

# **LAPORAN TUGAS AKHIR**

**PENGARUH RASIO UDARA BAHAN BAKAR GAS TERHADAP *FLAME TEMPERATURE* DAN EFISIENSI *THERMAL* PADA PRODUKSI *SATURATED STEAM* PROSES *NON STEADY STATE***



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

**OLEH :**

**CRESA MONETA HAS  
061640412223**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
PALEMBANG  
2020**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**PENGARUH RASIO UDARA BAHAN BAKAR GAS TERHADAP FLAME  
TEMPERATURE DAN EFISIENSI THERMAL PADA PRODUKSI  
SATURATED STEAM PROSES NON STEADY STATE**

**OLEH :**

**CRESA MONETA HAS  
061640412223**

**Palembang, September 2020**

**Menyetujui,  
Pembimbing I,**

**(Agus Manggala, S.T., M.T.)  
NIDN 0026089401**

**Pembimbing II,**

**(Ir. Erlinawati, M.T.)  
NIDN 00050761115**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Kimia**



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

Telah Diseminarkan Dihadapan Tim Penguji  
di Program Studi Sarjana Terapan (DIV) Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia  
Politeknik Negeri Sriwijaya  
Pada tanggal 17 September 2020

Tim Penguji:

1. Ir. Arizal Aswan, M.T.  
NIDN 0024045811
2. Ir. Muhammad Taufik, M.Si.  
NIDN 0020105807
3. Adi Syakdani, S.T., M.T.  
NIDN 0011046904

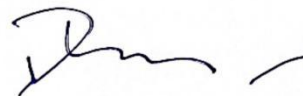
Tanda Tangan

(  )

(  )

(  )

Palembang, September 2020  
Mengetahui,  
Koordinator Program Studi  
Sarjana Terapan (DIV) Teknik Energi



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

## ABSTRAK

### **PENGARUH RASIO UDARA BAHAN BAKAR GAS TERHADAP *FLAME TEMPERATURE* DAN EFISIENSI *THERMAL* PADA PRODUKSI *SATURATED STEAM* PROSES *NON STEADY STATE***

---

(Cresa Moneta Has, 2020; 44 Halaman, 20 Tabel, 12 Gambar)

Boiler adalah sebuah ketel uap yang tertutup serta panas pembakaran diteruskan ke air, sampai menjadi air yang beruap panas atau *steam*. Setelah itu uap panas tersebut dalam tekanan, yang dimanfaatkan untuk suatu proses nantinya. Untuk meningkatkan pemanfaatan energi secara lebih efisien dan menekan peningkatan biaya produksi terhadap konsumsi bahan bakar maka kajian mengenai peningkatan performansi di boiler merupakan aspek penting karena berkontribusi terhadap efisiensinya. Faktor yang mempengaruhi *flame temperature* dan efisiensi *thermal* yaitu rasio udara bahan bakar pada *Cross Section Water Tube Boiler*. Diperlukannya campuran rasio udara bahan bakar yang tepat agar proses pembakaran di dalam *furnace* dapat berlangsung lebih optimal. Rasio udara bahan bakar gas dan *excess air* yang digunakan yakni, 29.16 (6%), 29.44 (7%), 29.71 (8%), 29.99 (9%), 30.26 (10%). Hasil yang didapatkan setelah penelitian bahwa rasio udara bahan bakar ke-4 paling optimal dikarenakan efisiensi yang tinggi yakni 59.32% dengan *temperature steam* 199°C, tekanan 5 bar dan *flame temperature* 704°C.

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

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF THE AIR FUEL RATIO GAS TO FLAME TEMPERATURE AND THERMAL EFFICIENCY TO PRODUCE SATURATED STEAM NON STEADY STATE PROCESSES**

---

(Cresa Moneta Has, 2020, 44 Pages, 20 Tables, 12 Pictures)

A boiler is a closed steam boiler and combustion heat is passed into the air, until it becomes hot steamy water or steam. After that the hot steam is under pressure, which is used for a later process. To increase energy utilization more efficiently and increase the increase in production costs on fuel consumption, the study of improving boiler performance is an important aspect because it contributes to its efficiency. Factors that influence and efficiency of fire temperature are the ratio of air to fuel in the Cross Section Water Tube Boiler. It is necessary to mix the right air-to-fuel ratio so that the combustion process in the furnace can take place more optimally. The ratio of air to gas fuel and excess air used is 29.16 (6%), 29.44 (7%), 29.71 (8%), 29.99 (9%), 30.26 (10%). The results obtained after the research show that the air-to-fuel ratio is the most optimal because of the high efficiency of 59.32% with a steam temperature of 199<sup>0</sup>C, a pressure of 5 bar and a flame temperature of 704<sup>0</sup>C.

Keywords : Boiler, Steam, Efficiency, Air Fuel Ratio, Cross Section, Water Tube, Temperature, Flame, Pressure, Excess Air.

## **MOTTO**

“ ... Niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat...”

(QS. Al-Mujadilah [58]:11)

“We don't need magic to change the world. We carry all the power we need inside ourselves already. We have the power to imagine better”

(J.K. Rowling)

“Hiduplah dengan menikmati rahmat Allah. Karena banyak hal yang bisa disyukuri dalam hidup sekecil apapun”

(Penulis)

## **PERSEMBAHAN**

### **Kupersembahkan Laporan Akhir ini Untuk:**

Ayahanda Agus Susanto, S.Sos dan Ibunda Hasibah, S.Pd, dua orang sosok terbaik dalam hidupku yang tak henti-hentinya dengan tulus berjuang merawat dan membesarkanku, doa yang selalu dipanjatkan untuk keberhasilanku serta kasih sayang yang selalu memberikanku semangat berjuang dalam menjalani kehidupan ini.

Adikku satu-satunya Ratu Aqso Has yang telah memberikan dukungan dan tak lelah mendengarkan curahan isi hatiku. Selalu menjadi adik yang terbaik dan memberikan senyuman cerianya untukku.

M.Heryadi Saputra salah satu sosok terbaik yang selalu tak lelah menjadi tempat berkeluh kesah, sabar dengan semua celotehan selama ini. Selalu memberikan semangat dengan tak bosannya.

Almamater tercinta yang telah mendewasakanku dan memberikan perjalanan hidup yang luar biasa

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan akhir yang berjudul **“Pengaruh Rasio Udara Bahan Bakar Gas Terhadap *Flame Temperature* dan Efisiensi *Thermal* pada Produksi *Saturated Steam* pada Proses *Non Steady State*”**. Tak lupa pula, sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan yang baik sepanjang zaman.

Laporan akhir ini merupakan hasil dari pengamatan dan data-data penelitian yang telah dilakukan. Tujuan penulisan Laporan Akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan pada Program Studi Sarjana Terapan (DIV) Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak yang telah memberikan bantuan dalam bentuk semangat, dorongan, bimbingan dan doa dalam penyelesaian Laporan akhir ini, khususnya kepada:

1. Dr. Ing Ahmad Taqwa, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya
2. Carlos RS, S.T, M.T., selaku Wakil Direktur I Politeknik Negeri Sriwijaya
3. Ir. Jaksen, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya
4. Ir. Sahrul Effendy, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya
5. Ahmad Zikri, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya
6. Agus Manggala, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan dan bantuannya dalam penyelesaian Laporan Akhir ini
7. Ir. Erlinawati, M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan dan bantuannya dalam penyelesaian Laporan Akhir ini
8. Dr. Ir. Aida Syarif, M.T., selaku Pembimbing Akademik Politeknik Negeri Sriwijaya



9. Tahdid, S.T, M.T., selaku Dosen yang telah memberikan arahan dan memperlancar penyelesaian studi yang bermanfaat bagi penulis
10. Bapak dan Ibu Dosen di Program Studi Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah banyak membekali penulis dengan ilmu yang bermanfaat
11. Bapak dan ibu Staff Laboraturium di Program Studi Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah membantu memberikan izin dan arahan dalam pelaksanaan penelitian
12. Mama, Papa dan adik tercinta terima kasih atas doa, semangatnya yang selalu ada serta dukungan untuk keberhasilanku
13. Teman-teman seperjuangan dari kelas EGD 16 serta seluruh teman-teman dari Program Studi Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Angkatan 2016 terima kasih atas doa, dukungan dan kebersamaanya selama ini
14. Nanda, Nisa dan Nia terima kasih selalu memberikan semangat dan dorongannya
15. Squad Traveling terima kasih selalu ada disetiap penulis butuhkan
16. M Heryadi Saputra yang telah banyak memberikan semangat dan doa yang tak henti-hentinya dalam penyelesaian laporan ini
17. Teman-teman Tahdid Team (*Team Cross Section Water Tube Boiler*) yang menjadi keluarga baru bagiku, terima kasih atas kebersamaanya

Penyusunan Laporan Kerja Praktik ini masih banyak kekurangan sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun bagi kebaikan dan kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis dan semua pihak.

Palembang, September 2020

Penulis,

Cresa Moneta Has

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>MOTTO</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB IPENDAHULUAN</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>	
2.1 <i>Boiler</i> .....	5
2.1.1 Pengertian <i>Boiler</i> .....	5
2.1.2 Fungsi <i>Boiler</i> .....	5
2.1.3 Jenis-jenis <i>Boiler</i> .....	5
2.1.4 Sistem <i>Boiler</i> .....	10
2.1.5 Prinsip Kerja <i>Boiler</i> .....	10
2.1.6 <i>Steam</i> .....	11
2.1.7 Komponen-Komponen <i>Boiler</i> .....	12
2.2 Proses Pembakaran.....	12
2.2.1 Faktor Utama Proses Pembakaran.....	13
2.2.2 Reaksi Kimia pada Proses Pembakaran.....	14
2.3 Bahan Bakar LPG ( <i>Liquified Petroleum Gas</i> ).....	14
2.4 Dasar Termodinamika.....	15
2.4.1 Hukum Termodinamika I.....	15
2.4.2 Hukum Termodinamika II.....	16
2.5 Kebutuhan Udara Pembakaran.....	16
2.5.1 Rasio Udara Bahan Bakar.....	16
2.6 Diagram Fase Air.....	18
2.7 Neraca Panas.....	20
2.8 Entalpi.....	21
2.9 Efisiensi <i>Thermal Boiler</i> .....	23
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Pendekatan Desain Fungsional.....	24
3.2 Pendekatan Desain Struktural.....	26
3.3 Pertimbangan Percobaan.....	28
3.3.1 Waktu dan Tempat.....	28

3.3.2 Bahan dan Alat.....	28
3.3.3 Perlakuan dan Analisis Statistik Sederhana.....	33
3.4 Pengamatan.....	33
3.5 Prosedur Percobaan.....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Penelitian.....	35
4.1.1 Rasio Udara Bahan Bakar.....	35
4.1.2 Bahan Bakar.....	35
4.1.3 <i>Cross Section Water Tube Boiler</i> .....	35
4.1.4 Data Hasil Pengamatan.....	36
4.1.5 Data Hasil Perhitungan.....	39
4.2 Pembahasan.....	44
4.2.1 Pengaruh Rasio Udara Bahan Bakar terhadap <i>Flame Temperature</i>	44
4.2.2 Pengaruh Rasio Udara Bahan Bakar terhadap Efisiensi <i>Thermal</i> ....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	48

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Hal</b>
2.1 Spesifikasi Bahan bakar LPG.....	15
4.1 Rasio Udara Bahan Bakar.....	35
4.2 Komposisi Bahan Bakar LPG.....	35
4.3 Data Kondisi Udara, Bahan Bakar dan Air Umpan.....	36
4.4 Data Pengamatan Udara Ekses 6 %.....	36
4.5 Data Pengamatan Udara Ekses 7 %.....	37
4.6 Data Pengamatan Udara Ekses 8 %.....	37
4.7 Data Pengamatan Udara Ekses 9 %.....	38
4.8 Data Pengamatan Udara Ekses 10 %.....	38
4.9 Neraca Massa <i>Boiler</i> pada Rasio Udara Bahan Bakar 29.16.....	39
4.10 Neraca Massa <i>Boiler</i> pada Rasio Udara Bahan Bakar 29.44.....	39
4.11 Neraca Massa <i>Boiler</i> pada Rasio Udara Bahan Bakar 29.71.....	40
4.12 Neraca Massa <i>Boiler</i> pada Rasio Udara Bahan Bakar 29.99.....	40
4.13 Neraca Massa <i>Boiler</i> pada Rasio Udara Bahan Bakar 30.26.....	41
4.14 Neraca Panas Boiler pada Rasio Udara Bahan Bakar 29.16.....	41
4.15 Neraca Panas Boiler pada Rasio Udara Bahan Bakar 29.44.....	42
4.16 Neraca Panas Boiler pada Rasio Udara Bahan Bakar 29.71.....	42
4.17 Neraca Panas Boiler pada Rasio Udara Bahan Bakar 29.99.....	43
4.18 Neraca Panas Boiler pada Rasio Udara Bahan Bakar 30.26.....	43
4.19 Efisiensi <i>Thermal</i> pada Setiap Rasio Udara Bahan Bakar.....	43

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Hal</b>
2.1 <i>Boiler</i> Pipa Api.....	6
2.2 <i>Oil fired packaged boiler</i> .....	7
2.3 <i>Fluidized Bed Boiler</i> .....	8
2.4 <i>Stoker Boiler</i> .....	8
2.5 <i>Water Tube Boiler</i> .....	9
2.6 Diagram Stoikiometri.....	17
2.7 Diagram fase air.....	19
2.8 Diagram Sankey pada <i>Boiler</i> .....	21
2.9 Diagram Temperatur-Entalpi pada Perubahan Fasa.....	21
3.1 <i>Cross Section Water Tube</i> Terpasang.....	27
4.1 Hubungan Rasio Udara Bahan Bakar terhadap <i>Flame Temperature</i> .....	45
4.2 Hubungan Rasio Udara Bahan Bakar terhadap Efisiensi <i>Thermal</i> .....	46

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Hal</b>
1 Data Pengamatan.....	50
2 Data Perhitungan.....	62
3 Dokumentasi.....	73
4 Surat-Surat.....	77