

ANALISIS PENGHEMATAN KONSUMSI *NATURAL* GAS DENGAN PEMASANGAN  
*ECONOMIZER FIRE TUBE* BOILER KAPASITAS 20 TON/JAM



WILDAN DZAKWAN AL ROSYID  
NIM : 41323110052

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCUBUANA  
JAKARTA 2024**

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGHEMATAN KONSUMSI *NATURAL* GAS DENGAN PEMASANGAN  
*ECONOMIZER FIRE TUBE* BOILER KAPASITAS 20 TON/JAM



Disusun Oleh:

Nama : Wildan Dzakwan Al Rosyid  
NIM : 41323110052  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH TUGAS  
AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
AGUSTUS 2024

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Wildan Dzakwan Al Rosyid

NIM : 41323110052

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Laporan Skripsi: Analisis Penghematan Konsumsi *Natural Gas* Dengan Pemasangan *Economizer Fire Tube Boiler* Kapasitas 20 Ton/Jam

Telah berhasil dipertahankan di sidang pada hadapan Dewan Penguji serta diterima menjadi bagian persyaratan yang diharapkan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh :

Pembimbing : Henry Carles, S.T., M.T.

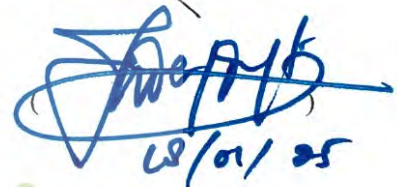
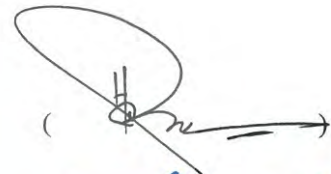
NIDN : 0301087304

Penguji 1 : Dr. Eng. Imam Hidayat, ST., MT

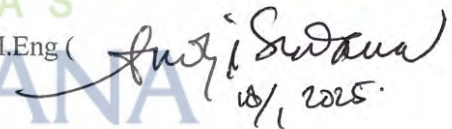
NIDN : 0005087502

Penguji 1 : Andi Firdaus Sudarma, ST., M.Eng (

NIDN : 0327118104



18/01/25



18/01/2025

Jakarta, 14 Januari 2025

Mengetahui,

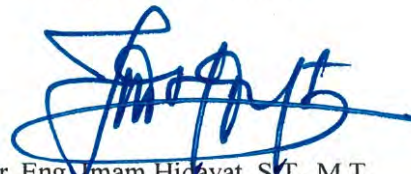
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfia Fitri Ikatrianasari, M.T.

NIDN : 0307037202

Kaprodi Teknik Mesin



Dr. Eng. Imam Hidayat, ST., M.T.

NIDN : 0005087502

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Wildan Dzakwan Al Rosyid

NIM : 41323110052

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Laporan Skripsi : Analisis Penghematan Konsumsi *Natural* Gas Dengan Pemasangan *Economizer Fire Tube* Boiler Kapasitas 20 Ton/Jam

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS Jakarta, 14 Januari 2025  
MERCU BUANA



Wildan Dzakwan Al Rosyid

## PENGHARGAAN

Segala puji bagi Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Tidak lupa penulis juga ingin menyampaikan rasa terimakasih sedalam-dalamnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penulisan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih ini dipersembahkan untuk orang-orang yang telah berjasa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, yaitu:

Pada kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng., selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Ibu Dr. Zulfia Fitri Ikatrianasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi sekaligus Koordinator Tugas Akhir Teknik Mesin.
4. 4. Bapak Dr. Nurato, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin
5. 5. Bapak Henry Carles, S.T., M.T., selaku pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktu dan memberikan arahan kepada saya dari awal pelaksanaan penelitian sampai selesainya penulisan laporan tugas akhir ini.
6. Bapak Dafit Feriyanto, S.T., M.Eng., PhD. sebagai penguji sidang kemajuan tugas akhir yang telah memberikan masukan untuk mendukung penyempurnaan penulisan naskah tugas akhir saya.
7. Bapak Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T., dan Bapak Andi Firdaus Sudarma, ST., M. Eng., sebagai penguji sidang tugas akhir yang telah memberikan penilaian dan masukan untuk penulisan naskah tugas akhir saya sehingga menjadi jauh lebih baik lagi.
8. Seluruh jajaran dosen, staf dan karyawan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang selalu membantu dalam hal penyusunan tugas akhir.
9. Kedua orang tua yang telah membesarkan saya, serta memberikan pendidikan terbaik untuk saya dari masa kecil sampai saat ini.
10. Rekan-rekan saya di tempat kerja, khususnya departemen utility yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, yang sering menjadi rekan untuk bertukar pikiran sehingga melancarkan penelitian saya.

Dan masih banyak lagi pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak tersebut. Penulisan Tugas Akhir ini tidak akan selesai tanpa adanya dukungan dari pihak-pihak tersebut. Penulis sangat menyadari masih terdapat banyak kekurangan pada laporan ini. Hal tersebut tidak lain sebab keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Melalui lembar penghargaan ini penulis menyampaikan permohonan maaf atas segala kekurangan dalam penyusunan laporan kerja Tugas Akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat bagi semua pihak yang membaca.

Jakarta, 14 Januari 2025

Wildan Dzakwan Al Rosyid



## ABSTRAK

Sektor industri merupakan salah satu konsumen terbesar penggunaan energi fosil sebesar 46%, sedangkan cadangan energi fosil mengalami penurunan setiap tahunnya sejak tahun 2012, hal ini membuat pemerintah mewajibkan adanya kebijakan untuk manajemen energi bagi pengguna energi sektor industri dalam jumlah besar (> 4000 toe) yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah No 70 tahun 2009. Pada tahun 2023 terjadi peningkatan konsumsi dan harga *natural* gas (energi fosil) untuk bahan bakar boiler, sehingga perusahaan mengalami kenaikan *cost* yang cukup signifikan. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis efisiensi boiler terhadap konsumsi *natural* gas, serta menganalisis penghematan energi boiler agar lebih efisien. Perhitungan efisiensi boiler dilakukan dengan menggunakan metode langsung dan tidak langsung (*direct-indirect*) untuk menganalisis akar-akar penyebab rendahnya nilai efisiensi. Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi boiler didapatkan nilai efisiensi menggunakan metode langsung dan tidak langsung sebesar 74,23% dan 78,79% dengan loses terbesar terjadi karena penguapan kadar air sebabkan H<sub>2</sub> dalam bahan bakar sebesar 11,2% pada temperatur 290°C. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa boiler pipa api kapasitas 20 ton/jam sudah dibawah standar efisiensi dan langkah penghematan energi yang akan dilakukan dengan memasang *economizer* untuk memanfaatkan temperatur gas buang sisa pembakaran sehingga dapat meningkatkan efisiensi boiler sebesar 6,21% menjadi 80,43% dan dapat menghemat *cost* sebesar Rp. 359.773.920,- perbulannya dengan *payback period* pemasangan *economizer* selama 2 bulan 24 hari.

**Kata Kunci :** Manajemen energi, boiler, efisiensi, *economizer*.



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## **ANALYSIS OF SAVINGS IN NATURAL GAS CONSUMPTION FROM INSTALLING A 20 TON/HOUR FIRE TUBE BOILER ECONOMIZER**

### **ABSTRACT**

*The industrial sector is one of the largest consumers of fossil energy use by 46%, while fossil energy reserves have decreased every year since 2012, this makes the government require a policy for energy management for industrial sector energy users in large quantities (> 4000 toe) as stated in Government Regulation No. 70 of 2009. In 2023 there will be an increase in consumption and prices of natural gas (fossil energy) for boiler fuel, so that the company experiences a significant increase in costs. The purpose of this study is to analyze boiler efficiency against natural gas consumption, as well as to analyze boiler energy savings to be more efficient. Boiler efficiency calculations are carried out using direct and indirect methods (direct-indirect) to analyze the root causes of low efficiency values. Based on the results of boiler efficiency calculations, the efficiency value using direct and indirect methods is 74.23% and 78.79% with the largest losses occurring due to evaporation of water content causing H<sub>2</sub> in fuel of 11.2% at a temperature of 290 ° C. Therefore, it can be concluded that the 20 ton/hour fire tube boiler is below the efficiency standard and energy saving steps that will be taken by installing an economizer to utilize the exhaust gas temperature of the combustion residue so that it can increase the boiler efficiency by 6.21% to 80.43% and can save costs of Rp. 359.773.920, - per month with an economizer installation payback period of 2 months 24 days.*

**Keywords :** Management energy, boiler, efficiency, economizer.



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>ii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
<b><i>ABSTRACT</i></b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN	4
1.4 MANFAAT	4
1.5 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
2.1 PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2 <i>NATURAL GAS</i>	9
2.3 AUDIT ENERGI	10
2.3.1 Jenis Audit Energi	10
2.4 BOILER	11
2.4.1 Skema Sistem Boiler	12
2.4.2 Jenis-Jenis Boiler	14
2.4.3 Proses Perpindahan Panas Boiler	15
2.2.4 Sistem Pembakaran Boiler	16
2.2.5 Perhitungan Efisiensi Boiler	19
2.5 BURNER	26
2.6 <i>ECONOMIZER</i>	27

2.6.1	Perhitungan <i>Economizer</i>	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		<b>30</b>
3.1	DIAGRAM ALIR	30
3.2	PENGUMPULAN DATA	31
3.3	ANALISIS AWAL	32
3.4	LANGKAH PENGHEMATAN ENERGI	32
3.5	ANALISA LANJUTAN	32
3.6	KESIMPULAN DAN SARAN	33
3.7	SPESIFIKASI BOILER	33
3.7.1	ALUR PROSES BOILER	34
3.8	SPESIFIKASI GAS	35
3.9	SPESIFIKASI <i>ECONOMIZER</i>	36
3.4	ALAT DAN BAHAN	36
3.4.1	Alat Ukur	36
<b>BAB IV HASIL &amp; PEMBAHASAN</b>		<b>42</b>
4.1	PENGUMPULAN DATA	42
4.1.1	Data Operasional Boiler	42
4.1.2	Data Pengujian Gas Buang	43
4.1.3	Data Tabel Termodinamika	44
4.1.4	Data Ultimate Bahan Bakar	44
4.2	PERHITUNGAN EFISIENSI BOILER	45
4.2.1	Perhitungan Energi <i>Output</i> Boiler	45
4.2.2	Perhitungan Energi <i>Input</i> Boiler	47
4.2.3	Perhitungan Metode Langsung ( <i>Direct</i> )	47
4.2.4	Perhitungan Metode Tidak Langsung ( <i>Indirect</i> )	48
4.3	PEMBAHASAN PERHITUNGAN EFISIENSI BOILER	51
4.3.1	Efisiensi Boiler	51
4.6	ANALISIS PENGHEMATAN ENERGI <i>ECONOMIZER</i>	52
4.5.2	Perancangan <i>Economizer</i>	52
4.5.3	Perhitungan Penghematan Energi Pemasangan <i>Economizer</i>	56
4.7	PEMBAHASAN PERHITUNGAN PENGHEMATAN ENERGI	59
4.7.1	Hasil Perhitungan Penghematan Energi <i>Economizer</i>	59
4.8	PERHITUNGAN <i>PAYBACK PERIOD</i>	61

<b>BAB V PENUTUP</b>	<b>62</b>
5.1 KESIMPULAN	62
5.2 SARAN	63
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>64</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>68</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik konsumsi energi nasional tahun 2023	1
Gambar 1. 2 Grafik Pemakaian Natural Gas Boiler tahun 2023	2
Gambar 1. 3 Grafik Average price of LNG	3
Gambar 2. 1 Skema sistem boiler pipa api	12
Gambar 2. 2 Boiler pipa air	14
Gambar 2. 3 Boiler pipa api	15
Gambar 2. 4 Burner boiler pipa api	27
Gambar 3. 1 Diagram Alir	31
Gambar 3. 2 Boiler pipa api kapasitas 20 ton/jam	33
Gambar 3. 3 Alur proses boiler	34
Gambar 3. 4 <i>Water Flow Sensor</i>	37
Gambar 3. 5 <i>Internal structure of G1/2 water flow sensor</i>	37
Gambar 3. 6 <i>Pressure Gauge 6 Inch 0-10 bar</i>	38
Gambar 3. 7 Diagram <i>wiring thermocouple</i>	38
Gambar 3. 8 <i>Thermocouple</i>	38
Gambar 3. 9 <i>Thermal Imager</i>	39
Gambar 3. 10 <i>Gas Analyzer Testo 330-2G</i>	40
Gambar 3. 11 Lubang cerobong asap boiler	41
Gambar 4. 1 Alur perhitungan efisiensi boiler metode langsung	47
Gambar 4. 2 Alur perhitungan efisiensi boiler metode tidak langsung (indirect)	48
Gambar 4. 3 grafik peningkatan efisiensi energi dengan <i>economizer</i>	53
Gambar 4. 4 Desain perancangan <i>economizer</i> pada boiler	53
Gambar 4. 5 Tampak depan boiler <i>bosch</i> dengan <i>economizer</i>	54
Gambar 4. 6 tampak belakang boiler <i>bosch</i> dengan <i>economizer</i>	55
Gambar 4. 7 temperatur pipa <i>inlet water</i> boiler setelah <i>economizer</i>	55
Gambar 4. 8 Grafik efisiensi boiler	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu	6
Tabel 2. 2 Cadangan gas bumi periode 2019 - 2023	9
Tabel 3. 1 Spesifikasi mesin boiler	33
Tabel 3. 2 Spesifikasi natural gas	35
Tabel 3. 3 Tabel spesifikasi <i>thermal imager</i>	39
Tabel 3. 4 Tabel Spesifikasi <i>Gas Analyzer Testo 330-2G</i>	40
Tabel 4. 1 Data operasional boiler pipa api <i>standarkessel</i>	42
Tabel 4. 2 Hasil uji gas buang	44
Tabel 4. 3 Nilai entalpi dan density sesuai table termodinamika	44
Tabel 4. 4 Data ultimate natural gas	45
Tabel 4. 5 Hasil perhitungan efisiensi boiler metode tidak langsung ( <i>indirect</i> )	51
Tabel 4. 6 Hasil perhitungan potensi penghematan energi pemasangan <i>economizer</i>	59
Tabel 4. 7 biaya investasi pemasangan <i>economizer</i> pada boiler	61

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$\eta_{boiler}$	efisiensi boiler (%)
$T_{fw}$	temperatur <i>feed water</i> (°c)
$\rho_{fw}$	<i>density feed water</i> (kg/m <sup>3</sup> )
$q_{fw}$	debit feed water (m <sup>3</sup> /h)
$h_{fw}$	entalpi feed water (kj/kg)
$P_{atm}$	tekanan atm (bar)
$\dot{m}_{stm}$	laju massa aliran uap air (kg/jam)
$P_{stm}$	tekanan steam (bar)
$Q_{stm}$	energi yang dihasilkan steam (kj/h)
$h_{stm}$	entalpi steam (kj/kg)
$V_{bdn}$	velocity blowdown (m/s)
$Q_{ev}$	energi yang diperlukan untuk menguapkan air (kJ)
$m_{fw}$	massa air dalam bahan bakar (kg)
$h_{ev}$	entalpi pengupan ( <i>evaporation</i> ) (kJ/kg)
$q_{bdn}$	debit blowdown (m <sup>3</sup> /h)
$\rho_{bdn}$	density air blowdown (kg/m <sup>3</sup> )
$h_{bdn}$	entalpi air blowdown (kj/kg)
$h_{blr}$	ketinggian relatif boiler terhadap titik acuan (m)
$\dot{m}_{bdn}$	laju massa aliran blowdown (kg/h)
$Q_{out}$	energi yang dihasilkan boiler (kj/h)
$Q_{in}$	energi yang masuk kedalam boiler (kj/h)
$L1$	rugi-rugi gas buang kering (panas sensible)
$L2$	rugi-rugi steam dalam bahan bakar (h <sub>2</sub> o)
$L3$	rugi-rugi kandungan air bahan bakar (h <sub>2</sub> o)
$L4$	rugi-rugi kandungan air di udara pembakaran (h <sub>2</sub> o)
$L5$	rugi-rugi pembakaran tidak sempurna (co)
$q_{gas}$	laju aliran panas gas (kg/jam)

$GHV_{gas}$	gross heating value natural gas
Cp	panas spesifik <i>flue gas</i> = 0,23 kCal/kg°C
Tf	temperatur <i>flue gas</i> (°C)
Ta	temperatur <i>ambient</i> (°C)
AAS	massa udara actual yang disuplai (kg)

---



## DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap
TOE	<i>Tonne of Oil Equivalent</i>
TSCF	<i>Tera Standard Cubic Feet</i>
GWh	<i>Giga Watt hour</i>
ASME	<i>American Society of Mechanical Engineers</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
PTC	<i>Performance Test Code</i>
ESDM	<i>Energi dan Sumber Daya Mineral</i>
MMBTU	<i>Millions Of British Thermal Units</i>
HRS	<i>Heat Recovery Steam Generator</i>
NPHR	<i>Net Plant Heat Rate</i>
HHV	<i>higher heating value</i>
MMSCFD	<i>Million Standard Cubic Feet per Day</i>
IKE	Intensitas Konsumsi Energi
PPE	peluang penghematan energi
AEA	Audit Energi Awal
AET	Audit Energi Terinci
EHK	Energasindo Heksa Karya



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Termodinamika Untuk Suhu 100°C & 145°C	68
Lampiran 2. Tabel Termodinamika Untuk $P_{stm}$ 17 Bar & $P_{Atm}$ 1,013 Bar	69
Lampiran 3. Data Operasional Boiler Pada Tanggal 25 September 2024	70
Lampiran 4. Data Pengujian Gas Buang Pada Jam 08.00.	70
Lampiran 5. Data Pengujian Gas Buang Pada Jam 16.00.	71
Lampiran 6. Data Pengujian Gas Buang Pada Jam 23.30.	72
Lampiran 7. Data Pengujian Kandungan Natural Gas Dari PT. EHK	73

