

**ANALISIS EFISIENSI *BOILER CFB* 2X60 MW PLTU PT X UNIT 2
DENGAN METODE *DIRECT* DAN *INDIRECT***



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PANJI RASWORO
NIM: 41319010003

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCUBUANA
JAKARTA 2021

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS EFISIENSI *BOILER CFB* 2X60 MW PLTU PT X UNIT 2
DENGAN METODE *DIRECT* DAN *INDIRECT*



Nama : Panji Rasworo
NIM : 41319010003
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
AGUSTUS 2021



UNIVERSITAS
MERCU BUANA



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PENGHARGAAN

Dengan menyebut nama Allah Subhanahu Wa Ta'ala , saya panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Efisiensi *Boiler CFB* 2x60 MW PLTU PT X Unit 2 Dengan Metode *Direct* dan *Indirect*” dengan baik dan benar. Penulisan Tugas Akhir ini disusun untuk dapat memenuhi salah satu persyaratan kurikulum Sarjana strata satu (S1) di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercubuana.

Penyusun menyadari tanpa dan bimbingan pengarahannya dan bantuan dari semua pihak tentunya laporan ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik oleh karena itu Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Muhamad Fitri, M.Si., Ph.D, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercubuana Meruya
2. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng , selaku Koordinator tugas akhir sekaligus Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercubuana Meruya
3. Bapak Ir. Dadang Suhendra Permana, M.Sc , selaku Dosen Pembimbing yang telah sabar dalam membimbing dan mengarahkan selama proses penyusunan laporan tugas akhir
4. Seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercubuana Meruya yang telah membimbing selama perkuliahan.
5. Seluruh civitas akademika Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercubuana Meruya, atas kerjasamanya dan bantuannya selama proses pembelajaran dan proses penyusunan laporan ini.
6. Kedua Orang Tua saya yang selalu memberikan dukungan berupa doa dan nasihatnya sehingga dapat termotivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman tercinta yang telah banyak memberikan semangat sehingga laporan tugas akhir ini terselesaikan.

Semoga laporan ini bermanfaat bukan hanya untuk penulis tetapi juga untuk para pembaca agar mendapatkan ilmu dan pengetahuan bagi kita semua. Tidak ada hasil Karya yang sempurna, karena kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Oleh sebab itu

sekiranya terdapat kesalahan, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya. Kritik dan saran sekiranya dapat diberikan agar laporan ini menjadi lebih baik.

Penulis



Panji Rasworo



ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Uap mempunyai salah satu komponen utama yaitu Boiler. Boiler merupakan suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Boiler yang digunakan oleh PLTU PT X menggunakan Boiler tipe CFB. Pada saat boiler bekerja mengubah air menjadi uap teridentifikasi terjadinya kehilangan panas dan pada saat *site test* menggunakan nilai kalor batubara berbeda dengan *design* sehingga mempengaruhi kinerja efisiensi boiler. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui Kehilangan Panas yang dapat mempengaruhi penurunan kinerja Boiler dan mendapatkan kinerja boiler yang lebih efisien. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *direct* dan *indirect* dimana metode tersebut menggunakan software *steam property* atau *steam table* dan *The Sugar Engineers Psychrometric calculation*. Standar perhitungan efisiensi boiler yang digunakan yaitu *ASME PTC 4.1 Power Test Code Steam Generator Units*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi boiler dengan metode *direct* adalah 81,68% pada saat *site test* dan 83,85% pada saat *design* Sedangkan nilai perhitungan efisiensi boiler metode *indirect* adalah 82,43% pada saat *site test* dan 84,53 % pada saat *design* sehingga Penggunaan pada saat kondisi *Design* lebih efisien dibandingkan pada saat kondisi *site test* dan diamati berdasarkan kedua pengujian tersebut bahwa kerugian panas terbesar yang dapat mempengaruhi penurunan kinerja efisiensi boiler bekerja mengubah air menjadi uap yaitu *moisture in fuel*.

Kata Kunci: Boiler CFB, Efisiensi, Metode Direct, Metode Indirect



**EFFICIENCY ANALYSIS OF CFB BOILER 2X60 MW PLTU PT. X
UNIT 2 WITH DIRECT AND INDIRECT METHODS.**

ABSTRACT

Steam Power Plant has one of the main components, namely the Boiler. Boiler is a machine that functions to convert water into steam. The boiler used by PLTU PT X uses a CFB type boiler. When the boiler works to convert water into steam, it is identified that heat loss occurs and when the site test uses the calorific value of coal it is different from the design so that it affects the efficiency of the boiler. The purpose of this study is to determine the heat loss that can affect the performance of the boiler and get a more efficient boiler performance. The method used in this study is a direct and indirect method where the method uses the steam property software or steam table and The Sugar Engineers Psychrometric calculation. The standard for calculating boiler efficiency used is ASME PTC 4.1 Power Test Code Steam Generator Units. The results of this study indicate that the boiler efficiency with the direct method is 81.68% at the site test and 83.85% at the design time. design so that the use during the Design conditions is more efficient than during the site test conditions and it is observed based on the two tests that the largest heat loss that can affect the performance of the boiler working efficiency is to convert water into steam, namely moisture in fuel.

Keywords: *CFB Boiler, Efficiency, Direct Method, Indirect Method*



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
PENGHARGAAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN	4
1.4 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 PRINSIP KERJA PLTU DAN SIKLUS RANKINE	7
2.1.1 Prinsip Kerja PLTU	7
2.1.2 Siklus Rankine (Diagram T-S)	8
2.1.3 Komponen-komponen Utama Pada PLTU	10
2.2 DEFINISI BOILER CFB	12
2.2.1 Bagian Utama Boiler CFB	13
2.2.2 Komponen-komponen Bantu Pada Boiler CFB	14
2.2.3 Prinsip Kerja Boiler	17
2.2.4 Sistem Siklus Air menjadi Uap	17

2.3	TEORI PERPINDAHAN PANAS PADA BOILER	18
2.4	NILAI KALOR BATUBARA	19
2.5	NERACA PANAS	19
2.6	EFISIENSI BOILER CFB	20
	2.6.1 Metode Direct	21
	2.6.2 Metode Indirect	22
	2.6.3 Tata Cara Perhitungan Kerugian	22
2.7	PENELITIAN TERDAHULU	26
BAB III	METODOLOGI	32
3.1	DIAGRAM ALIR	32
	3.1.1 Mulai	33
	3.1.2 Peninjauan Lokasi	33
	3.1.3 Identifikasi Masalah	33
	3.1.4 Studi Literatur	33
	3.1.5 Pengumpulan Data	34
	3.1.6 Analisis dan Perhitungan Data	36
	3.1.7 Diperoleh Hasil Efisiensi	39
	3.1.8 Penutup	39
	3.1.8 Selesai	39
3.2	ALAT DAN BAHAN	39
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1	PERHITUNGAN EFISIENSI BOILER METODE DIRECT	43
	4.1.1 Perhitungan Efisiensi Boiler metode direct pada saat desain	43
	4.1.2 Perhitungan Efisiensi Boiler metode direct pada saat <i>site test</i>	44
4.2	PERHITUNGAN EFISIENSI BOILER METODE INDIRECT	45

4.2.1	Perhitungan Efisiensi Boiler metode indirect pada saat desain	46
4.2.2	Perhitungan Efisiensi Boiler metode indirect pada saat Site Test	49
4.3	ANALISIS HASIL PERHITUNGAN	51
4.3.1	Analisis hasil perhitungan berdasarkan Heat Loss	51
4.3.2	Analisis hasil perhitungan berdasarkan Efisiensi	55
BAB V PENUTUP		58
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		60



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses konversi energi pada PLTU	8
Gambar 2.2 Skema siklus rankine ideal	9
Gambar 2.3 Boiler	10
Gambar 2.4 Turbin Uap	10
Gambar 2.5 Generator	11
Gambar 2.6 Kondensor	11
Gambar 2.7 Bagian Utama Boiler CFB	13
Gambar 2.8 Coal Feeder	14
Gambar 2.9 Primary Air Fan	15
Gambar 2.10 Secondary Air Fan	15
Gambar 2.11 Induced Draft Fan (IDF)	16
Gambar 2.12 Fly Ash Reinjection Fan	16
Gambar 2.13 Siklus Air menjadi Uap	17
Gambar 2.14 Diagram Neraca Energi Boiler	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi	32
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengumpulan Data Primer	34
Gambar 3.3 Diagram alir Pengumpulan data sekunder	35
Gambar 3.4 Diagram Alir analisis dan Perhitungan metode direct	37
Gambar 3.5 Diagram Alir dan Perhitungan metode Indirect	39
Gambar 3.7 The Sugar Engineers Psychrometric calculation	41
Gambar 4.1 Grafik Heatloss pada keadaan design dan site test	52
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Efisiensi kondisi <i>design</i> dan <i>site test</i>	55
Gambar 4.3 Diagram T-S Efisiensi Boiler pada saat <i>design</i>	56
Gambar 4.4 Diagram T-S Efisiensi Boiler pada saat <i>Site Test</i>	56

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Nilai Kalor Batubara	2
Tabel 2.1. Penelitian-penelitian Terdahulu	26
Tabel 4.1 Data pada saat keadaan desain Unit 2 PLTU PT.X	43
Tabel 4.2 Data pada saat keadaan <i>Site Test</i> Unit 2 PLTU PT.X	44
Tabel 4.3 Data Performance test untuk heatloss boiler PT.X	45
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Heat Loss antara Design dan Site Test	51
Tabel 4.5 Efisiensi Boiler CFB	55



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
η	Efisiensi Boiler (%)
m_{uap}	Jumlah Uap yang dihasilkan (kg/hr)
h_g	Enthalpy main steam (kcal/kg)
h_f	Enthalpy feedwater (kcal/kg)
$GCV_{batubara}$	Nilai Kalor spesifik bahan bakar (kcal/kg)
$m_{batubara}$	Jumlah bahan bakar yang digunakan (kg/hr)
$Q_{air \text{ menjadi uap}}$	Panas yang merubah air menjadi uap (kcal/hr)
$Q_{batubara}$	Panas yang dihasilkan oleh pembakaran (kcal/hr)
m	Massa dari <i>dry flue gas</i> (kg/kg batubara)
C_p	Panas spesifik <i>flue gas</i> (kcal/kg ^o C)
T_f	Temperatur <i>flue gas</i> (°C)
T_g	Temperatur <i>ambient</i> (°C)
H_2	Massa <i>hydrogen</i> dalam 1 kg batubara
584	Panas laten berhubungan dengan tekanan parsial uap air
AAS	Massa udara <i>actual</i> yang disuplai dalam 1 kg bahan bakar
Humadity Ratio	Massa air yang terkandung dalam setiap kg udara kering.
CO	Volume CO di flue gas (%)
CO ₂	Volume CO ₂ aktual di flue gas (%)
C	Kandungan karbon (kg/kg bahan bakar)
L	Heat Loss (%)
$GCV_{fly \text{ ash}}$	Nilai kalor fly ash (<i>Gross Calorie Value</i>) (kcal/kg)
$GCV_{bottom \text{ ash}}$	Nilai kalor bottom ash (<i>Gross Calorie Value</i>) (kcal/kg)
Total ash collected	Jumlah abu yang terkumpul (<i>Total ash collected</i>) per kg batubara terbakar
M	massa <i>moisture</i> dalam 1 kg batubara (<i>moisture in fuel</i>)
C	Berat Carbon didalam bahan bakar (kg C per kg BB)
H	Berat Hidrogen didalam bahan bakar (kg H per kg BB)
O	Berat Oksigen didalam bahan bakar (kg O per kg BB)
S	Berat Sulphur didalam bahan bakar (kg S per kg BB)

N	Berat Nitrogen didalam bahan bakar (kg N per kg BB)
m_{ta}	Kebutuhan udara teoritis (kg/kg BB)
Ea	Kelebihan udara (Excess air) yang dipasok (%)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap
CFB	Circulating Fluidized Bed
PC	Pulverized Coal
HHV	High Heating Value
GCV	Gross Calorie Value
NHV	Net Heating Value
LHV	Low Heating Value



UNIVERSITAS
MERCU BUANA