Abang (Andreas Jona S), Adik (Samuel Arvento S), dan Adik (Richard John S). Terima kasih untuk setiap doa, motivasi, semangat dan dukungan untuk saudaramu ini.

2. Dosen - dosen pembimbing

Pak Tahdid, S.T., M.T. dan pak Agus Manggala, S.T., M.T. Terima kasih untuk bimbingan, saran dan motivasi yang sangat bermanfaat dalam penyusunan Laporan Akhir ini.

3. Sahabatku

Miranda, Rizki, Anggun, Ayuni dan Fedra yang selama 4 tahun terakhir ini menjadi tempat berbagi cerita yang membuat hari-hariku lebih berwarna dan penuh tawa dan juga teman - temanku *fantastic four*.

4. Almamaterku

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan menyusun tugas akhir yang berjudul “Analisa Efisiensi Termal dan *Flame Temperature water tube boiler* berdasarkan pengaruh rasio udara bahan bakar gas LPG untuk memproduksi *superheated steam*”.

Laporan ini disusun berdasarkan hasil Penelitian Tugas Akhir penulis selama lima bulan mulai dari Februari sampai Juni 2021 di Laboratorium Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya untuk memenuhi persyaratan kurikulum jurusan Teknik Kimia Program Studi D-IV Terapan Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.

Dalam melaksanakan laporan Penelitian Tugas Akhir ini penulis telah menerima banyak bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Ir. Jaksen M. Amin, 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 DIV Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Tahdid, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I Laporan Tugas Akhir Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Agus Manggala, S.T., MT. selaku Dosen Pembimbing II Laporan Tugas Akhir Politeknik Negeri Sriwijaya.
7. Bapak / Ibu Dosen Teknik Kimia, selaku Dosen Pengajar Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.
8. Kedua Orang Tua (Domen dan Remmi) yang telah mendoakanku dan saudara saudariku (Veronica, Sesilia, Andreas, Samuel dan Richard).

9. Sahabatku Rizki Aria Putri, Ayuni Lestari, Anggun Pratiwi, Miranda Roulina, Fedra Rosa.
10. Rekan-rekan seperjuangan Tahdid's team 2021 yang terus memupuk kerjasama.
11. Teman teman kelas 8EGD angkatan 2017 yang saling memberikan semangat dan dukungan kepada penulis..
12. Serta pihak-pihak yang secara langsung maupun tidak langsung, besar ataupun kecil, telah membantu penulis dalam kegiatan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Politeknik Negeri Sriwijaya Jurusan Teknik Kimia khususnya Program Studi DIV Teknik Energi.

Palembang, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENGUJI.....	iii
ABSTRAK.....	iv
MOTTO.....	v
PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Perumusan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian <i>Boiler</i>	4
2.1.1 Jenis-jenis <i>Boiler</i>	4
2.1.2 Sistem <i>Boiler</i>	6
2.1.3 Prinsip <i>Boiler</i>	7
2.1.4 Komponen-Komponen <i>Boiler</i>	7
2.2 <i>Steam</i>	8
2.3 Proses Pembakaran	10
2.4 Kebutuhan Udara Pembakaran	12
2.4.1 Excess Air.....	13
2.5 Bahan Bakar Lpg.....	14
2.5.1 Sifat Fisik Lpg.....	14
2.5.2 Sifat Kimia Lpg.....	14
2.6 Dasar Termodinamika Pada Boiler.....	15
2.6.1 Hukum Termodinamika I.....	15

2.6.2 Hukum Termodinamika II.....	17
2.7 <i>Flame Temperature</i>	18
2.8 Efisiensi Boiler.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Pendekatan Desain Fungsional.....	22
3.2 Pendekatan Desain Struktural.....	24
3.3 Pertimbangan Percobaan.....	26
3.3.1 Waktu dan Tempat.....	26
3.3.2 Bahan dan Alat.....	26
3.3.3 Perlakuan dan Analisis Statistik Sederhana.....	30
3.4 Pengamatan.....	30
3.5 Prosedur Percobaan.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian.....	35
4.1.1 Data Teoritis Percobaan.....	35
4.1.2 Data pengamatan Actual <i>Water Tube Boiler</i>	36
4.1.3 Data Efisiensi Termal.....	37
4.2 Pembahasan.....	38
4.2.1 Hubungan pengaruh rasio udara/bahan bakar dan level ketinggian air (%) terhadap tekanan <i>steam</i> (bar) pada kondisi <i>steady state water tube boiler</i>	38
4.2.2 Hubungan pengaruh rasio udara/bahan bakar dan level ketinggian air (%) terhadap <i>Entalpi steam</i> (Kj/kg) pada kondisi <i>steady state water tube boiler</i>	39
4.2.3 Hubungan pengaruh rasio udara/bahan bakar dan level ketinggian air (%) terhadap <i>Flame Temperature</i> (°C) pada kondisi <i>steady state water tube boiler</i>	41
4.2.3 Hubungan pengaruh rasio udara/bahan bakar dan level ketinggian air (%) terhadap Efisiensi Boiler (%) pada kondisi <i>steady state water tube boiler</i>	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 <i>Excess Air</i> dan O ₂ optimum pada gas buang berbagai Bahan Bakar.....	13
2.2 Sifat Fisik dan Komponen Utama LPG.....	15
2.3 Spesifikasi Bahan Bakar LPG.....	16
3.1 Tabel Perbandingan Alat.....	25
4.1 Data Teoritis Percobaan.....	35
4.2 Data Pengamatan <i>Water Tube Boiler</i>	36
4.3 Data Hasil Perhitungan <i>Water Tube Boiler</i>	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 <i>Boiler Pipa Api</i>	5
2.2 <i>Boiler Pipa Air</i>	5
2.3 Diagram fase air.....	10
2.4 Segitiga Api	10
2.5 Diagram Stoikiometri rasio udara bahan bakar	13
2.6 Diagram sankey	20
3.1 Gambar Teknik Rancang Bangun <i>Water Tube Boiler</i> sebelum diupgrade.....	24
3.2 Gambar Teknik Rancang Bangun <i>Water Tube Boiler</i> sesudah diupgrade.....	25
4.1 Grafik Hubungan Antara Rasio Udara/BB LPG dan Level Ketinggian Air (%) terhadap tekanan <i>steam</i> (bar) kondisi <i>steady state</i>	38
4.2 Grafik Hubungan Antara Rasio Udara/Bahan Bakar Lpg Dan Level Ketinggian Air (%) Terhadap Entalpi <i>Steam</i> (Kj/Kg) Kondisi <i>Steady State</i> .	39
4.3 Grafik Hubungan Rasio Udara/BB Gas dan Level Ketinggian Air (%) terhadap <i>flame temperature</i> (°C) pada kondisi <i>steady state</i>	40
4.4 Grafik Hubungan Rasio Udara/Bb Gas Dan Level Ketinggian Air (%) Terhadap Efisiensi Termal Pada Kondisi <i>Steady State</i>	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
2.1 LAMPIRAN I Data Pengamatan	47
2.2 LAMPIRAN II Data Perhitungan	48
2.1 LAMPIRAN III Dokumentasi	61
2.2 LAMPIRAN IV Surat Menyurat	64