



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**RANCANG BANGUN DAN UJI UNJUK KERJA *FIRETUBE*
BOILER BERKAPASITAS 60 KG/JAM UNTUK SKALA
PROTOTIPE TEKANAN 3 BAR DENGAN EKONOMIZER**

PROYEK AKHIR

MUHAMMAD SATRIA PUTRA

40040219650111

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG

JANUARI 2024



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**RANCANG BANGUN DAN UJI UNJUK KERJA *FIRETUBE*
BOILER BERKAPASITAS 60KG/JAM UNTUK SKALA
PROTOTIPE TEKANAN 3 BAR DENGAN EKONOMIZER**

PROYEK AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan**

MUHAMMAD SATRIA PUTRA

40040219650111

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG

JANUARI 2024

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Proyek Akhir ini daladah hasil karya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan benar**

Nama : Muhammad Satria Putra

NIM : 40040219650111

Tanda Tangan :



Tanggal : 17 Januari 2024

HALAMAN SURAT TUGAS PROYEK AKHIR



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

Jalan Hayam Wuruk No. 3-4
Pleburan Semarang Kode Pos 50241
Telepon/Faks (024) 8316333
Laman www.vokasi.undip.ac.id
email vokasi@ve.undip.ac.id

TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 180/PA/RPM/III/2023

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama : Muhammad Satria Putra

NIM : 40040219650111

Judul Proyek Akhir : **Rancang Bangun Boiler Untuk Skala Lab Dan Pembelajaran**

Dosen Pembimbing : Ir. Murni M.T

NIP. : 195908291987031009

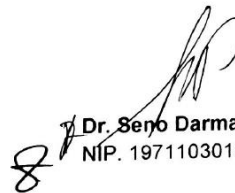
Isi Tugas:

1. Mendesain dan membuat konstruksi *boiler* dengan tekanan kerja maksimum 4 bar.
2. Memfabrikasi konstruksi *boiler* dengan tekanan kerja maksimum 4 bar.
3. Menguji konstruksi *boiler* dengan tekanan kerja maksimum 4 bar menggunakan teori efisiensi boiler
4. Membuat laporan rancang bangun boiler untuk skala lab dan pembelajaran
5. Membuat prototype dan / atau paten sederhana dan / atau HAKI hak cipta dan / atau jurnal publikasi.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 16 Maret 2023

Ketua PSD IV
Rekayasa Perancangan Mekanik


Dr. Serjo Darmanto, S.T., M.T.
NIP. 197110301998021001

Tembusan:

1. Sekretaris Prodi
2. Dosen Pembimbing Proyek Akhir

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Satria Putra
NIM : 40040219650111
Program Studi : S. Ter. REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun dan uji unjuk kerja Firetube Boiler
Berkapasitas 60 kg/jam untuk Skala Prototipe Tekanan
3 Bar Dengan Ekonomizer

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Murni, M.T. (.....)
Penguji I : Ir. Murni, M.T. (.....)
Penguji II : Dr. Drs. Wiji Mangestiyono M.T. (.....)
Penguji III : Sri Utami Handayani, S.T., M.T. (.....)

Semarang, 17 Januari 2024

Ketua PSD IV Rekayasa
Perancangan Mekanik

Sri Utami Handayani, S.T., M.T.

NIP. 197609152003122001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Satria Putra
NIM : 40040219650111
Jurusan/Program Studi : S. Ter. Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Proyek Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Rancang Bangun dan uji unjuk kerja Firetube Boiler Berkapasitas 60 kg/jam untuk Skala Prototipe Tekanan 3 Bar Dengan Ekonomizer

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan Proyek Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : Rabu 17 Januari 2024

Yang menyatakan



Muhammad Satria Putra
NIM. 40040219650111

MOTTO

“Jika berbuat baik, (berarti) kamu telah berbuat baik untuk dirimu sendiri. Jika kamu berbuat jahat, (kerugian dari kejahatan) itu kembali kepada dirimu sendiri.

(QS. Al Isra Ayat 7)

“Tabrak prihal tak mungkin, abaikan mustahil”

-Morfem

“jika engkau terus percaya pasti akan ada jalan”

-The Adams

“jangan berhenti bandel, bandel yang membuat kita hidup tapi tanggung jawab ”

-Vincent Ryan Rompies

“Tugas di dunia cukup jadi orang baik dan bisa membuat orang lain tersenyum”

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan, sehingga dapat menyelesaikan penyusunan laporan Proyek Akhir ini dengan Judul “ Rancang Bangun dan uji unjuk kerja Firetube Boiler Berkapasitas 60 kg/jam untuk Skala Prototipe Tekanan 3 Bar Dengan Ekonomizer”

Laporan Proyek Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang. Laporan Proyek Akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa bimbingan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu dalam penulisan Laporan Proyek Akhir ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro,
2. Ibu Sri Utami Handayani, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancang Mekanik Universitas Diponegoro.
3. Bapak Ir. Murni, M.T., selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir.
4. Seluruh staf dan dosen Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, yang telah memberikan bimbingan dan ilmu yang sangat berharga.
5. Kedua orang tua saya, Bapak Sukarmin dan Eka Pujiati yang telah memberikan doa dan dukungan untuk saya sehingga saya dapat sampai dititik ini.
6. Teman-teman Abhisatya angkatan 2019 Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik yang selalu memberikan semangat dan banyak membantu.
7. Teman-teman seperjuangan tim Proyek Akhir yaitu Fajar Dwi Gusnadi, Anis Muyasaroh, Aga Hernanda, Hans John Hong, Akbar Augrah N.A., Ahmad Zidan Qaidun dan Bachtiar Adi Santoso.

8. Vincent & Desta yang sudah membuat *channel youtube* “VINDES” dan segala hiburan yang disuguhkannya. Terimakasih karena selalu menjadi sumber kebahagiaan bagi penulis dikala penat
9. Teman – teman Tempat Bersama yang sudah memberikan semangat serta dukungan untuk menyelesaikan Proyek Akhir.
10. Terakhir, untuk diri saya sendiri. Terimakasih telah berjuang melewati semua ini. Terimakasih karena tidak pernah menyerah dan selalu yakin semua kehidupan bisa terlewati. Terimakasih karena telah menjadi diri ku sendiri.

Penulis menyadari bahwa proses penyusunan laporan ini masih terdapat banyak kesalahan. Sebab tidak ada manusia yang sempurna, oleh karena itu penulis memohon maaf kepada pembaca apabila masih menemukan kesalahan dalam laporan ini. Akan tetapi semoga segala usaha yang telah dilakukan dapat bermanfaat bagi semua, sebagai ilmu yang bermanfaat.

Semarang, 17 Januari 2024



Muhammad Satria Putra
NIM. 40040219650111

ABSTRAK

RANCANG BANGUN DAN UJI UNJUK KERJA FIRETUBE BOILER BERKAPASITAS 60 KG/JAM UNTUK SKALA PROTOTIPE TEKANAN 3 BAR DENGAN EKONOMIZER

Ketel uap (*Boiler*) ialah bejana tertutup yang didalamnya berisi air untuk dipanaskan serta menghasilkan uap. Bejana bertekanan pada boiler ini umumnya menggunakan bahan baja dengan spesifikasi tertentu yang sudah ditetapkan dalam standar tertentu yaitu ASME (*American Society of Mechanical Engineers*). Penelitian ini bertujuan untuk membuat, menganalisa unjuk kerja *boiler* firetube yang meliputi kapasitas, efisiensi, dan *evaporation ratio*. Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan membuat desain, membuat *testbed*, dan pengujian *testbed*. Dari hasil uji coba yang dilakukan, diperoleh kapasitas boiler sebesar 60 kg/jam. Pada tekanan 3 bar, bahan bakar yang dibutuhkan 4,7 kg/jam dengan menggunakan bahan bakar (LPG) temperatur air drum *boiler* sebesar 140°C, temperatur cerobong asap 122°C dan mampu menghasilkan efisiensi sebesar 70% serta *evaporation ratio* sebesar 12,7.

Kata kunci: Boiler, ASME (*American Society of Mechanical Engineers*), Efisiensi

ABSTRACT

DESIGN AND CONSTRUCTION TEST FOR WORK FIRETUBE BOILER WITH A CAPACITY OF 60KG/HOUR FOR LAB AND STUDY SCALE WITH A PRESSURE OF 3 BAR WITH THE USE OF ECONOMIZER

Boiler is a closed vessel which contains water to be heated and produce steam. Pressure vessels in these boilers generally use steel materials with certain specifications that have been set in certain standards, namely ASME (American Society of Mechanical Engineers). This research aims to create a, analyzing the performance of the firetube boiler which includes capacity, efficiency and evaporation ratio. The method used is experimental by creating a design, creating a testbed, and testing the testbed. From the results of the trials carried out, the boiler capacity was obtained at 60 kg/hour. At a pressure of 4 bar, the fuel required to is 4,7 kg/hour, the boiler drum water temperature is 140°C, the chimney temperature is 122°C and is capable of producing an efficiency of 70% and an evaporation ratio of 12,7.

Keywords: Boilers, ASME (American Society of Mechanical Engineers), Efficiency

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
HALAMAN SURAT TUGAS PROYEK AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Proyek Akhir	3
1.5 Luaran.....	4
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	4
BAB II	6
2.1 Rancang Bangun.....	6
2.2 Ketel Uap.....	6
2.3 Klasifikasi <i>Boiler</i>	7
2.4 Perpindahan Panas Pada <i>Boiler</i>	10
2.5 Bahan Bakar Ketel Uap	11
2.6 Bagian-Bagian Utama Ketel Uap	13
2.7 Perhitungan Safety Valve	16

2.8	Luas Pemanas <i>Boiler</i>	17
2.9	Perhitungan Efisiensi <i>Boiler</i>	18
2.10	Perhitungan Energi yang di Butuhkan.....	19
2.11	Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar	19
BAB III	.....	20
3.1	Diagram Alir.....	20
3.2	Tahapan Penelitian	21
3.3	Kalkulasi Perencanaan Rancang Bangun	23
3.4	Desain	30
3.5	Komponen Alat dan Bahan	31
3.6	Prosedur Rancang Bangun	41
3.7	Langkah Proses <i>Running</i> Alat dan Pengujian	47
BAB IV	.....	49
4.1	Hasil Perancangan	49
4.2	Data Penelitian	50
4.3	Pengolahan Data.....	51
4.4	Pengujian <i>Boiler</i> Dengan Ekonomizer	57
4.4.1	Hubungan Tekanan Dengan Pompa Air ON Otomatis	57
4.4.2	Hubungan Tekanan Dengan Kebutuhan Bahan Bakar.....	58
4.4.3	Hubungan Tekanan Dengan Efisiensi <i>Boiler</i>	59
4.5	Pengujian <i>Boiler</i> Secara Kontinu	60
4.5.1	Hubungan Tekanan Dengan Bahan Bakar <i>Boiler</i> Secara Kontinu	60
4.5.2	Hubungan Tekanan Dengan Waktu Mencapai Tekanan.....	61
BAB V	.....	62
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	.....	64
LAMPIRAN	.....	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ketel Uap Pipa Api	7
Gambar 2. 2 Ketel Uap Pipa Air	8
Gambar 2. 3 Ketel Stationer.....	9
Gambar 2. 4 Ketel Truk	9
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas	20
Gambar 3. 2 Tampak isometric	30
Gambar 3. 3 Tampak samping	31
Gambar 3. 4 Keterangan komponen.....	31
Gambar 3. 5 Pompa Air Sanju SJ-370	32
Gambar 3. 6 Burner.....	33
Gambar 3. 7 Manometer	33
Gambar 3. 8 Flowmeter.....	34
Gambar 3. 9 Thermometer	34
Gambar 3. 10 Gelas Penduga	35
Gambar 3. 11 Ball Valve.....	35
Gambar 3. 12 Check Valve	36
Gambar 3. 13 Globe Valve.....	36
Gambar 3. 14 Safety Valve	37
Gambar 3. 15 Pipa Carbon Steel ASTM SA-106 Gr. B.....	38
Gambar 3. 16 Rockwool	38
Gambar 3. 17 Aluminium Foil	39
Gambar 3. 18 Panel.....	39

Gambar 3. 19 Timbangan Digital	40
Gambar 3. 20 Gas LPG	40
Gambar 3. 21 Pembuatan drum ketel.....	41
Gambar 3. 22 Kerangka penopang boiler	42
Gambar 3. 23 Ekonomizer	43
Gambar 3. 24 Pola lubang pada tubesheet	43
Gambar 3. 25 Assembly tubesheet, lorong api, dan pipa api.....	44
Gambar 3. 26 Pembuatan cerobong asap	45
Gambar 3. 27 Tangki air dan framenya	46
Gambar 3. 28 Hasil assembly boiler	47
Gambar 4. 1 Hasil Rancang Bangun Fire Tube	49
Gambar 4. 2 Grafik hubungan tekanan dengan pompa air on otomatis.....	57
Gambar 4. 3 Grafik hubungan tekanan dengan kebutuhan bahan bakar.....	58
Gambar 4. 4 Grafik hubungan tekanan dan efisiensi boiler.....	59
Gambar 4. 5 Grafik hubungan efisiensi dengan kebutuhan bahan bakar....	Kesalahan!
Bookmark tidak ditentukan.	
Gambar 4. 6 Grafik hubungan tekanan kebutuhan berat.....	60
Gambar 4. 7 Grafik hubungan tekanan dan waktu.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Nilai Faktor B jika $Do/t = 60$	26
Tabel 3. 2 Nilai Faktor B jika $Do/t = 50$	26
Tabel 3. 3 Spesifikasi Pompa	32
Tabel 4. 1 Data Pengujian Boiler Dengan Ekonomiser	50
Tabel 4. 2 Data Pengujian Boiler Secara Kontinu	51
Tabel 4. 3 Data Kebutuhan Panas Tanpa Ekonomizer.....	52
Tabel 4. 4 Data Kebutuhan Panas Dengan Ekonomizer	53
Tabel 4. 5 Data Efisiensi Boiler	54
Tabel 4. 6 Data Kebutuhan Bahan Bakar.....	55
Tabel 4. 7 Evaporation Ratio	56

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Hal.
t	Tebal dinding/plat	13
P	Tekanan	13
R	Radius	13
S	Kekuatan tegangan maksimum material	13
E	Efisiensi sambungan	13
CA	<i>Corrosion Allowance</i>	13
(D)/(d)	Diameter	14
C	Konstanta/Faktor	14
(l)/(L)	Panjang	14
B	Faktor B	14
p	Maks. jarak antar pipa api	15
W	Kapasitas buangan	16
Kd	Koefisien buangan	16
A	Luas buangan	16
A _p	Luas pemanas <i>boiler</i>	17
A ₁	Luas permukaan lorong api	17
A ₂	Luas permukaan pipa api	17
A ₃	Luas permukaan tubesheet	17
n	Jumlah pipa api	17
η_{ketel}	Efisiensi ketel uap	18

W_s	Kapasitas produksi uap	18
\dot{m}_{bb}	Konsumsi bahan bakar	18
h_u	Entalpi uap	18
h_a	Entalpi air umpan	18
LHV	Nilai kalor pembakaran rendah	18
T	Temperatur	49
Q	Kebutuhan Panas	18
G	Laju aliran massa uap	18

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Steamtab Tekanan 3 Bar.....	65
Lampiran 2 Tabel SteamTab Temperatur 30°C	66
Lampiran 3 Tabel SteamTab temperature 40 °C	67
Lampiran 4 Gambar Desain Rancang Bangun Boiler.....	68
Lampiran 5 Dokumentasi Fabrikasi	74
Lampiran 6 Dokumentasi Pengujian.....	76