



UM Surabaya

**ANALISA UNJUK KERJA BOILER DENGAN
PEMAKAIAN PEMANAS UDARA
PADA PLTU 3 JAWA TIMUR 2X350 MW
TANJUNG AWAR-AWAR**

SKRIPSI

**IMAM MUJAHID
NIM : 20161331071**

DOSEN PEMBIMBING :

**M. ARIF BATUTAH, ST, MT
NIDN 07067402**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA
2019**



UM SURABAYA

**ANALISA UNJUK KERJA BOILER
DENGAN PEMAKAIAN PEMANAS
UDARA PADA PLTU 3
JAWA TIMUR 2X350 MW
TANJUNG AWAR-AWAR**

SKRIPSI

**OLEH
IMAM MUJAHID
20161331071**

**DOSEN PEMBIMBING
M. ARIF BATUTAH, ST, MT
NIDN 07067402**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADYAH
SURABAYA
2019**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**ANALISA UNJUK KERJA BOILER DENGAN
PEMAKAIAN PEMANAS UDARA
PADA PLTU 3 JAWA TIMUR 2X350
TANJUNG AWAR AWAR**

**Disusun Untuk Memenuhi Persyaratan Akademik Gelar
Sarjana
Dijurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya**

**Disusun Oleh :
Imam Mujahid
(20161331071)**

**Disetujui Oleh :
DOSEN PEMBIMBING :**


M. ARIF BATUTAH, ST., MT.
NIDN 07067402

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini telah diuji dan dinyatakan sah oleh panitia ujian tingkat Sarjana (S1) Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana.

Disetujui dan disahkan oleh :

Dosen penguji :

1. Ponidi, ST.,MT., I.PM.
2. Hadi Kusnanto,ST.,MT.
3. Rizki Wibawaningrum, ST.,MT.

(.....)
(.....)
(.....)

Dosen Pembimbing :

1. M. Arif Batutah, ST., MT.

(.....) B

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik

Ir. Gunawan, MT
(NIDN. 0707085902)

Menyetujui,
Kaprodi Teknik Mesin

Hadi Kusnanto,ST.,MT.
(NIDN. 071707701)

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Imam Mughad

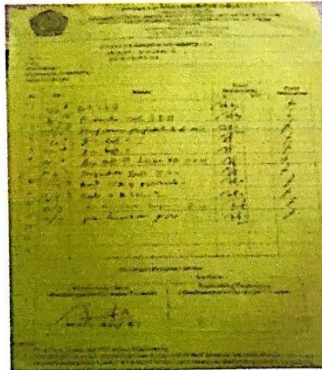
NIM : 20161331071

Jurusan : Teknik Mesin

Judul : Analisa Unjuk Kerja Boiler Dengan Pemakaian Pemanas Udara Pada PLTU 3 Jawa Timur 2x350 Mw Tanjung Awar-Awar

Tanggal Pengajuan Tugas Akhir : 11 November 2018

Tanggal Selesai Tugas Akhir : 11 Juli 2019



Menyetujui,

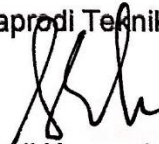
Pembimbing



M. Arif Batutah, ST., MT
(NIDN. 07067402)

Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin



Hadi Kusnanto, ST., MT
(NIDN. 071707701)

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Imam Mujahid
NIM : 20161331071
Fakultas : Teknik
Program Studi : S1 Teknik Mesin

Menyatakan bahwa skripsi/KTI/Tesis yang saya tulis ini benar – benar tulisan karya sendiri bukan hasil plagiasi, baik sebagian maupun keseluruhan. Bila dikemudian hari terbukti hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai ketentuan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, Agustus 2019
Yang membuat pernyataan



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat ALLAH SWT atas limpahan rahmat dan karunia Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian Tugas Akhir di PLTU 3 Jawa Timur 2x350 MW Tanjung Awar-Awar. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan untuk mencapai gelar sarjana di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya. Adapun yang menjadi judul skripsi ini yaitu “Analisa Unjuk Kerja *Boiler* Dengan Pemakaian Pemanas Udara Pada PLTU 3 Jawa Timur 2x350 MW Tanjung Awar Awar”.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir maupun dalam penyusunan laporan. Untuk itu, melalui pengantar ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Gunawan M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
2. Bapak Hadi Kusnanto, S.T., M.T Selaku Kaprodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
3. Bapak Moh. Arif Batutah S.T,M.T., selaku Dosen Pembimbing Skripsi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
4. Bapak-ibu dosen penguji siding skripsi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya
5. Bapak-ibu dosen serta staff Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya yang telah memberi ilmu serta masukan yang bermanfaat kepada penulis.
6. Kedua Orang tua, saudara dan keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan dan doa.

7. Spesial untuk Yuni Mulyasari istri tercinta yang slalu memberikan dukungan agar terselesainya tugas akhir ini.
8. Keluarga Besar Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surabaya, juga rekan-rekan yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan masukan kepada penulis.
9. Semua pihak yang telah memberikan bantuannya kepada penulis selama pelaksanaa penelitian dan penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini belum sempurna, baik segi teknik maupun materi. Oleh sebab itu, penulis juga mengharapkan kritik dan saran membangun demi terciptanya laporan yang lebih baik di masa yang akan datang. Akhir kata, penulis berharap laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Surabaya, Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iv
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Ketel Pipa Air (<i>Water Tube Boiler</i>).....	6
2.2. Komponen-Komponen <i>Boiler</i>	8
2.3. Jenis-Jenis Perpindahan Panas	18
2.3.1. Konduksi.....	18
2.3.2. Konveksi.....	19
2.3.2. Radiasi.....	20
2.4. <i>Log Mean Temperature Difference</i> (LMTD).....	22
2.5. Siklus Termodinamika	24
2.6. Alat Pemanas Udara (<i>Air Heater</i>).....	27
2.7. Jenis-Jenis Pemanas Udara	28
2.8. Prinsip Kerja Pemanas Udara (<i>Air Heater</i>).....	30
2.9. Proses Perpindahan Panas Pada <i>Air Heater</i>	30
2.10. Sifat Fisik Bahan Bakar.....	32
2.11. Aliran Gas Buang dan Udara	33
2.12. Efisiensi Boiler	36
2.12.1. Efisiensi Pembakaran di dalam <i>Furnace</i>	36

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	41
3.1.1. Tempat Penelitian	41
3.1.2. Waktu Penelitian	41
3.2. Alat dan Bahan	41
3.2.1. Alat.....	41
3.2.2. Bahan	43
3.3. Penyajian Data	44
3.4. Analisa Data dan Ruang Lingkup Perhitungan.....	45
3.5. Diagram Alir Penelitian.....	46
3.6. Metodologi Yang Digunakan	47
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	48
4.1. Perhitungan Input dan Output <i>Furnace</i>	48
4.1.1. Kebutuhan Udara Pembakaran Pada Ruang Bakar.....	48
4.1.2. Analisa Berat dan Volume Gas Buang (<i>Flue Gas</i>).....	52
4.2. Perhitungan <i>Heating Value</i> Bahan Bakar	57
4.2.1. Nilai Kalor Tertinggi atau <i>High Heating Value (HHV)</i>	57
4.2.2. Kebutuhan Bahan Bakar	59
4.2.3. Perhitungan Efisiensi Panas Hasil Pembakaran ..	60
4.3. Perhitungan <i>Boiler</i>	61
4.4. Kesetimbangan Panas	65
4.5. Menghitung Efisiensi <i>Boiler</i> Sebelum Menggunakan Pemanasan Udara (<i>Air Heater</i>).....	73
4.5.1. Kalor untuk Mengubah Air Menjadi Uap (<i>Saturated</i>).....	73
4.5.2. Besar Panas Yang Diserap <i>High Temperature Superheater (HTS)</i>	74
4.5.3. Besar Panas Yang Diserap <i>Low Temperature Superheater (LTS)</i>	77
4.5.4. Besar Panas Yang Diserap <i>Economizer</i>	79
4.5.5. Perhitungan Efisiensi Awal.....	81
4.6. Menghitung Efisiensi Boiler Sesudah Menggunakan Pemanasan Udara (<i>Air Heater</i>).....	83

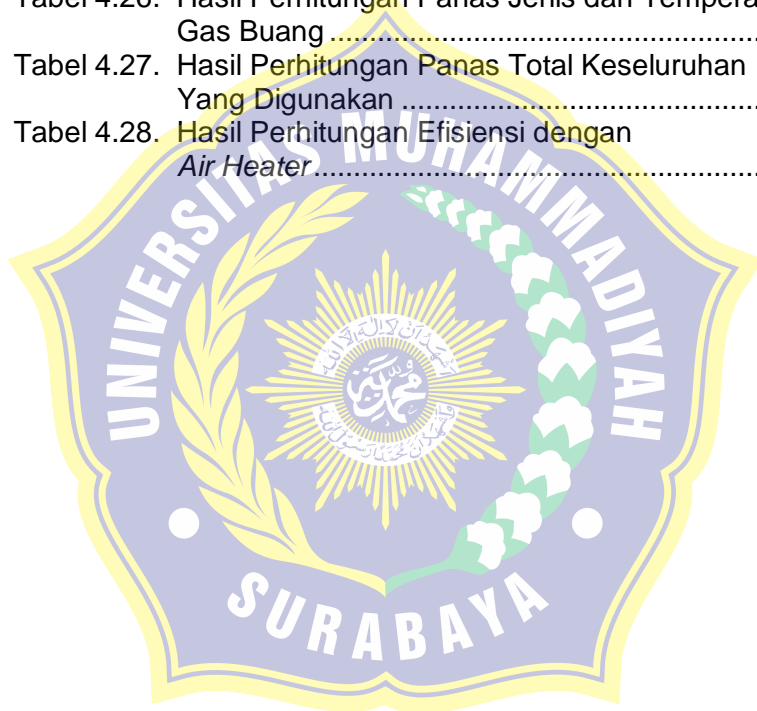
4.6.1. Besar Panas yang diserap <i>Air Heater</i>	83
4.6.2. Efisiensi <i>Boiler</i> Setelah Penambahan <i>Air Heater</i>	85
4.7. Perbandingan Hasil Perhitungan Kalor dan Efisiensi Secara Grafik.....	87
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	89
5.1. Kesimpulan.....	89
5.2. Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	92



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Data Parameter <i>Boiler</i> Bulan Januari 2018.....	44
Tabel 3.2.	Data Fisik Minyak Residu	45
Tabel 4.1.	Komposisi Bahan Bakar Batu Bara	48
Tabel 4.2.	<i>Excess Air Required By Some Fuel Systems</i>	51
Tabel 4.3.	Nilai Kalori PLTU Tanjung Awar-Awar	58
Tabel 4.4.	Kebutuhan Bahan Bakar PLTU Tanjung Awar-Awar	60
Tabel 4.5.	Uap Jenuh	61
Tabel 4.6.	Tekanan Uap Air Jenuh	63
Tabel 4.7.	Data Parameter <i>Boiler</i> Bulan Januari 2018.....	65
Tabel 4.8.	Data Parameter <i>Boiler</i> Bulan Februari 2018	66
Tabel 4.9.	Data Parameter <i>Boiler</i> Bulan Maret 2018	67
Tabel 4.10.	Data Parameter <i>Boiler</i> Bulan April 2018	68
Tabel 4.11.	Data Parameter <i>Boiler</i> Bulan Mei 2018.....	69
Tabel 4.12.	Data Parameter <i>Boiler</i> Bulan Juni 2018.....	70
Tabel 4.13.	Data Kesetimbangan Panas PLTU Tanjung Awar-Awar	71
Tabel 4.14.	Data Nilai Gas Buang PLTU Tanjung Awar-Awar	73
Tabel 4.15.	Data Temperatur Gas Buang PLTU Tanjung Awar-Awar	73
Tabel 4.16.	Hasil Perhitungan Energi Panas Yang Diperlukan Untuk Mengubah Air Menjadi Uap.....	74
Tabel 4.17.	Hasil Perhitungan Panas Yang Diserap Oleh <i>High Temperature Superheater</i> PLTU Tanjung Awar-Awar	75
Tabel 4.18.	Data Temperatur Masuk <i>High Temperature Superheater</i>	76
Tabel 4.19.	Data Besar Panas Yang Diserap <i>Low Temperature Superheater</i>	77
Tabel 4.20.	Data Temperatur Masuk <i>Low Temperature Superheater</i>	79
Tabel 4.21.	Hasil Perhitungan Panas Yang Diserap <i>Economizer</i>	80

Tabel 4.22.	Hasil Perhitungan Temperatur dan Panas Jenis Gas Buang Masuk <i>Economizer</i>	81
Tabel 4.23.	Perhitungan Panas Total Keseluruhan Yang Digunakan	82
Tabel 4.24.	Hasil Perhitungan Efisiensi Awal.....	82
Tabel 4.25.	Hasil Perhitungan Panas Yang Diserap Oleh <i>Air Heater</i>	84
Tabel 4.26.	Hasil Perhitungan Panas Jenis dan Temperatur Gas Buang	85
Tabel 4.27.	Hasil Perhitungan Panas Total Keseluruhan Yang Digunakan	86
Tabel 4.28.	Hasil Perhitungan Efisiensi dengan <i>Air Heater</i>	86



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Ketel Uap	6
Gambar 2.2.	Ruang Bakar	9
Gambar 2.3.	<i>Burner</i> Dalam Kondisi Perbaikan	9
Gambar 2.4.	Kondisi Ruang LTS Dilihat Dari <i>Main Hole</i>	11
Gambar 2.5.	<i>Boiler Tubing High Temperature Superheater</i> ...	12
Gambar 2.6.	<i>Economizer</i>	13
Gambar 2.7.	<i>Boiler Drum</i>	14
Gambar 2.8.	<i>Stack</i>	15
Gambar 2.9.	<i>Forced Drought Fan (FDF)</i>	15
Gambar 2.10.	<i>Air Preheater</i> (Pemanas Awal Udara)	16
Gambar 2.11.	<i>Air Heater</i> (Pemanas Udara)	17
Gambar 2.12.	Perpindahan Panas Secara Konduksi.....	18
Gambar 2.13.	Pendinginan Sebuah Balok Panas Dengan Konveksi Paksa	20
Gambar 2.14.	<i>Black Body</i> Disebut Sebagai Pemancar Dengan Arah Yang Bebas.....	21
Gambar 2.15.	Distribusi Suhu Dalam <i>Air Heater</i> Jenis Aliran <i>Counter Flow</i>	22
Gambar 2.16.	Luas Perpindahan Panas	23
Gambar 2.17.	Bagan Sederhana Siklus Rankine.....	25
Gambar 2.18.	Diagram T-s Siklus Rankine	25
Gambar 2.19.	<i>Air Heater</i> Rekuperatif	28
Gambar 2.20.	<i>Air Heater</i> Regeneratif	29
Gambar 2.21.	Skema Terjadinya Pembakaran	33
Gambar 2.22.	Aliran Uap, Udara Dan <i>Flue Gas</i>	35
Gambar 2.23.	Diagram Neraca Energi	36
Gambar 3.1.	Wilayah Pembangkit Sektor Tanjung Awar-Awar Jawa Timur.....	41
Gambar 3.2.	Manometer	42
Gambar 3.3.	Termometer.....	42
Gambar 3.4.	<i>Orifice Meter</i>	43
Gambar 3.5.	Diagram Alir Penelitian	46
Gambar 4.1.	Grafik Perbandingan Kalor Sebelum dan Sesudah Penambahan <i>Air Heater</i>	87

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Sofyan F. Rajagukguk, 2015, *Kajian Perencanaan Kebutuhan dan Pemenuhan Energi Listrik di Kota Manado*, Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado-95115.
- Badan Pusat Statistik, 2018, *Statistik Listrik 2012-2017*.
- Cengel Yunus A. And Michael A. Boles . 1998. "*Thermodynamics And Engineering Approach*". Third Edition. McGraw-Hill Inc.
- Djoko Setiardjo, M.J.2003. "*Ketel Uap*". Edisi Kelima..
- Frank P. Incropera, David P. Dewitt, 1996, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Fifth Edition, New York.
- Holman, J.P., 1997, *Perpindahan Kalor*, Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Moran, Michael J, Saphiro, Howard N. 2004, *Termodinamika Teknik*, Jilid 2. Jakarta:Erlangga.
- Muin A. Syamsir. 1998. "*Pesawat-Pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap)*". Edisi Pertama.
- PLTU 3 Jawa Timur. "*Data-Data Alat Pemanas Air Pada Boiler*". Pembangkit 2x350 MW Tanjung Awar-Awar.