

**ANALISIS PENGARUH *CO-FIRING* BIOMASSA (SERBUK
GERGAJI DAN SEKAM PADI) TERHADAP KINERJA
PERALATAN BOILER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP
DI PANDEGLANG**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
UNIVERSITAS
MERCU BUANA

CANDRA APRIANTO
NIM : 41322110033

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2023**

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH *CO-FIRING* BIOMASSA (SERBUK GERGAJI
DAN SEKAM PADI) TERHADAP KINERJA PERALATAN BOILER
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP DI PANDEGLANG



Disusun oleh:

Nama : Candra Aprianto
NIM : 41322110033
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA
KULIAH TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA
SATU (S1)
DESEMBER 2023

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh:


Nama : Candra Aprianto
NIM : 41322110033
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh *Co-Firing* Biomassa (Serbuk Gergaji dan Sekam Padi) Terhadap Kinerja Peralatan Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Pandeglang

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

Disahkan oleh:

Pembimbing : Dr. Nanang Ruhyat, ST., MT. ()
NIDN : 0323027301

Penguji 1 : Hadi Pranoto, ST., MT., Ph.D ()
NIDN : 0302077304

Penguji 2 : Dr. Ir. Haftirman, M.Eng ()
NIDN : 8865823420

Jakarta, 19 Desember 2023

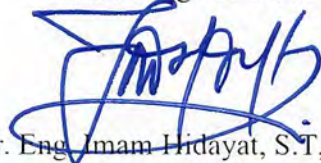
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.

Ketua Program Studi



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

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Candra Aprianto

NIM : 41322110033

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh *Co-Firing* Biomassa (Serbuk Gergaji dan Sekam Padi) Terhadap Kinerja Peralatan Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Pandeglang

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.

Jakarta, 19 Desember 2023
UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Candra Aprianto

PENGHARGAAN

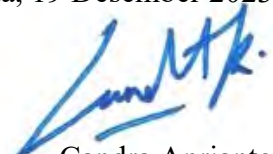
Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Pengaruh *Co-Firing* Biomassa (Serbuk Gergaji dan Sekam Padi) Terhadap Kinerja Peralatan Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Pandeglang” yang merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program studi Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercubuana.

Dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan, bimbingan, sarana dan prasarana kepada pihak dibawah ini :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik.
3. Bapak Dr.Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercubuana.
4. Bapak Hadi Pranoto, ST., MT., Ph.D dan Bapak Dr. Ir. Haftirman, M.Eng, selaku Dewan Penguji Tugas Akhir.
5. Bapak Dr. Nanang Ruhyat, ST., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan waktu untuk membimbing dan mengarahkan dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini.
6. Orang Tua penulis yang telah memberikan dorongan moril, material, semangat dan doa untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Dalam hal ini penulis menyampaikan permohonan maaf atas segala kekurangan yang mungkin terjadi dalam penyusunan laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pihak yang membaca.

Jakarta, 19 Desember 2023



Candra Aprianto

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. TUJUAN PENELITIAN	2
1.4. MANFAAT PENELITIAN	2
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. ENERGI TERBARUKAN	5
2.2. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP	6
2.3. BOILER	13
2.3.1. <i>Economizer</i>	14
2.3.2. <i>Steam Drum</i>	15
2.3.3. <i>Superheater</i>	17

2.3.4. <i>Reheater</i>	19
2.3.5. <i>Air Preheater</i>	19
2.3.6. <i>Forced Draft Fan (FDF)</i>	20
2.3.7. <i>Induced Draft Fan (IDF)</i>	22
2.3.8. <i>Primary Air Fan (PAF)</i>	22
2.3.9. <i>Pulverizer (Medium Speed Mill)</i>	23
2.3.10. <i>Coal Feeder</i>	24
2.3.11. <i>Coal Bunker</i>	25
2.3.12. <i>Burner</i>	26
2.4. <i>CO-FIRING BIOMASSA</i>	27
2.4.1. <i>Direct Co-Firing</i>	32
2.4.2. <i>Indirect Co-firing</i>	33
2.4.3. <i>Parallel Co-firing</i>	35
2.4.4. <i>Dampak Co-firing</i>	36
2.5. <i>PENELITIAN TERDAHULU</i>	39
BAB III METODOLOGI	52
3.1. <i>DIAGRAM ALIR PENELITIAN</i>	52
3.2. <i>ALAT DAN BAHAN</i>	53
3.2.1. <i>Subjek Pengambilan Data</i>	53
3.2.2. <i>Teknik Pengumpulan Data</i>	53
3.2.3. <i>Alat Dan Bahan</i>	54
3.2.4. <i>Data Yang Digunakan</i>	55
3.2.5. <i>Analisis Data</i>	56
3.2.6. <i>Tahap Terakhir</i>	60
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	61
4.1. <i>HASIL ANALISA BATUBARA DAN BIOMASSA</i>	61

4.2. HASIL PENGAMBILAN DATA OPERASI	63
4.2.1. <i>Load (MW Output)</i>	63
4.2.2. <i>Parameter Medium Speed Mill (MSM)</i>	65
4.2.3. <i>Parameter Fan</i>	67
4.2.4. <i>Flue Gas Temperature</i>	73
4.2.5. <i>Boiler Desuperheater (Spray)</i>	75
4.2.6. <i>Data Coal Feeder dan Generator Output Power</i>	77
4.2.7. <i>Auxiliary Power, NPHR, dan SFC</i>	79
4.2.8. <i>Emisi</i>	83
BAB V PENUTUP	86
5.1. KESIMPULAN	86
5.2. SARAN	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	92



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Proses Konversi Energi pada PLTU	7
Gambar 2.2.	Siklus Fluida Kerja Sederhana pada PLTU	8
Gambar 2.3.	Diagram T – s Siklus PLTU (Siklus <i>Rankine</i>)	9
Gambar 2.4.	Bagian Utama Turbin Uap	11
Gambar 2.5.	Generator	12
Gambar 2.6.	Kondensor Tipe Permukaan	13
Gambar 2.7.	Boiler PLTU Batubara	14
Gambar 2.8.	<i>Economizer</i> Tipe Pipa Bersirip (<i>Finned Tubes</i>)	15
Gambar 2.9.	<i>Steam Drum</i> Boiler	16
Gambar 2.10.	Konstruksi <i>Steam Drum</i> Boiler	17
Gambar 2.11.	Siklus Uap <i>Superheat</i>	18
Gambar 2.12.	<i>Air Preheater</i>	20
Gambar 2.13.	<i>Forced Draft Fan</i>	21
Gambar 2.14.	<i>Medium Speed Mill</i>	24
Gambar 2.15.	<i>Coal Feeder</i>	25
Gambar 2.16.	Penempatan <i>Burner</i> Batubara pada Ruang Bakar	27
Gambar 2.17.	Biomassa <i>Serbuk gergaji</i> (Serbuk Kayu) dan Sekam Padi	29
Gambar 2.18.	Bahan Biomassa Skala Global	31
Gambar 2.19.	Mekanisme <i>Direct Co-firing</i>	33
Gambar 2.20.	<i>Indirect Co-firing</i>	34
Gambar 2.21.	<i>Parallel Co-firing</i>	36
Gambar 3.1.	Proses Penelitian Tugas Akhir	53
Gambar 3.2.	Diagram Alir Analisis Data	57
Gambar 3.3.	Metode Pengambilan Data	60
Gambar 4.1.	Trending Load	64
Gambar 4.2.	Perbandingan <i>Load</i>	64
Gambar 4.3.	<i>Trending MSM Outlet Temperature</i>	65
Gambar 4.4.	Perbandingan <i>MSM Outlet Temperature</i>	65
Gambar 4.5.	Trending Arus Motor <i>MSM</i>	66
Gambar 4.6.	Perbandingan Arus Motor <i>MSM</i>	66

Gambar 4.7. Trending Arus Motor <i>PAF</i>	67
Gambar 4.8. Perbandingan Arus Motor <i>PAF</i>	67
Gambar 4.9. Trending Arus Motor <i>FDF</i>	68
Gambar 4.10. Perbandingan Arus Motor <i>FDF</i>	68
Gambar 4.11. <i>Trending</i> Arus Motor <i>IDF</i>	69
Gambar 4.12. Perbandingan Arus Motor <i>IDF</i>	69
Gambar 4.13. Trending Bukaannya <i>Damper PAF</i>	70
Gambar 4.14. Perbandingan Bukaannya <i>Damper PAF</i>	70
Gambar 4.15. Trending Bukaannya <i>Damper FDF</i>	71
Gambar 4.16. Perbandingan Bukaannya <i>Damper FDF</i>	71
Gambar 4.17. Trending Bukaannya <i>Damper IDF</i>	72
Gambar 4.18. Perbandingan Bukaannya <i>Damper IDF</i>	72
Gambar 4.19. <i>Trending Flue Gas Temperature In APH</i>	73
Gambar 4.20. Perbandingan <i>Flue Gas Temperature in APH</i>	74
Gambar 4.21. <i>Trending Flue Gas Temperature out APH</i>	74
Gambar 4.22. Perbandingan <i>Flue Gas Temperature Out APH</i>	75
Gambar 4.23. <i>Trending Spray Superheater</i>	75
Gambar 4.24. <i>Trending Spray Reheater</i>	76
Gambar 4.25. Perbandingan <i>Spray</i>	77
Gambar 4.26. <i>Trending</i> Persentase <i>Auxiliary Power</i> Saat Uji Bakar	80
Gambar 4.27. Perbandingan <i>Nett Plant Heat Rate (NPHR)</i>	80
Gambar 4.28. Perbandingan <i>Specific Fuel Consumption (SFC)</i>	82
Gambar 4.29. <i>Trending</i> Emisi	83
Gambar 4.30. Perbandingan Emisi	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. List Penelitian Terdahulu	40
Tabel 3.1. Daftar Pertanyaan Wawancara	54
Tabel 3.2. Parameter Peralatan Saat <i>Commissioning</i>	55
Tabel 3.3. Pengambilan Data <i>Coal Firing</i>	58
Tabel 3.4. Pengambilan Data <i>Co-Firing</i>	59
Tabel 4.1. Hasil Uji Laboratorium Bahan Bakar	62
Tabel 4.2. Data <i>Generator Output Power</i> Proses <i>Coal Firing</i>	77
Tabel 4.3. Data <i>Coal Feeder</i> Proses <i>Coal Firing</i>	78
Tabel 4.4. Data <i>Generator Output Power</i> Proses <i>Co-Firing</i>	78
Tabel 4.5. Data <i>Coal Feeder</i> Proses <i>Co-Firing</i>	79
Tabel 4.6. Perbandingan Parameter Operasi Peralatan Boiler	84



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
°C	Derajat Celcius



DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap
EBT	Energi Baru dan Terbarukan
RUEN	Rencana Umum Energi Nasional
FEGT	<i>Flue Exit Gas Temperature</i>
SFC	<i>Specific Fuel Consumption</i>
NPHR	<i>Nett Plant Heat Rate</i>
GPHR	<i>Gross Plant Heat Rate</i>
CFB	<i>Circulating Fluidized Bed</i>
HP	<i>High Pressure</i>
IP	<i>Intermediete Pressure</i>
LP	<i>Low Pressure</i>
PAF	<i>Primaruy Air Fan</i>
FDF	<i>Forced Draft Fan</i>
IDF	<i>Induced Draft Fan</i>
APH	<i>Air Primary Heater</i>
APB	Area Pengatur Beban
P2B	Pusat Pengatur Beban
MW	<i>Mega Watt</i>
PC	<i>Pulverized Coal</i>
PLN	Perusahaan Listrik Negara
BFA	<i>Biomassa Fly Ash</i>
AFR	<i>Air-to-Fuel Ratio</i>
CEMS	<i>Continuous Emissions Monitoring System</i>
BME	Baku Mutu Emisi
CCR	<i>Central Control Room</i>
DCS	<i>Display Control System</i>
ECF	<i>Electric Coal Feeder</i>
MRC	<i>Medium Rank Coal</i>
LRC	<i>Low Rank Coal</i>
ASME	<i>American Society of Mechanical Engineer</i>
PTC	<i>Power Test Code</i>
MSM	<i>Medium Speed Mill</i>