

TESIS

ANALISIS ENERGI DARI PROSES *CO-FIRING* ANTARA BATUBARA SUB-BITUMINUS DAN BIOPELET SEKAM PADI DI PEMBANGKIT LISTRIK



**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Pendidikan pada
Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan
Politeknik Negeri Sriwijaya**

**Oleh:
HENGKY SAPUTRA
062150443032**

**PROGRAM MAGISTER TERAPAN
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**ANALISIS ENERGI DARI PROSES *CO-FIRING*
ANTARA BATUBARA SUB-BITUMINUS
DAN BIOPELET SEKAM PADI
DI PEMBANGKIT LISTRIK**

Oleh:
HENGKY SAPUTRA
NPM 062150443032

Palembang, Juli 2023

Pembimbing 1



Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si., IPM
NIP. 196711191993032003

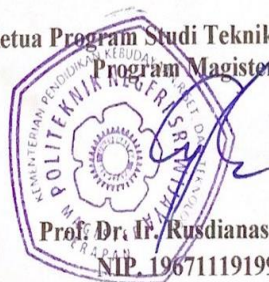
Menyetujui,
Pembimbing 2



Dr. Ir. Abu Hasan, M.Si
NIP. 196410231992031001

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknik Energi Terbarukan
Program Magister Terapan**



Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si., IPM
NIP. 196711191993032003

HALAMAN PERSETUJUAN

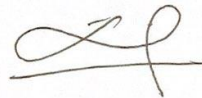
Karya tulis ilmiah berupa Tesis ini dengan judul “Analisis Energi Dari Proses Co-firing Antara Batubara Sub-Bituminus Dan Biopellet Sekam Padi Di Pembangkit Listrik” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya pada tanggal 22 Juli 2023.

Palembang, 22 Juli 2023

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Berupa Tesis

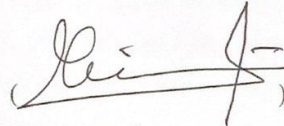
Ketua:

Dr. Ir. Leila Kalsum, M.T.
NIP 196212071989032001

()

Anggota:

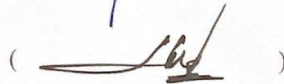
1. Dr. Ir. H. M. Yerizam, M.T.
NIP 196107091989031002

()

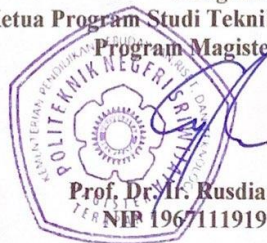
2. Dr. Ir. Aida Syarif, M.T.
NIP 196501111993032001

()

3. Dr. H. M. Syahirman Yusi., MS
NIP 195808171993031001

()

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Energi Terbarukan
Program Magister Terapan



Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si.
NIP 196711191993032003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Hengky Saputra**
NPM : 062150443032
Judul Tesis : **Analisis Energi dari Proses *Co-firing* antara Batubara
Sub-Bituminus dan Biopellet Sekam Padi di Pembangkit
Listrik**

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi Pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Politeknik Negeri Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2023



Hengky Saputra
NPM 062150443032

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Hengky Saputra**
NPM : 062150443032
Judul Tesis : **Analisis Energi dari Proses *Co-firing* antara Batubara
Sub-Bituminus dan Biopellet Sekam Padi di Pembangkit
Listrik**

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Politeknik Negeri Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2023



Hengky Saputra
NPM 062150443032

RINGKASAN

ANALISIS ENERGI DARI PROSES CO-FIRING ANTARA BATUBARA SUB-BITUMINUS DAN BIOPELET SEKAM PADI DI PEMBANGKIT LISTRIK.

Karya Tulis Ilmiah berupa Tesis, 22 Juli 2023

HENGKY SAPUTRA; Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si.,IPM dan Dr. Ir. Abu Hasan, M.Si.

Energy Analysis of the Co-Firing Process of Rice Husk Biopellets with subbituminous Ccoal in Power Plants.

xviii + 59 halaman, 13 tabel, 34 gambar, 4 lampiran

Penggunaan sumber energi terbarukan berupa bahan bakar nabati (BBN) perlu ditingkatkan. Mengingat kebutuhan akan sumber bahan bakar yang berasal dari fosil setiap tahun makin meningkat dan bahan bakar tersebut terbatas dan mahal, mendorong berbagai penelitian dan pengembangan untuk mendapatkan bahan bakar yang lebih murah, ramah lingkungan, dan dari bahan alam yang sifatnya terbarukan. Pada penelitian ini ide untuk analisis percobaan tentang “Analisis Energi dari Proses *Co-Firing* antara Batubara Sub-Bituminus dan Biopellet Sekam Padi di Pembangkit Listrik”. Sekam padi yang merupakan limbah industri sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal dan sering menimbulkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, perlu diupayakan agar limbah sekam padi dapat menjadi produk yang lebih bermanfaat. Kandungan karbon pada sekam padi berpotensi dapat dikonversi menjadi bahan bakar. Bahan bakar tersebut berupa Biopellet. Biopellet ini dibuat dengan menghancurkan bahan baku dan dengan bantuan perekat. Dalam pembuatan biopellet kadar air sangat mempengaruhi nilai kalor, semakin banyak kadar air maka nilai biopellet semakin rendah. Masing-masing biopellet akan dicampur dengan batubara pada proses *co-firing* di boiler portabel dengan rasio pencampuran 100% : 0%, 95% : 5%, 85% : 15%. Energi maksimal yang dihasilkan terdapat pada batubara tanpa campuran biopellet sekam padi. Kinerja boiler ditentukan dari kualitas emisi gas pembakaran dan bottom ash yang diuji dengan cara *ultimate* dan *proximate*, semakin bertambah rasio pencampuran *co-firing* menggunakan biopellet sekam padi menurunkan emisi CO₂ yang dihasilkan, serta menghasilkan energi yang maksimal pada boiler tersebut dan mereduksi pemakaian bahan bakar batubara.

Kata Kunci : Batubara, Biopellet, *renewable energy*, Boiler, Sekam Padi.

SUMMARY

ENERGY ANALYSIS OF THE *CO-FIRING* PROCESS OF RICE HUSK BIOPELLETS WITH SUBBITUMINOUS COAL IN POWER PLANTS.

Scientific Paper in the form of Thesis, 22 Juli 2023

Hengky Saputra; Supervised by Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si.,IPM. and DR. Ir. Abu Hasan, M.Si.

Analisis Energi dari Proses *Co-Firing* antara Batubara Sub-Bituminus dan Biopellet Sekam Padi di Pembangkit Listrik.

xviii + 59 pages, 13 tables, 34 pictures, 4 attachments

The usage of renewable energy sources in the form of biofuel needs to be increased. Considering the demand and the need of fuels from fossils are increasing every year, also these fuels are expensive and limited, encouraging researchers to deepen the study and development on obtaining another source of energy that is more cheap, environmentally safe and from renewable materials. This research has the purpose to study about “Energy Analysis in Co Firing Process from Sub Bituminous Coal and Rice Husk biopellets as fuels in Power Plant”. Rice husk is food industry waste and haven’t been utilized optimally and often contaminated the environment. Therefore, there is an urgency to utilize the rice husk to become a useful product not just a waste. Carbon content in rice husk has the potential to be converted into fuel, which called biopellets. Biopellets are made by crushing the raw materials with the helps of adhesives. In making the biopellets, water content will significantly influence the calorific value, the more water content the lower the biopellets value. Each biopellets are mixed with coal in Co firing process taken place in portable boiler with the mixing ratio of 100% : 0%; 95% : 5% and 85%:15%. The maximum energy produced is occurring on coal alone as the fuels without the mixture of rice husk biopellets. Boiler performance is determined from the quality of combustion gas emission and bottom ash which analysed by ultimate and proximate methods. The researcher has the hypothesis in this study which with the increasing mixing ratio between coal and rice husk biopellets will reduces the CO₂ gas emission. As well as producing maximum energy in the boiler and reducing the use of coal as the fuel.

Keywords : Coal, Biopellet, *renewable energy*, Boiler, Rice Husk.

MOTTO

Hidup ini seperti sepeda. Agar tetap seimbang, kau harus terus bergerak.

(Albert Einstein)

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “**Analisis Energi dari Proses Co-firing antara Batubara Sub-Bituminus dan Biopellet Sekam Padi di Pembangkit Listrik**”. Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan mata kuliah Ujian Tesis pada Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya. Selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan Tesis ini izinkan penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Carlos RS, S.T., M.T., selaku Pembantu Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si. IPM, selaku Ketua Program Studi Teknik Energi Terbarukan serta Dosen pembimbing I di Program Studi Teknik Energi Terbarukan Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Dr. Ir. Abu Hasan, M.Si selaku Dosen pembimbing II pada rencana penelitian ini di Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Segenap Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Orang Tua, Istri dan anak tercinta yang telah memberikan dukungan lahir dan bathin serta pemberi semangat dalam pelaksanaan penulisan tesis ini.
7. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya angkatan 2021 dan rekan-rekan lainnya yang telah memberikan bantuan untuk penyelesaian tesis ini

Melalui Tesis ini penulis mengharapkan semoga penelitian ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan dan menunjang perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan khususnya energi terbarukan.

Palembang, Juli 2023
Penulis

RIWAYAT HIDUP



Hengky Saputra, lahir pada tanggal 09 Nopember 1988, di Lahat, Sumatera Selatan. Penulis pertama kali masuk pendidikan formal di SD Negeri 4 Tanjung Enim. Setelah lulus dari Sekolah Dasar penulis melanjutkan pendidikan di SLTP Negeri 3 Tanjung Enim dan selesai pada tahun 2003. Setelah lulus dari SLTP, penulis melanjutkan ke jenjang SMK di SMK Negeri 1 Lahat dan selesai pada tahun 2006. Pada tahun 2006 penulis terdaftar sebagai

Mahasiswa Universitas Negeri Yogyakarta Jurusan Teknik mesin dan selesai pada tahun 2009, di Tahun 2010 Penulis melanjutkan studi S1 Teknik Mesin di Institut Sains Teknologi AKPRIND Yogyakarta dan selesai pada tahun 2012. Pada tahun 2021 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Magister Terapan Teknik Energi Terbarukan di Politeknik Negeri Sriwijaya. Memulai karir sebagai *Mechanical Engineer* di PT. Berkah Rezki Bumi di tahun 2013, sebagai *Field Operation* di PT. Sumberdaya Sewatama di tahun 2015, dan sebagai Assistent Manajer Perawatan di PT. Bukit Energi Servis Terpadu di tahun 2023 PLTU TE 3X10 MW.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN TESIS	iii
RINGKASAN	iv
SUMMARY	v
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR GLOSARIUM	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	5
1.5 Hipotesa	5
1.6 Keterbaruan Penelitian.....	5
1.7 Kerangka Pikir Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Batubara	7
2.2 Sekam Padi.....	9
2.3 Biopellet.....	10
2.4 <i>Densifikasi</i>	11
2.5 <i>Co-firing</i>	12
2.5.1 <i>Direct co-firing</i>	13
2.5.2 <i>Indirect co-firing</i>	14
2.5.3 <i>Paraler co-firing</i>	14
2.6 Karakteristik Bahan Baku	14

2.6.1 Kadar Air	14
2.6.2 Kadar Abu	15
2.6.3 Kadar Zat Terbang.....	15
2.6.4 Kadar Karbon Terikat	15
2.6.5 Densitas	16
2.6.6 Nilai Kalor	16

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendekatan Desain Fungsional	17
3.2 Pendekatan Desain Struktural	19
3.3 Pertimbangan Percobaan.....	19
3.3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.3.2 Bahan dan Alat	20
3.3.3 Prosedur Penelitian.....	21
3.3.4 Diagram Alir Penelitian.....	23

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Bahan Baku	24
4.1.1 Analisa Kadar Proksimat dan Ultimat Sekam Padi.....	24
4.1.2 Analisa Kadar Proksimat dan Ultimat Batubara Sub-Bitminu	28
4.1.3 Perbandingan Karakteristik Bahan Bakar Batubara Sub-Bituminus dan Biomassa Sekam Padi	30
4.1.4 Analisa Kadar Proksimat dan Ultimat Biopellet Sekam Padi	31
4.1.5 Perbandingan Karakteristik Bahan Bakar Batubara Sub-Bituminus dan Biopellet Sekam Padi.....	35
4.2 Karakteristik Proksimat co-firing Batubara Sub-Bituminus dan Biopellet Sekam Padi.....	37
4.3 Drawing <i>Autodesk Inventor</i>	40
4.3.1 Drawing Komponen	40
4.3.2 Boiler	42
4.3.3 Turbin	43
4.3.4 Generator	44
4.4 Pengujian co-firing Batubara Sub-Bituminus dan Biopellet Sekam Padi pada Alat Prototype	44
4.4 Pengujian Rasio Pencampuran Batubara Sub-Bituminus dan Biopellet Sekam Padi Pada Boiler Portabel	46
4.5 Pengujian Emisi Gas Pembakaran dari co-firing	49
4.6 Pengujian Sampel Abu dari co-firing	51

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54

DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Standar Biopellet pada Beberapa Negara	11
2.2 Komposisi Unsur Kimia pada Biomassa dan Batubara	13
3.1 Daftar Bahan	20
3.2 Daftar Alat.....	21
4.1 Karakteristik Kimia Bahan Baku Biomassa Sekam Padi	26
4.2 Karakteristik Kimia Bahan Baku Batubara Sub-Bituminus.....	28
4.3 Karakteristik Batubara Sub-Bituminus dan Biomassa Sekam Padi.....	30
4.4 Karakteristik Biopellet Sekam Padi	34
4.5 Perbandingan Batubara Sub-Bituminus dan Biopellet Sekam Padi.....	36
4.6 Proksimat pada Rasio Pencampuran Batubara dan Biopellet Sekam Padi ..	37
4.7 Ultimat pada Rasio Pencampuran Batubara dan Biopellet Sekam Padi	39
4.8 Komponen Prototype Boiler	41
4.9 Rasio Pencampuran Batubara dan Biopellet Sekam Padi Beban 17 watt	44
4.10 Rasio Pencampuran Batubara dan Biopellet Sekam Padi Beban 10 watt ...	47
4.11 Hasil Pengujian Emisi CO dan CO ₂	49
4.12 Hasil Pengujian Emisi Gas Pembakaran NO dan NO _x	50
4.13 Pengujian Sampel Abu	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. 1 Kerangka Pikir Penelitian	6
2. 1 Sekam Padi.....	9
2. 2 Biopellet Sekam Padi	11
2. 3 Direct <i>co-firing</i> dengan Water Mill yang sama.....	13
3. 1 Desain Boiler Batubara Sub-Bituminus dan Biopellet Sekam Padi	17
3. 2 Desain Geometri 2D <i>Prototype</i> Boiler.....	18
3. 3 Instalasi <i>Prototype</i> Boiler.....	19
3. 4 Diagram Alir Penelitian	23
4. 1 Pengujian Sampel untuk Proksimat dan Ultimat Sekam Padi	25
4. 2 Grafik Proksimat Sekam Padi	26
4. 3 Grafik Ultimat Sekam Padi	27
4. 4 Pengambilan Batubara Sub-Bituminus	28
4. 5 Grafik Proksimat Batubara Sub-Bituminus	29
4. 6 Grafik Ultimat Batubara Sub-Bituminus	29
4. 7 Grafik Perbandingan Proksimat Batubara dan Biomassa Sekam Padi	30
4. 8 Grafik Perbandingan Ultimat Batubara dan Biomassa Sekam Padi	31
4. 9 Proses Crusher Sekam Padi.....	32
4. 10 Proses Pembuatan Biopellet Sekam Padi.....	33
4. 11 Grafik Proksimat Biopellet Sekam Padi	34
4. 12 Grafik Ultimat Biopellet Sekam Padi.....	35
4. 13 Grafik Perbandingan Proksimat Batubara dan Biopellet Sekam Padi	36
4. 14 Grafik Perbandingan Ultimat Batubara dan Biopellet Sekam Padi	37
4. 15 Grafik Proksimat Rasio Pembakaran	38
4. 16 Grafik Kalori Rasio Pembakaran	39
4. 17 Ultimat Rasio Pembakaran.....	40
4. 18 Model 3D <i>Prototype</i> Boiler.....	40
4. 19 Model 2D <i>Prototype</i>	42
4. 20 Model 3D Boiler	42
4. 21 Model 2D Boiler	43
4. 22 Sudu Turbin	43
4. 23 Generator.....	44
4. 24 Grafik rasio Pencampuran pada Beban 17 watt.....	45
4. 25 Modul Display putaran Turbin dan Temperatur Beban 17 watt.....	46
4. 26 Modul Display tegangan dan Arus Beban 17 watt	46
4. 27 Grafik Rasio Pencampuran pada Beban 10	48
4. 28 Display Arus dan Tegangan pada Beban 10 watt	48
4. 29 Display Perbandingan Emisi Co dan CO ₂	49
4. 30 Grafik Emisi Gas NO dan NO _x	50
4. 31 Pengambilan dan Pengujian Emisi Gas Pembakaran	51

4. 32 Grafik Sampel Abu	52
4. 34 Hasil Abu Pembakaran	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Jumlah
1. Portabel Boiler	58
2. Sertifikat Pengujian.....	69
3. Manual By Design.....	80
4. Proses Penelitian	85
5. Rekomendasi Sidang	90

DAFTAR GLOSARIUM

LNG (*Liquefied Natural Gas*)
PP (Peraturan Pemerintah)
PLT Bio
GW (*Giga Watt*)
BBN (Bahan Bakar Nabati)
Bph (Barel per hari)
EBTKE (Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi)
Ditjen (Direktorat Jendral)
PLT EBT (Pembangkit Listrik Energi Baru Terbarukan)
RUPTL
MW (Mega Watt)
PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air)
PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)
PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi)
PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro)
PLTBM (Pembangkit Listrik Tenaga Bio Massa)
PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap)
PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap)