

**ANALISIS *PERFORMANCE CO-FIRING* DENGAN
MENGUNAKAN CANGKANG SAWIT PADA *CHAIN GRATE*
*STOKER COAL FIRED POWER PLANT 2X7 MW***

TESIS

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



Disusun Oleh :

IRWAN FIRMANTO NAINGGOLAN

300000421410003

PROGRAM STUDI MAGISTER ENERGI

SEKOLAH PASCASARJANA

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2023

PEMBERITAHUAN SIAP UJIAN TESIS

Mahasiswa Program Magister Energi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro yang saya bimbing dalam Tesis :

Nama : Irwan Firmanto Nainggolan

NIM : 30000421410003

Konsentrasi : Magister Energi

Judul Proposal : Performance Analysis of Co-firing Using Palm Kernel Shells in Chain Grate Coal Fired Power Plant 2 x 7 MW

pembuatan Tesis telah selesai dan siap untuk Ujian Tesis

Semarang, 19 Mei 2023

Pembimbing I



Prof. Dr. Hadiyanto, ST, MSc, IPU
NIP. 197510281999031004

Pembimbing II



MSK Tony Suryo Utomo, ST, MT, PhD
NIP. 197104211999031003

Tembusan Yth :

1. Mahasiswa yang bersangkutan
2. Arsip

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Semarang, Juni 2023



Dedi Khairunas
NIM: 3000421420050

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**OPTIMASI SISTEM PEMBANGKITAN EBT TERHADAP BPP
DAN TINGKAT EMISI GRK TAHUN 2022 - 2050
DI PT PLN (PERSERO) UID SUMATERA UTARA**

Disusun oleh :

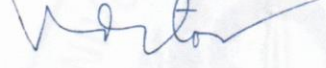
DEDI KHAIRUNAS
NIM. 30000421420050

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji

Pada Tanggal 19 Juni 2023

Tim Penguji,

Dosen Pembimbing I



(Prof. Dr. Ir. Hadivanto, S.T., M.Sc., IPU)
NIP. 19751028199931004

Penguji I



(Dr. Jaka Windarta, M.T., IPU)
NIP. 196405261989031002

Dosen Pembimbing II



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

Penguji II



(Dr. Singgih Saptadi, S.T., M.T.)
NIP. 197403162001121001

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

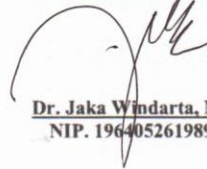
Tanggal 27 Juni 2023

Dekan Sekolah Pascasarjana



Dr. RB Sularto, S.H., M.Hum
NIP. 19670101991031005

Ketua Program Studi Magister
Energi



Dr. Jaka Windarta, M.T., IPU
NIP. 196405261989031002

**PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dedi Khairunas
NIM : 30000421420050
Program Studi : Magister Energi
Sekolah : Program Pascasarjana
Jenis Karya : Tesis

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

OPTIMASI SISTEM PEMBANGKITAN EBT TERHADAP BPP DAN TINGKAT EMISI GRK TAHUN 2022 - 2050 DI PT PLN (PERSERO) UID SUMATERA UTARA

Beserta perangkat lunak yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif 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 tetap mencantumkan nama Saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : Juni, 2023
Yang Menyatakan



Nama : Dedi Khairunas
NIM : 30000421420050

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan kasih-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tesis yang berjudul “*Analisis Performance Co-firing Dengan Menggunakan Cangkang Sawit Pada Chain Grate Stoker Coal Fired Power Plant 2X7 MW*”. Tesis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister energi pada Program Studi Magister Energi, Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membimbing, memberi bantuan, arahan dan saran dalam penyusunan proposal tesis ini kepada :

1. Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum selaku Dekan Pascasarjana, Universitas Diponegoro.
2. Dr. Ir. Jaka Windarta, M.T selaku Ketua Program Studi Magister Energi Universitas Diponegoro;
3. Prof. Dr Hadiyanto, ST, MSc, IPU selaku Dosen Pembimbing Pertama atas waktu, tenaga, petunjuk dan keramah-tamahannya dalam membimbing penulis dalam penyusunan laporan tesis;
4. MSK Tony Suryo Utomo, ST, MT, Ph.D selaku Dosen Pembimbing Kedua atas waktu, tenaga, petunjuk dan keramah-tamahannya dalam membimbing penulis dalam penyusunan laporan tesis;
5. Bapak dan Ibu Dosen Magister Energi yang telah memberikan pengajaran yang sangat luar biasa kepada penulis selama pembelajaran di kelas;
6. Dan seterusnya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tesis ini, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan. Semoga penulisan laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Semarang, Mei 2023

Irwan Firmanto Nainggolan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN UJIAN TESIS	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN TESIS	iv
PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xi
ABSTRAK.....	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Manfaat Penelitian	7
1.5. Originalitas Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Dasar-Dasar PLTU Stoker	10
2.2. <i>Co-firing</i> Batubara Dengan Biomassa	12
2.3. Bahan Bakar Batubara.....	15
2.4. Bahan Bakar Biomassa	20
2.5. Emisi Gas Buang.....	22
2.6. <i>Slagging and Fouling</i>	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Lokasi Penelitian.....	29
3.2. Jenis Penelitian.....	30
3.3. Kerangka pikir Penelitian.....	30
3.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	32
3.5. Jenis dan Sumber Data	33
3.6. Teknik Pengumpulan Data.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Karakteristik Batubara dan Cangkang Sawit	35
4.2. Analisis <i>Performance Co-firing</i>	37
4.2.1. Pengujian <i>Coal Firing</i> dan <i>Co-firing</i>	37
4.2.2. Beban	38
4.2.3. <i>Furnace Pressure</i> dan <i>Furnace Temperature</i>	39
4.2.4. <i>Kualitas Uap</i>	40
4.2.5. <i>Induce Draft Fan</i>	41

4.2.6. Potensi Korosi, <i>Slagging dan Fouling</i>	42
4.2.7. Emisi Gas Buang.....	43
4.2.8. Evaluasi Dampak Terhadap Biaya Produksi.....	47
4.2.9. Uji Kualitas FABA <i>Co-firing</i>	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	52
5.2. Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	54

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu	7
Tabel II.1 Spesifikasi Komponen Utama PLTU Chain Grate Stoker	11
Tabel II.2 <i>Co-firing</i> Pada PLTU Batubara di PLN	14
Tabel II.3 Klasifikasi Jenis dan Kualitas Batubara ASTM	16
Tabel II.4 Rentang Nilai Properties Jenis Batubara	19
Tabel II.5 Potensi Biomassa di Indonesia	21
Tabel II.6 Properties Biomassa	21
Tabel III.1 Jadwal Penelitian.....	29
Tabel III.2 Alat Uji Batubara	34
Tabel IV.1 Analisa Proximate Bahan Bakar	35
Tabel IV.2 Analisa Ultimate	36
Tabel IV.3 Parameter Operasi <i>Coal Firing</i> dan <i>Co-firing</i>	37
Tabel IV.4 Beban Terhadap <i>Coal Feeder</i>	38
Tabel IV.5 Perbandingan Nilai Rata-Rata Furnace.....	39
Tabel IV.6 Kualitas Uap	40
Tabel IV.7 Parameter IDF.....	42
Tabel IV.8 <i>Slagging</i> dan <i>Fouling Index</i>	42
Tabel IV.9 Emisi Karbon dioksida dan Karbon Monoksida.....	44
Tabel IV.10 Emisi Sesuai Pedoman ESDM.....	45
Tabel IV.11 Emisi Sesuai Pedoman Basu, 2011	46
Tabel IV.12 Biaya Komponen C Bahan Bakar	47
Tabel IV.13 Uji Kualitas Bottom Ash.....	45
Tabel IV.14 Uji Karakteristik Bottom Ash	49
Tabel IV.15 Bottom Ash TCLP	49
Tabel IV.16 Uji Kualitas Fly Ash	50
Tabel IV.17 Uji Karakteristik Fky Ash.....	50
Tabel IV.18 Fly Ash TCLP	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. <i>Biomassa to Electricity</i>	3
Gambar 1.2. Sumber Biomassa	4
Gambar 1.3. <i>Jenis Biomassa</i>	5
Gambar 2.1. <i>Schematic Layout Stoker Boiler</i>	10
Gambar 2.2. <i>Metode Co-firing batubara dengan biomassa</i>	13
Gambar 2.3. Teori <i>Drift</i> Batubara	15
Gambar 2.4. Emisi Global.....	23
Gambar 2.5. Siklus Emisi dan Pemanfaatan Biomassa	24
Gambar 2.6. <i>Combustion Zone</i>	26
Gambar 3.1. Lokasi Penelitian PLTU Berau 2x7 MW	29
Gambar 3.2. Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	31
Gambar 4.1. Grafik Beban Terhadap Coal Feeder.....	38
Gambar 4.2. Grafik <i>Furnace Temperature</i>	39
Gambar 4.3. Grafik <i>Furnace Pressure</i>	39
Gambar 4.4. Grafik Kualitas Uap	39
Gambar 4.5. Grafik Parameter IDF.....	42
Gambar 4.6. Grafik Karbon Dioksida	39
Gambar 4.7 Grafik Karbon Monoksida	39
Gambar 4.8. Grafik Kualitas Uap	39
Gambar 4.9. Grafik Emisi yang Dikeluarkan berdasarkan Basu, 2011	46
Gambar 4.10. Grafik Biaya Komponen C bahan Bakar Batubara	48

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

PLTU	: Pembangkit Listrik Tenaga Uap
CO ₂	: Karbon dioksida
CO	: Karbon monoksida
IPCC	: Intergovernmental Panel On Climate Change
GRK	: Gas Rumah kaca
KEN	: Kebijakan Energi Nasional
EBT	: Energi Baru dan Terbarukan
FABA	: Fly Ash and Bottom Ash
kWh	: Kilowatt-Hour
AFT	: Ash Fusion Temperature
B/A	: Base to Acid Ratio
ASTM	: The American Society for Testing and Materials
ISO	: International Organization for Standardization
ESDM	: Energi Sumber Daya Mineral
IDF	: Induced Draft Fan
WTP	: Water Treatment Plant
CWP	: Circulating Water Pump
TCLP	: Toxicity Characteristic Leaching Procedure
SFC	: Specific Fuel Consumption
SiO ₂	: Silikon Dioksida
Al ₂ O ₃	: Aluminium Oksida
Fe ₂ O ₃	: Besi (III) Oksida
CaO	: Kalsium Oksida
MgO	: Magnesium Oksida
K ₂ O	: Kalium Oksida
Na ₂ O	: Natrium Oksida
TiO ₂	: Titanium Oksida
MnO ₂	: Mangan Oksida

ABSTRAK

Co-firing adalah upaya untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil (batubara) dari pembangkit listrik tenaga uap. Penambahan biomassa sebagai bahan bakar parsial pada boiler untuk mengurangi konsumsi batubara sehingga mengurangi emisi karbondioksida yang dapat berdampak pada efek rumah kaca. Penelitian *co-firing* ini mengimplementasikan 5-20% cangkang sawit. Emisi mengalami penurunan yang sangat signifikan pada penggunaan biomassa sebesar 20%, Karbon dioksida (CO₂) dari 7% menjadi 0,9% dan karbon monoksida (CO) dari 759 Mg/Nm³ menjadi 105 Mg/Nm³. Indeks *slagging* masih dalam batas aman. Indeks *fouling* pada saat *coal firing* dan *co-firing* 5%, 15% dan 20% berada pada kategori tinggi, sedangkan *co-firing* sebesar 10% pada kategori berat. Rasio basa terhadap asam selama uji *co-firing* 5%, 10% dan 15% dalam kategori tinggi, sedangkan *co-firing* 20% masih dalam batas aman. Potensi korosi akibat adanya klorin adalah minor oksidasi aktif yang diinduksi Cl. Sampel sifat toksik yang diperoleh dari berbagai *co-firing* masih dalam kondisi aman dan memenuhi baku mutu.

Keywords: *co-firing, cangkang sawit, emisi, gas efek rumah kaca, Analisa performance*

ABSTRACT

Co-firing is the efforts to reduce the use of fossil fuel (coal) form steam power plant. Adding biomass as a partial fuel to the boiler to reduce coal consumption thereby reducing carbon dioxide emissions which can have an impact on the greenhouse effect. This co-firing study implemented 5-20% palm kernel shells. The emission has decreased very significantly in the use of biomass by 20%, Carbon dioxide (CO₂) from 7% to 0.9% and carbon monoxide (CO) from 759 Mg/Nm³ to 105 Mg/Nm³. Slagging index during is still within safe limits. Fouling index when coal firing and co-firings 5%, 15% and 20% are in the high category, while co-firing is 10% in the severe category. Base to acid ratio during co-firing test 5%, 10% and 15% in the high/severe category, while co-firing is 20% is still within safe limits. The potential for corrosion due to the presence of chlorine is Cl-induced active oxidation minor. The toxic properties samples obtained from various co-firings are still in safe condition and meet quality standards.

Keywords: *co-firing; palm kernel shells; emissions; global greenhouse gas; performance analysis*