

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH *AIR FUEL RATIO* TERHADAP EFISIENSI
PEMBAKARAN PADA UNIT *REGENERATION GAS HEATER*
KAPASITAS 1001 KW**



Oleh:

RIVCKY UBAYDILLAH

NIM. 2021040009

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS GRESIK

2025

TUGAS AKHIR
ANALISIS PENGARUH *AIR FUEL RATIO* TERHADAP
EFISIENSI PEMBAKARAN PADA UNIT *REGENERATION GAS*
***HEATER* KAPASITAS 1001 KW**

Disusun guna untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)
Pada Fakultas Teknik Universitas Gresik



Oleh:
RIVCKY UBAYDILLAH

NIM. 2021040009

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GRESIK
2025

LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh *Air Fuel Ratio* terhadap Efisiensi Pembakaran pada
Unit *Regeneration Gas Heater* Kapasitas 1001 kW
Nama Mahasiswa : Rivcky Ubaydillah
NIM : 2021040009

Telah selesai dilakukan bimbingan dan dinyatakan layak memenuhi syarat dan menyetujui untuk
diuji pada tim Penguji Tugas Akhir pada program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas
Gresik

Gresik, 30 Juli 2025

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Lisa Puspita Ariyanto, S.Si., M.Si.

NIPY. 10710202025258



Putri Sundari, S.ST., M.T.

NIPY. 107102020200167

Mengetahui,

a.n Ketua Program Studi

Dekan Fakultas Teknik



Akhmad Andi Saputra, S.T., M.T.

NIPY. 107102020160127

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh *Air Fuel Ratio* terhadap Efisiensi Pembakaran pada
Unit *Regeneration Gas Heater* Kapasitas 1001 kW
Nama Mahasiswa : Rivcky Ubaydillah
NIM : 2021040009
Telah dipertahankan /diuji dihadapan Tim Penguji
Pada Tanggal : 3 Juli 2025

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GRESIK

1. Putri Sundari, S.ST., M.T.

NIPY. 017102020200167

Ketua Penguji

2025

1.

2. Hasti Suprihatin, S.T., M.T.

NIPY. 10710202022180

Anggota Penguji I

2.

3. Ikhtisholiah, S.Si., M.Si.

NIPY. 107102020150100

Anggota Penguji II

3.

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik



Akhmad Andi Saputra, S.T., M.T.

NIPY. 107102020160127



PERNYATAAN ORISINILITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rivcky Ubaydillah
NIM : 2021040009
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : Strata Satu
Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh *Air Fuel Ratio* terhadap Efisiensi Pembakaran pada Unit *Regeneration Gas Heater* Kapasitas 1001 kW

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah tugas akhir ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali secara tertulis secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah tugas akhir ini dapat dibuktikan unsur – unsur plagiasi saya bersedia tugas akhir ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh DIBATALKAN, serta diproses sesuai peraturan perundang – undangan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar – benarnya tanpa ada paksaan dari pihakmanapun.

Gresik, 30 Juli 2025

Yang Menyatakan,



Rivcky Ubaydillah
NIM. 2021040009



PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rivcky Ubaydillah
NIM : 2021040009
Fakultas : Teknik
Program Studi : S1 Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Fakultas Teknik Universitas Gresik Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*non-exclusive royalty fee right*) atas tugas akhir saya yang berjudul:

Analisis Pengaruh *Air Fuel Ratio* Terhadap Efisiensi Pembakaran Pada Unit *Regeneration Gas Heater* Kapasitas 1001 kW

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti tersebut Nama Fakultas berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Gresik, 30 Juli 2025

Yang menyatakan,



Rivcky Ubaydillah

NIM 2021040009

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji syukur kami panjatkan Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan karunia dan rahmat-Nya, sehingga Penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS PENGARUH *AIR FUEL RATIO* TERHADAP EFISIENSI PEMBAKARAN PADA UNIT *REGENERATION GAS HEATER* KAPASITAS 1001 KW” dengan baik. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat diperolehnya gelar S1 Teknik Mesin Universitas Gresik.

Dukungan secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak sangat banyak dan sangat membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Lisa Puspita Ariyanto, S.Si.,M.Si. selaku dosen pembimbing 1 Universitas Gresik.
2. Putri Sundari, S.ST.,M.T. selaku dosen pembimbing 2 Universitas Gresik.
3. Seluruh Pekerja baik kontraktor maupun Organik PT XYZ yang telah berkontribusi dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Ayah, ibu, istri, anak-anak, serta kakak dan adik saya yang selalu memberikan dukungan moral dan semangat untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Berbagai pihak-pihak yang turut membantu dalam proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun masih merasa jauh dari kata sempurna, maka dari itu dibutuhkan saran dan kritik yang membangun, guna penyempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang membacanya serta menjadi kontribusi positif bagi perkembangan ilmu teknik mesin.

Wassalammu'alaikum Wr. Wb.

Gresik, 30 Juli 2025

Rivcky Ubaydillah

ANALISIS PENGARUH *AIR FUEL RATIO* TERHADAP EFISIENSI PEMBAKARAN PADA UNIT *REGENERATION* *GAS HEATER* KAPASITAS 1001 KW

Nama Mahasiswa : Rivcky Ubaydillah
Dosen Pembimbing : 1. Lisa Puspita Ariyanto, S.Si.,M.Si.
2. Putri Sundari, S.ST., M.T.

ABSTRAK

Regeneration Gas Heater merupakan komponen penting dalam proses regenerasi katalis pada sistem dehidrasi gas alam di PT. XYZ. Unit ini menggunakan bahan bakar metana untuk menghasilkan gas panas. Salah satu faktor utama yang mempengaruhi kinerja pembakaran pada sistem ini adalah *Air Fuel Ratio* (AFR), yaitu rasio massa udara terhadap bahan bakar dalam proses pembakaran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi AFR terhadap efisiensi termal dan emisi gas buang yang dihasilkan oleh *Regeneration Gas Heater*.

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan memvariasikan AFR dalam rentang 16,1 hingga 17,5, dengan selisih 0,1 antar variasi. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pada setiap nilai AFR untuk memastikan konsistensi dan validitas data. Parameter yang dijelaskan meliputi suhu *inlet* dan *outlet* fluida, konsumsi bahan bakar, serta emisi gas buang seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan nitrogen oksida (NO_x). Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi termal meningkat seiring naiknya AFR dan mencapai titik maksimum pada AFR stoikiometri sebesar 17,2:1 dengan nilai efisiensi 83,99%. Emisi CO menurun tajam pada AFR yang lebih tinggi, sedangkan CO₂ hingga meningkat mencapai puncaknya pada AFR 17,2. Emisi NO_x juga mengalami peningkatan hingga AFR 17,2, kemudian menurun pada rasio yang lebih tinggi.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa AFR 17,2 merupakan titik optimal untuk mencapai efisiensi pembakaran maksimum dengan emisi CO minimum. Namun, perhatian khusus tetap diperlukan terhadap emisi NO_x yang meningkat pada rasio tersebut. Dengan demikian, pengaturan AFR sebesar 17,2:1 terbukti mampu meningkatkan efisiensi pembakaran secara signifikan, dan menjadi parameter kritis dalam optimasi performa termal sistem pembakaran berbahan bakar metana.

Kata kunci : AFR, Efisiensi Termal, Emisi Gas Buang, Metana, *Regeneration Gas Heater*.

ANALISIS PENGARUH *AIR FUEL RATIO* TERHADAP EFISIENSI PEMBAKARAN PADA UNIT *REGENERATION* *GAS HEATER* KAPASITAS 1001 KW

Student Name : Rivcky Ubaydillah
Advisor lecturer : 1. Lisa Puspita Ariyanto, S.Si.,M.Si
2. Putri Sundari, S.ST., MT

ABSTRACT

Regeneration Gas Heater is an important component in the catalyst regeneration process in the natural gas dehydration system at PT. XYZ. This unit uses methane fuel to produce hot gases. One of the main factors that affect the combustion performance of this system is the Air Fuel Ratio (AFR), which refers to the ratio between air and fuel in the combustion process. The purpose of this study was to analyze the effect of AFR variations on thermal efficiency and exhaust gas emissions generated by Regeneration Gas Heater.

The study was conducted experimentally by varying the AFR in the range of 16.1 to 17.5, with a difference of 0.1 between variations. Testing is performed three times on each AFR value to ensure consistency and validity of the data. The parameters described include fluid inlet and outlet temperatures, fuel consumption, and exhaust gas emissions such as carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), and nitrogen oxide (NO_x). The results showed that thermal efficiency increased as the AFR increased and reached the maximum point on AFR stoichiometry of 17.2:1 with an efficiency value of 83.99%. CO emissions decreased sharply at higher AFRs, while CO₂ increased to peak at AFR 17.2. NO_x emissions also increased to AFR 17.2, then decreased at a higher ratio.

Based on these results, it can be concluded that AFR 17.2 is the optimal point to achieve maximum combustion efficiency with minimum CO emissions. However, special attention is still needed to NO_x emissions that increase at these ratios. Thus, the AFR setting of 17.2 has been shown to significantly improve combustion efficiency, making it a critical parameter in the thermal performance optimization of methane-fueled combustion systems.

Keywords : *AFR, Thermal Efficiency, Exhaust Gas Emissions, Methane, Regeneration Gas Heater.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	4
2.1 Penelitian Terdahulu.....	4
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Pembakaran dan Prinsip Dasarnya	6
2.2.2 Metana.....	8
2.2.3 <i>Air Fuel Ratio</i> (AFR)	9
2.2.4 <i>Regeneration Gas Heater</i>	9
2.2.5 Efisiensi Pembakaran	11
2.2.6 Termodinamika Dasar	12
2.2.7 Emisi Pembakaran dan Dampak Lingkungan	13
2.2.8 Standar Deviasi	14
2.2.9 Regresi Linier	15
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Jenis Penelitian.....	17
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	17

3.3 Objek Penelitian dan Skema Sistem <i>Regeneration Gas Heater</i>	18
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	19
3.5 Teknik Analisis Data	21
3.5.1 Analisis Termodinamika	21
3.5.2 Validasi Data	21
3.6 Alur Penelitian	22
BAB 4 HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Deskripsi Wilayah Studi.....	23
4.2 Analisa Penelitian.....	24
4.3 Pembahasan.....	25
4.3.1 AFR Stoikiometri.....	25
4.3.2 Suhu Pemanasan Fluida	26
4.3.3 Efisiensi Termal.....	27
4.3.4 Emisi Gas Buang	33
4.4 Validasi Data Uji.....	37
4.4.1 Statistik Standar Deviasi	37
4.4.2 Uji Statistik Regresi Linier AFR terhadap Efisiensi Pembakaran.....	44
4.4.3 Uji Regresi Linier AFR terhadap Emisi Gas Buang.....	45
BAB 5 PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	5
Tabel 3 .1 Komposisi Fluida Proses	20
Tabel 4. 1 Analisis Data Proses <i>Regeneration Gas Heater</i>	24
Tabel 4. 2 Analisis Data Suhu (rata-rata) Pada Variasi AFR.....	26
Tabel 4. 3 Nilai $\dot{m}$ Fuel Hasil Eksperimen Pada Variasi AFR.....	28
Tabel 4. 4 Data Emisi Gas Buang Pada Variasi AFR.....	34
Tabel 4. 5 Data Pengukuran $\dot{m}$ Fuel dan ΔT Fluida	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Segi Tiga Api	6
Gambar 2. 2 <i>Regeneration Gas Heater</i>	10
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian.....	17
Gambar 3. 2 Skema Sistem <i>Regeneration Gas Heater</i>	18
Gambar 3. 3 <i>Fuel Gas Composition</i>	19
Gambar 3. 4 <i>Gas Analyzer</i>	20
Gambar 3. 5 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	22
Gambar 4. 1 Grafik Hubungan AFR dan Delta Suhu Pemanasan.....	27
Gambar 4. 2 Grafik Hubungan AFR dan Efisiensi Termal.....	33
Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh AFR Terhadap Karbon Monoksida (CO).....	35
Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh AFR Terhadap Karbon Dioksida dan Oksida Nitrogen	36
Gambar 4. 5 Hubungan AFR dan Efisiensi Termal Scatter Plot Regresi Linier...	45
Gambar 4. 6 Hubungan AFR dan CO Scatter Plot Regresi Linier.....	46
Gambar 4. 7 Hubungan AFR dan CO ₂ Scatter Plot Regresi Linier.....	47
Gambar 4. 8 Hubungan AFR dan NO _x Scatter Plot Regresi Linier.....	48