

**PENGARUH *CO-FIRING* SERBUK KAYU KEDONDONG  
TERHADAP PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG BRIKET  
BATU BARA**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jenjang Strata Satu (S1)  
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Ponorogo



**EDI NURYANTO**

**NIM. 18511243**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO  
TAHUN 2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

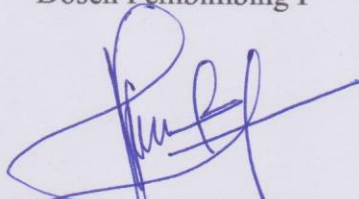
Nama : Edi Nuryanto  
NIM : 18511243  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Proposal Skripsi : Pengaruh *Co-Firing* Serbuk Kayu Kedondong Terhadap Performa Dan Emisi Gas Buang Briket Batu Bara

Isi dan formatnya telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat  
Untuk melengkapi persyaratan guna memperoleh Gelar Sarjana  
pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Ponorogo

Ponorogo, 17 Januari 2023


*Menyetujui,*

Dosen Pembimbing I



Dr. Sudarno, S.T., M.T.  
NIK. 1968070519990411

Dosen Pembimbing II,



Yoyok Winardi, S.T., M.T.  
NIK. 1986080320190913


*Mengetahui,*

Dekan Fakultas Teknik,



Edy Kurniawan, S.T., M.T.  
NIK. 1977102620081012

Ketua Program Studi Teknik Mesin,



Yoyok Winardi, S.T., M.T.  
NIK. 1986080320190913

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Edi Nuryanto  
NIM : 18511243  
Program Studi : Teknik Mesin

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul : “Pengaruh *Co-Firing* Serbuk Kayu Kedondong Terhadap Performa Dan Emisi Gas Buang Briket Batu Bara” bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang saya rancang/ teliti di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam Naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur – unsur plagiarisme, saya bersedia ijazah saya dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang – undangan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar – benarnya.

Ponorogo, 17 Januari 2023

Mahasiswa,



Edi Nuryanto

NIM. 18511243



## HALAMAN BERITA ACARA UJIAN

Nama : Edi Nuryanto  
NIM : 18511243  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Proposal Skripsi : Pengaruh *Co-Firing* Serbuk Kayu Kedondong Terhadap Performa Dan Emisi Gas Buang Briket Batu Bara

Telah diuji dan dipertahankan dihadapan

Dosen Penguji tugas akhir Jenjang Strata Satu (S1) pada :

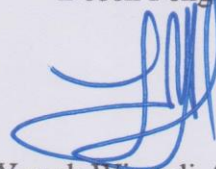
Hari : Selasa  
Tanggal : 17 Januari 2023  
Nilai :

Dosen Penguji I



Ir. Fadelan, M.T.  
NIK. 1961050919900912

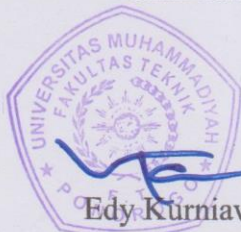
Dosen Penguji II,



Yoyok Winardi, S.T., M.T.  
NIK. 1986080320190913

*Mengetahui,*

Dekan Fakultas Teknik,



Edy Kurniawan, S.T., M.T.  
NIK. 1977102620081012

Ketua Program Studi Teknik Mesin,



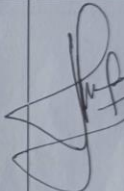

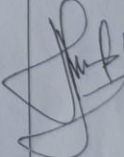

Yoyok Winardi, S.T., M.T.  
NIK. 1986080320190913



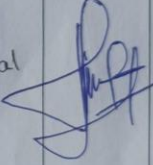
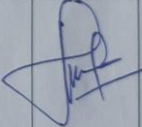


## HALAMAN BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

### BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI







Nama : EDI NURYANTO  
NIM : 18511243  
Judul Skripsi : Pengaruh Co-Firing Serbuk Kayu Kedondong  
Terdhadap Perforansi Dan Emisi Gas Buang Briket Batu  
Bara  
Dosen Pembimbing I : Ir. Sudarnast.M.T.

#### PROSES PEMBIMBINGAN

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
1	11 April 2022	Pengajuan Judul	- ACC Judul Skripsi	
2	12 Mei 2022	Pengajuan Bab I	- Revisi Rumusan masalah - Revisi Manfaat	
3	21 Mei 2022	Bab I	- ACC Bab I	
4	23 Juni 2022	Bab II	- Revisi sub Bab dan Penulisan - ACC Bab II	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
5	1 Juli 2022	Bab <u>III</u>	- Revisi Metode Penelitian - Revisi Penjelasan Alat dan Bahan	
6	18 Juli 2022	Bab I - <u>III</u>	ACC Sampre	
7	5 Agustus 2022	Revisi Seminar Proposal	ACC Revisi Seminar Proposal	
8	19 September 2022	Konsultasi Bab <u>IV</u>	- Revisi cara penulisan	
9	13 Oktober 2022	Konsultasi Bab <u>IV</u>	- Revisi Penjelasan hasil pengujian	
10	20 Oktober 2022	Konsultasi Bab <u>IV</u>	- Acc Bab <u>IV</u> - Buat jurnal Artikel	

X-Gunting disini





No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
11	10 November 2022	Konsultasi Bab <u>V</u>	- Revisi cara Penulisan	
12	24 November 2022	Konsultasi Bab <u>I - V</u>	- Revisi cara penulisan tabel dan grafik - Menjelaskan hasil pengujian	
13	29 November 2022	Konsultasi Bab <u>I - V</u>	- ACC - Acc Pembuatan Jurnal Artikel	
14	16 Desember 2022	Cek Plagiasi Bab <u>I - V</u>	- Prosentase Kesamaan 12 %	
15	17 Januari 2023	Sidang Skripsi	- Revisi cara penulisan - Penambahan batasan masalah - Revisi kesimpulan	
16	20 Januari 2023	Konsultasi Revisi sidang skripsi	ACC	



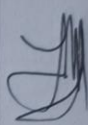





**BERITA ACARA  
BIMBINGAN SKRIPSI**

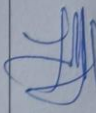





Nama : EDI NURYANTO  
 NIM : 18511243  
 Judul Skripsi : Pengaruh Co-firing Serbuk Kayu Kastondong Terhadap Performa dan Emisi Gas Buang Briket Batu Bara  
 Dosen Pembimbing II : Yayuk Winardi, S.T., M.T.

**PROSES PEMBIMBINGAN**

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
1	11 April 2022	Pengajuan Judul	- Acc Judul Skripsi	
2	12 Mei 2022	Pengajuan Bab I	- Revisi Rumusan Masalah - Revisi Manfaat	
3	21 Mei 2022	Bab I	- Acc Bab I	
4	23 Juni 2022	Bab II	- Revisi Sub Bab dan penulisan - Acc Bab II	



No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
5	1 Juli 2022	Bab <u>III</u>	- Revisi metode penelitian - Revisi Alat dan Bahan	
6	18 Juli 2022	Bab <u>I</u> - <u>III</u>	- Acc Sempro	
7	5 Agustus 2022	Revisi Seminar Proposal	- Acc Revisi Seminar Proposal	
8	19 September 2022	Konsultasi Bab <u>IV</u>	- Revisi cara penulisan	
9	13 Oktober 2022	Konsultasi Bab <u>IV</u>	- Revisi penjelasan hasil pengujian	
10	20 Oktober 2022	Konsultasi Bab <u>IV</u>	- Acc Bab <u>IV</u> - Buat jurnal Artikel	

No	Tanggal	Materi Yang Dikonsultasikan	Saran Pembimbing / Hasil	Tanda Tangan
11	10 November 2022	Konsultasi Bab <u>V</u>	- Revisi cara penulisan	
12	24 November 2022	Konsultasi Bab I - <u>V</u>	- Revisi cara penulisan tabel dan grafik - Menjelaskan hasil pengujian	
13	29 November 2022	Konsultasi Bab I - <u>V</u>	- ACC - ACC pembuatan jurnal Artikel	
14	16 Desember 2022	Cek Plagiasi Bab I - <u>V</u>	- Persentase kesamaan 12%	
15	17 Januari 2023	Sidang Skripsi	- Revisi cara penulisan - Penambahan batasan masalah - Revisi kesimpulan	
16	20 Januari 2023	Konsultasi Revisi sidang Skripsi	- ACC	

Counting class

## HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.

-Al-Baqarah: 286-

Cukuplah Allah menjadi Penolong kami dan Allah adalah sebaik-baiknya  
Pelindung. -Q.S Al-Ahzab: 3-

The Best Way To Get Started Is To Quit Talking And Begin Doing.

-Walt Disney-





# **PENGARUH *CO-FIRING* SERBUK KAYU KEDONDONG TERHADAP PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG BRIKET BATU BARA**

EDI NURYANTO  
185 11 243

Program Studi Teknik Mesin , Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo

Email : [edinuryanto@yahoo.com](mailto:edinuryanto@yahoo.com)

---

## **Abstrak**

Batu bara sebagai bahan utama dalam pemenuhan pembangkit listrik sudah semakin menipis ketersediaannya, sehingga diperlukan pengalihan ke bahan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Metode *Co-Firing* merupakan salah satu upaya untuk membangun energi baru dan terbarukan yang berkelanjutan. Berdasarkan temuan sebelumnya bahwa metode *co-firing* dengan menggunakan serbuk kayu terbukti ramah lingkungan dan mampu menurunkan kadar emisi gas buang pada pembangkit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh campuran serbuk kayu kedondong terhadap performa dan emisi gas buang pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pendekatan kuantitatif dengan bentuk penelitian eksperimen. Data didapatkan dengan melakukan pengujian performa dan emisi gas buang pada proses *co-firing* dengan variasi campuran 5%, 10%, 15%, 20% pada biomassa kayu kedondong dan 100% batu bara. Proses *co-firing* dilakukan dalam sebuah boiler dan pada setiap variasi campuran dilakukan pengambilan data sebanyak 8 kali. Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh hasil performa *co-firing* dengan kayu kedondong , seperti *Load*, *Coal Flow*, *FEGT (Furnace Exit Gas Temperature)*, *Bed Temperature*, *Pressure Air Chamber*, *Total Air Flow*, *Main Steam Pressure (MSP)*, *Main Steam Temperature (MST)*, dan *Drain bottom Ash* yang terpantau normal dalam batasan nilai referensi. Dan juga Emisi gas buang yang dihasilkan berupa  $\text{NO}_x$  dan  $\text{SO}_2$  rata – rata nya menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan penggunaan batu bara.

**Kata Kunci : *Co-Firing Batu Bara, Serbuk Kayu Kedondong, Performa, Emisi.***

## KATA PENGANTAR

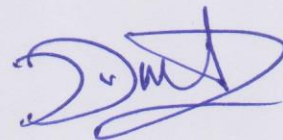
Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan puji syukur kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat-NYA yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dimudahkan dan senantiasa diberi bantuan dalam penyusunan skripsi sampai akhirnya mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul *“Pengaruh Co-Firing Serbuk Kayu Kedondong Terhadap Performa Dan Emisi Gas Buang Briket Batu Bara”*.

Adapun yang menjadi tujuan penyusunan skripsi ini adalah untuk mengakhiri dan mencapai derajat Gelar Sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo.

Akhir kata, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak yang telah membantu dan memberikan petunjuk serta bimbingan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat menambah wawasan kepada penulis, pembaca dan bagi perkembangan pendidikan di Indonesia.

Ponorogo, 17 Januari 2023

Penulis,



Edi Nuryanto

NIM. 18511243

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan ini saya menyampaikan penghargaan serta ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada yang terhormat :

**Dr. Sudarno, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama**

**Yoyok Winardi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Kedua**

Yang telah memberikan petunjuk, saran – saran serta bimbingannya sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan.


Terima kasih yang sama, saya ucapkan kepada :

1. Manajemen PLTU Bolok Kupang
2. Rekan – rekan Operator PLTU Bolok Kupang

Yang telah mengizinkan melakukan pengujian pada Unit 2 PLTU Bolok dan membantu dalam proses penyusunan skripsi ini.

Ponorogo, 17 Januari 2023

Mahasiswa,



Edi Nuryanto

NIM. 18511243



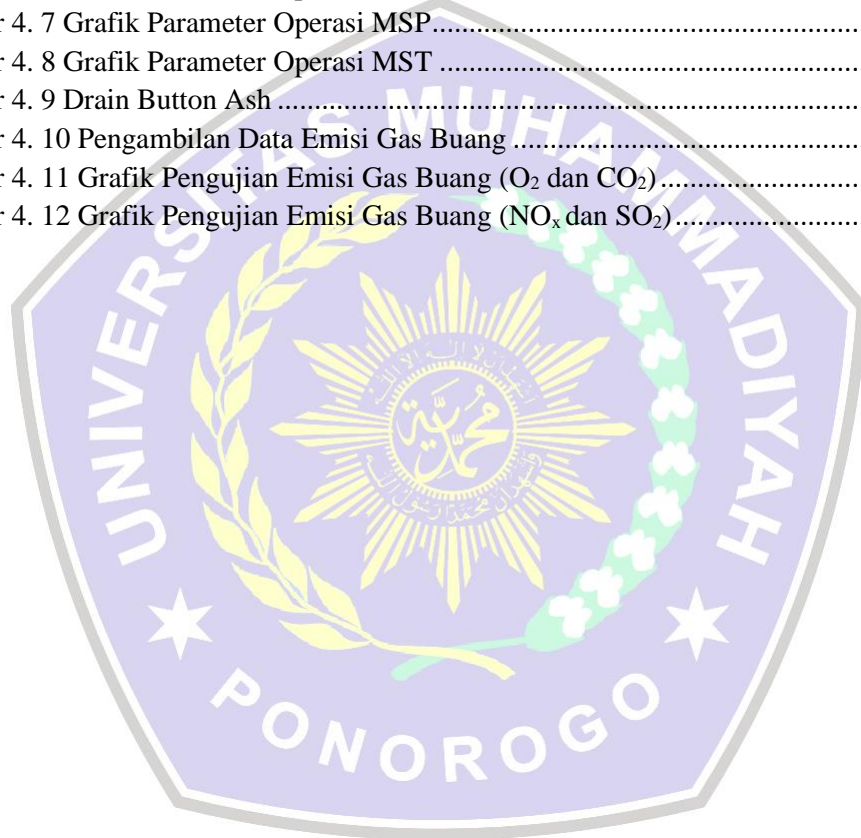
## DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....	iii
HALAMAN BERITA ACARA UJIAN.....	iv
HALAMAN BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI.....	v
Abstrak .....	xii
KATA PENGANTAR.....	xiii
UCAPAN TERIMA KASIH .....	xiv
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Review Penelitian Terkait <i>Co-Firing</i> .....	7
2.2 Batu Bara.....	10
2.3 Biomassa Kayu Sebagai Sumber Energi.....	12
2.4 Pengertian dan Keuntungan <i>Co-Firing</i> .....	18
2.5 Penerapan Metode <i>Co-Firing</i> Batu Bara dengan Biomassa Kayu Kedondong 21	
2.6 Dampak <i>Co-Firing</i> ( <i>Slagging, Fouling, dan Korosi</i> ).....	24
2.7 Performa <i>Co-Firing</i> Kayu Kedondong Terhadap Batu Bara.....	26
2.8 Emisi Gas Buang .....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	32
3.1 Metode Penelitian.....	32
3.2 Lokasi Penelitian.....	32
3.3 Alat dan Bahan.....	32

3.3.1 Alat .....	32
3.3.2 Bahan .....	34
3.4 Variabel Pengujian .....	34
3.5 Metode Pengujian .....	34
3.6 Prosedur Pengambilan Data .....	35
3.7 Diagram Alir Tugas Akhir .....	38
<b>BAB IV DATA DAN HASIL PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1 Data Pengujian Parameter Operasi .....	39
4.2 Evaluasi Hasil Pengujian <i>Co-Firing</i> Terhadap Parameter Operasi.....	45
4.3 Hasil Pengujian Emisi Gas Buang .....	53
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>58</b>
5.1 Kesimpulan .....	58
5.2 Saran .....	59
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>65</b>
Lampiran 1. Hasil pengujian Batu bara PLTU Bolok dari Sucofindo .....	65
Lampiran 2. Hasil Pengujian Sample Woodchips Kayu Kedondong dari Sucofindo. 66	
Lampiran 3. Pengamatan <i>Distributed Control System</i> (DCS) Boiler .....	67
Lampiran 4. Surat Keterangan Plagiarisme .....	68
Lampiran 5. Lampiran Jurnal RPM .....	69

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perbandingan sistem karbon pada Biomassa dan Fosil.....	14
Gambar 2. 2 Klasifikasi Biomassa.....	16
Gambar 2. 3 Skema Tipe Co-Firing.....	18
Gambar 4. 1 Grafik Parameter Operasi Load .....	45
Gambar 4. 2 Grafik Table Parameter Operasi Coal Flow .....	46
Gambar 4. 3 Grafik Parameter Operasi FEGT.....	47
Gambar 4. 4 Grafik Parameter Operasi Bed Temperature .....	48
Gambar 4. 5 Grafik Parameter Operasi Air Chamber Pressure .....	49
Gambar 4. 6 Grafik Parameter Operasi Total Air Flow .....	50
Gambar 4. 7 Grafik Parameter Operasi MSP.....	51
Gambar 4. 8 Grafik Parameter Operasi MST .....	52
Gambar 4. 9 Drain Button Ash .....	53
Gambar 4. 10 Pengambilan Data Emisi Gas Buang .....	54
Gambar 4. 11 Grafik Pengujian Emisi Gas Buang (O <sub>2</sub> dan CO <sub>2</sub> ).....	56
Gambar 4. 12 Grafik Pengujian Emisi Gas Buang (NO <sub>x</sub> dan SO <sub>2</sub> ).....	57





## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Batasan Parameter Operasi .....	28
Tabel 2. 2 Kandungan Emisi Gas Buang .....	30
Tabel 3. 1 Spesifikasi CFB .....	33
Tabel 3. 2 Steam Turbine, high pressure, single-cylinder, condenser steam turbine.....	33
Tabel 3. 3 Table Parameter Operasi .....	37
Tabel 3. 4 Table Emisi Gas Buang .....	37
Tabel 3. 5 Diagram Alir .....	38
Tabel 4. 1 Tabel Persiapan Bahan Bakar Untuk Co-firing .....	39
Tabel 4. 2 Hasil Pengamatan Pengujian Co-firing 0% .....	40
Tabel 4. 3 Hasil Pengamatan Pengujian Co-firing 5% .....	41
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Parameter Operasi Co-firing 10% .....	42
Tabel 4. 5 Hasil Pengamatan Parameter Operasi Co-firing 15% .....	43
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Parameter Operasi Co-firing 20% .....	44
Tabel 4. 7 Total Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Totalizer Counter .....	47
Tabel 4. 8 Pengujian Co-Firing 0% .....	54
Tabel 4. 9 Pengujian Co-Firing 5% .....	54
Tabel 4. 10 Pengujian Co-Firing 10% .....	55
Tabel 4. 11 Pengujian Co-Firing 15% .....	55
Tabel 4. 12 Pengujian Co-Firing 20% .....	55
Tabel 4. 13 Tabel Resume Pengujian Emisi Co-Firing.....	56