

**EVALUASI TEKNO-EKONOMI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR
KOMBINASI BATUBARA DAN BIOMASSA PADA CIRCULATING
FLUIDIZED BED BOILER(CFBB) DI PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA UAP (PLTU)**

Tesis

Untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Pendidikan Strata Dua (S-2)
sebagai Magister Energi pada Program Studi Magister Energi



**Disusun Oleh :
ARDIAN BURHANDONO
30000421410007**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ENERGI
SEKOLAH PASCASARJANA UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

FEBRUARI, 2023

PERSETUJUAN UJIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini. Dosen Pembimbing dari :

Mahasiswa : Ardian Burhandono
NIM : 30000421410007
Program Studi : Magister Energi
Judul Tesis : EVALUASI TEKNO-EKONOMI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR KOMBINASI BATUBARA DAN BIOMASSA PADA CIRCULATING FLUIDIZED BED BOILER (CFBB) DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU)

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah melaksanakan Ujian Proposal Tesis dan Ujian Seminar Hasil Tesis sehingga menyetujui dan layak untuk melaksanakan Ujian Tesis.

Semarang, 01 Februari 2023

Pembimbing I



Prof. Dr. Moh Djaeni, ST., M. Eng

NIP. 197102071995121001

Pembimbing II



Dr. Sri Widodo Agung Suedy, S.Si., M. Si

NIP. 197302012000031001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah ditulis atau diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Semarang, 08 Februari 2023

Ardian Burhandono
NIM. 30000421410007

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**EVALUASI TEKNO-EKONOMI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR
KOMBINASI BATUBARA DAN BIOMASSA PADA CIRCULATING
FLUIDIZED BED BOILER (CFBB) DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
UAP (PLTU)**

Disusun Oleh :

**ARDIAN BURHANDONO
30000421410007**

**Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji
Pada tanggal, 08 Februari 2023**

Tim Penguji,

Pembimbing Pertama



**Prof. Dr. Moh Djaeni, ST., M. Eng
NIP. 197102071995121001**

Penguji Pertama

**Sutaryo S. Pt, M.P., Ph. D
NIP.197501312002121002**

Pembimbing Kedua

**Dr. Sri Widodo Agung Suedy, S.Si., M. Si
NIP. 197302012000031001**

Penguji Kedua

**Ir. Marcelinus Christwardana, ST. M.T, PhD
NIP.H7.199004152022041001**

**Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Magister Energi**

Tanggal, 08 Februari 2023

Ketua Program Studi Magister Energi

Dekan Sekolah Pascasarjana

**Dr. Ir. Jaka Windarta, M.T.,IPU, Asean.Eng
NIP. 196405261989031002**

**Dr. RB. Sularto, S.H., M. Hum
NIP. 196701011991031005**

PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ardian Burhandono
NIM : 30000421410007
Program Studi : Magister Energi
Sekolah : Program Pascasarjana
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“EVALUASI TEKNO-EKONOMI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR KOMBINASI BATUBARA DAN BIOMASSA PADA CIRCULATING FLUIDIZED BED BOILER (CFBB) DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU)”

Beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Program Studi Magister Energi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database) merawat, dan mempublikasikan tesis saya selama mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dibuat di: Semarang
Pada Tanggal, 08 Februari 2023
Yang menyatakan

Ardian Burhandono
30000421410007

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warohmatullohi wabbarokatu. Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat, rejeki dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyesuaikan Tesis tesis yang berjudul **“EVALUASI TEKNO-EKONOMI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR KOMBINASI BATUBARA DAN BIOMASSA PADA CIRCULATING FLUIDIZED BED BOILER (CFBB) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU)”** dengan lancar. Tesis ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Energi pada Program Studi Magister Energi, Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membimbing, memberi saran batuan dan arahan dalam penyusunan Tesis ini kepada :

1. Dr. RB Sularto, S.H., M.Hum selaku Dekan Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro Semarang.
2. Dr. Ir. Jaka Windarta, M.T., IPU, Asean.Eng selaku Ketua Program Studi Magister Energi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.
3. Prof. Dr. Moh Djaeni, ST., M.Eng selaku Pembimbing I atas segala waktu, bimbingan dan arahan selama penyusunan Tesis ini.
4. Dr. Sri Widodo Agung Suedy, S.Si., M.Si selaku Pembimbing II atas segala waktu, bimbingan dan arahan selama penyusunan Tesis ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen Magister Energi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang dalam memberi bekal ilmu yang sangat bermanfaat pada penulis.
6. Orang tua, keluarga, isteri dan anak-anak saya yang selalu mendoakan serta mendukung dan memberi semangat kepada penulis.
7. Teman-teman Magister Energi yang selalu meluangkan waktunya untuk memberi masukan dan selalu memberi semangat serta dukungan selama ini.

8. Segenap manajemen PT PLN (Persero) UPDK Minahasa Sulawesi Utara yang telah memberi ijin untuk melaksanakan penelitian di PLTU II Sulawesi Utara.

Tidak lupa penulis memohon maaf apabila masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan Tesis ini.

Semarang, 08 Februari 2023

Ardian Burhandono

DAFTAR ISI

Judul Tesis.....	i
Persetujuan Ujian Tesis.....	ii
Pernyataan Orisinalitas.....	iii
Halaman Pengesahan	iv
Pernyataan Persetujuan	v
Publikasi Tesis Untuk Kepentingan Akademis.....	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Lampiran	xv
Arti Lambang Dan Singkatan.....	xvi
Intisari	xvii
Abstract	xviii
Bab I Pendahuluan	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Perumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.4 Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5 Originilitas Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Bab II Tinjauan Pustaka	Error! Bookmark not defined.
2.1 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Boiler Circulating Fluidized Bed (CFB).....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Efisiensi Boiler.....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Teknologi Pembakaran kombinasi batubara dengan biomassa.....	Error! Bookmark not defined.
2.5 Bahan Bakar.....	Error! Bookmark not defined.
2.5.1 Batubara.....	Error! Bookmark not defined.
2.5.2 Klasifikasi Batubara.....	Error! Bookmark not defined.
2.5.3 Properti Batubara	Error! Bookmark not defined.
2.5.4 Biomassa.....	Error! Bookmark not defined.
2.5.5 Properti Biomassa	Error! Bookmark not defined.

2.6	Pembakaran dan Emisi Gas Buang	Error! Bookmark not defined.
2.6.1	Proses Pembakaran	Error! Bookmark not defined.
2.6.2	Emisi Gas Buang	Error! Bookmark not defined.
2.7	Slagging dan Fouling	Error! Bookmark not defined.
2.8	Analisis Ekonomi	Error! Bookmark not defined.
Bab III Metodologi Penelitian		Error! Bookmark not defined.
3.1	Lokasi Penelitian dan Jadwal Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2	Jenis Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3	Kerangka Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.4	Ruang Lingkup Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.5	Jenis dan Sumber Data	Error! Bookmark not defined.
3.6	Teknik Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
3.6.1	Survei Biomassa	Error! Bookmark not defined.
3.6.2	Analisis Biomassa	Error! Bookmark not defined.
3.6.3	Pengukuran Parameter di Lapangan	Error! Bookmark not defined.
3.6.4	Pengambilan data flue gas emisi gas buang	Error! Bookmark not defined.
3.7	Teknik Analisis data	Error! Bookmark not defined.
Bab IV Hasil Dan Pembahasan		Error! Bookmark not defined.
4.1	Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
4.2	Tahap Persiapan	Error! Bookmark not defined.
4.2.1	Survei Biomassa	Error! Bookmark not defined.
4.2.2	Analisis Biomassa dan Batubara	Error! Bookmark not defined.
4.2.3	Penyiapan Bahan Bakar	Error! Bookmark not defined.
4.3	Unjuk Kerja Pembangkit	Error! Bookmark not defined.
4.3.1	Spesifikasi Boiler	Error! Bookmark not defined.
4.3.2	Parameter Hasil Pengujian	Error! Bookmark not defined.
4.3.3	Efisiensi Bahan Bakar	Error! Bookmark not defined.
4.3.4	Efisiensi Sistem	Error! Bookmark not defined.
4.4	Potensi Slagging dan Fouling	Error! Bookmark not defined.
4.5	Emisi Gas Buang	Error! Bookmark not defined.
4.6	Menghitung Penghematan	Error! Bookmark not defined.
Bab V Kesimpulan Dan Saran		Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.

5.2	Saran	Error! Bookmark not defined.
	Daftar Pustaka	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran A.	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran B.....	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran C.....	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran D.	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran E.....	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran F.	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran G.	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran H.	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran I.....	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran J.....	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran K.	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran L.....	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran M.....	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran N.	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran O.	Error! Bookmark not defined.
	Lampiran P.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Gap Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Tabel 1.2 Perbedaan Penelitian Sebelumnya.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 1.3 Perbedaan Penelitian Sebelumnya Lanjutan.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.1 Karakteristik Boiler CFB	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.2 Penerapan Kombinasi Biomassa dan Batubara Pada Pembangkit Listrik	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.3 Klasifikasi Batubara	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.4 Rentang Nilai Properti Tiap Jenis Batubara.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.5 Properti Biomassa	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.6 Kandungan Kimia dan Nilai Kalori <i>Sawdust</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.7 Kandungan Kimia dan Nilai Kalori <i>Woodchip</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.1 Kadar Air <i>Sawdust</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.2 Kadar Air <i>Woodchip</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.3 Durasi Pengujian	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.4 Nilai Kalori Biomassa Kayu	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.5 Kondisi Percobaan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.6 Form pencatatan data boiler CFB.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.7 Form pencatatan data SFC	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.8 Form data Boiler CFB	Error! Bookmark not defined.

Tabel 3.9 Form Pengambilan Data Emisi**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.1 Hasil Uji Proximate dan Ultimate.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.2 Hasil Analisis Proximate dan Ultimate Pada Bahan Bakar Kombinasi
.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.3 Kebutuhan Bahan Bakar**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.4 Spesifikasi Boiler CFB**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.5 Spesifikasi Suhu Keluaran Ruang Bakar..**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.6 Rerata Parameter Operasi Hasil Pengujian**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Efisiensi Bahan Bakar**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.8 Analisis Ash (Abu).....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Index Slagging dan Fouling**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.10 Batasan Index *Slagging* dan *Fouling* ...**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.11 Hasil Uji Emisi.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.12 Predikasi Emisi CO₂ yang di Reduksi Setahun**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.13 Parameter Operasi Pembangkit.....**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Penghematan**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.15 Penghematan Selama 1 Tahun**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1 Produksi Listrik PLTU Batubara.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 1.2 Emisi CO2**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.1 Diagram Alur PLTU**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.2 Siklus Rankine.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.3 Titik didih air**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Uap Tipe CFB**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.5 Ilustrasi Fluidisasi Material Bed**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.6 (a) Jaw Crusher (b) Impact Crusher (c) Cone Crusher **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.7 Ilustrasi Efisiensi Boiler**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.8 Konsep Teknologi Pembakaran Kombinasi**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.9 Jenis batubara**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.10 Sumber dan Jenis Biomassa**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.11 Pemanfaatan Biomassa Kayu Menjadi Energi **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.12 Segitiga Api.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.13 Siklus Karbon Saat Produksi dan Pemanfaatan Biomassa **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.14 Area *Slagging* dan *Fouling* Pada Boiler CFB **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.15 Ilustrasi *Slagging* Pada Boiler**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.16 Alur Diagram Penghitungan Penghematan Biaya **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.2 Kerangka Penelitian**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.4 Skema Pengumpulan Data 100% Batubara **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.5 Skema Pengumpulan Data Kombinasi Biomassa dan Batubara .. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.6 (a) kWh meter Utama (b) kWh meter Pemakaian Sendiri **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.1 Metode Pengumpulan Kayu**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.2 Bentuk *Woodchip***Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.3 Bentuk *Sawdust***Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.4 Grafik Beban Pembangkit**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.5 Grafik Tekan Uap Utama**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.6 Grafik Flow Bahan Bakar**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.7 FEGT**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.8 Heat Rate Logic Tree**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.9 Rata-rata FEGT**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.10 Diagram Simulasi Cycle Tempo**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.11 Apparatur 27 Cycle Tempo Isian Jumlah Bahan Bakar **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.12 Fuel Composition Cycle Tempo**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.13 Nilai Efisiensi Pada 100% Batubara **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.14 Nilai Efisiensi 5% Sawdust dan 95% Batubara **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.15 Nilai Efisiensi 5% Woodchip dan 95% Batubara **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.16 Air Heater **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.17 Grafik Hasil Emisi SO₂ dan NO_x **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.18 Grafik Hasil Emisi CO₂ **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.19 Aliran Udara Pembakaran **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.20 Karakteristik Suhu Bed Material **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.21 Alur Diagram Penghematan **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Pengambilan Data Lapangan Parameter Operasi **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran B. Data Efisiensi Bahan Bakar **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran C. Perhitungan Kebuthan Bahan Bakar **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran D. Perhitungan Efisiensi Bahan Bakar **..Error! Bookmark not defined.**

Lampiran E. Simulasi Cycle Tempo 100 % wt Batubara **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran F. Simulasi Cycle Tempo 95 % wt Batubara dan 5 % wt Sawdust. **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran G. Simulasi Cycle Tempo 95 % wt Batubara dan 5 % wt Woodchip
..... **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran H. Menghitung Index *Slagging* dan *Fouling* **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran I. Menghitung Emisi CO₂ Batubara..... **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran J. Menghitung Emisi CO₂ kombinasi Biomassa dan Batubara **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran K. Menghitung Biaya Produksi **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran L. Hasil Analisis Proximate & Ultimate Batubara **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran M. Hasil Analisis Proximate & Ultimate sawdust. **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran N. Hasil Analisis Proximate & Ultimate Woodchip **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran O. Hasil Analisis Proximate & Ultimate kombinasi batubara & sawdust.
..... **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran P. Hasil Analisis Proximate & Ultimate kombinasi batubara & Woodchip
..... **Error! Bookmark not defined.**

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

1. CFB : Circulating Fluidized Bed
2. %Wt : Persen Weight (berat)
3. kCal/kg : Kilo Kalori per kilogram
4. Kg : Kilogram
5. kWh : Kilowatthour
6. MW : Megawatt
7. SFC : Specific Fuel Consumption
8. BMCR : Boiler Main Continuous rate
9. MCR : Main Continuous Rate
10. T/H : Ton per hour
11. Mpa : Mega Pascal
12. FEGT : Furnace Exit Gas Temperature
13. Kg/jam : Kilogram per jam
14. KJ/kg : Kilo Joule per kilogram
15. HHV : High Heating Value
16. LHV : Low Heating Value
17. AFT : Ash Fusion Temperature
18. SO₂ : Sulphure dioksida
19. Nox : Nitrogen Oksida
20. CO₂ : Karbon dioksida
21. Kcal/kWh : Kilo kalori per kilo watt hour
22. kCal : Kilo kalori
23. NPHR : Nett Plant Heat Rate
24. ARB : As Received Basis
25. ADB : As Dried Basis
26. DB : Dried Basis
27. DAFB : Dry As Free Basis

INTISARI

Salah satu tantangan umum yang dihadapi oleh banyak negara berkembang saat ini termasuk Indonesia adalah degradasi lingkungan akibat emisi CO₂. Pembakaran biomassa dengan batubara di sebagian besar negara merupakan salah satu teknologi paling ekonomis yang saat ini tersedia untuk menghasilkan pengurangan signifikan dalam polutan CO₂, SO₂, NO_x. Penelitian ini menguji pembakaran kombinasi batubara dan biomassa pada boiler tipe *Circulating Fluidized Bed* (CFB) dengan cara pembakaran bersama secara langsung (*direct co-firing*) dengan tiga perlakuan, yaitu 100% batubara; 5% biomassa serbuk gergaji (*sawdust*), dan 95% batubara; serta 5% biomassa *serpihan kayu* (*woodchip*), dan 95% batubara. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui kinerja pembangkit listrik, (2) mengetahui potensi terjadinya *slagging* dan *fouling*, (3) mengetahui kandungan emisi polutan pada gas buang hasil pembakaran, dan (4) mengetahui penghematan biaya bahan bakar jika menggunakan kombinasi bahan bakar batubara dan biomassa. Hasil dari penelitian ini menjelaskan bahwa ketiga perlakuan tersebut memiliki efisiensi bahan bakar yang hampir sama, yaitu sekitar 36%. Kombinasi *sawdust* dan batubara memiliki nilai efisiensi sistem bruto yang meliputi proses di *Boiler*, *Turbin* dan *Generator* tertinggi di antara dua perlakuan lainnya, yaitu 24,7% dan terendah sebesar 22,4% pada penggunaan bahan bakar batubara. Secara umum, masih terdapat potensi *slagging* pada skala rendah dan *fouling* pada skala menengah pada ketiga perlakuan tersebut. Penggunaan *woodchip* sebanyak 3,8 ton dapat menurunkan emisi NO_x dan SO₂, nilai terendah emisi NO_x adalah 222,4 mg/Nm³ dan 71,5 mg/Nm³ untuk SO₂. Dengan asumsi faktor kapasitas 80%, produksi listrik dalam 1 tahun diprediksi sebesar 175.200.000 kWh, kombinasi *sawdust* 5% dan 95% batubara, dapat mengurangi emisi CO₂ sebesar 78,61 ton CO₂ per tahun dan mendapatkan penghematan biaya produksi sebesar 37,21 Rp/kWh. atau sebesar Rp 6.519.803.084.

Kata Kunci: *Biomassa, Batubara, Slagging, Fouling,, Emisi, Circulating fluidized bed boiler, Biaya produksi*

ABSTRACT

One of the common challenges faced by many developing countries today including Indonesia is environmental degradation due to CO₂ emissions. Biomass combustion with coal is in most countries one of the most economical technologies currently available to produce significant reductions in CO₂, SO₂, NO_x pollutants. This study examines the combined combustion of coal and biomass in a Circulating Fluidized Bed (CFB) type boiler by direct co-firing with three treatments, namely 100% coal; 5% biomass sawdust, and 95% coal; and 5% biomass woodchips, and 95% coal. This study aims to (1) determine the performance of the power plant, (2) determine the potential for slagging and fouling, (3) determine the content of pollutant emissions in the flue gas from combustion, and (4) determine the fuel cost savings if using a combination of coal and biomass fuels. The results of this study explain that the three treatments have almost the same fuel efficiency, which is around 36%. The combination of sawdust and coal has the highest gross system efficiency value that includes processes in the Boiler, Turbine and Generator among the other two treatments, which is 24.7% and the lowest at 22.4% in the use of coal fuel. In general, there is still potential for slagging on a low scale and fouling on a medium scale in all three treatments. The use of 3.8 tons of woodchips can reduce NO_x and SO₂ emissions, the lowest value of NO_x emissions is 222.4 mg/Nm³ and 71.5 mg/Nm³ for SO₂. Assuming a capacity factor of 80%, electricity production in 1 year is predicted to be 175,200,000 kWh, a combination of 5% sawdust and 95% coal, can reduce CO₂ emissions by 78.61 tons of CO₂ per year and get production cost savings of 37.21 Rp / kWh. or amounting to Rp 6,519,803,084.

Keywords: *Biomass, Coal, Slagging, Fouling, Emissions, Circulating Fluidized Bed Boiler, Production Costs*

