



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Evaluasi Perbandingan Karakteristik Penerapan *CoFiring* dan
Coalfiring Terhadap Operasi, Finansial, Emisi pada PT. XYZ**

SKRIPSI

Oleh:

Alfito Ariq Wicaksono
NIM. 2202431040

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN

TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

JUNI, 2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Evaluasi Perbandingan Karakteristik Penerapan *CoFiring* dan
Coal firing Terhadap Operasi, Finansial, Emisi pada PLTU**

PT. XYZ

SKRIPSI

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Energi, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Alfito Ariq Wicaksono

NIM. 2202431040

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI**

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

Evaluasi Perbandingan Karakteristik Penerapan CoFiring dan Coal firing Terhadap Operasi, Finansial, Emisi pada PT XYZ

Oleh:

Alfito Ariq Wicaksono

NIM. 2202431040

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. Paulus Sukusno, S.T., M.T.
NIP. 196108011989031001

Adi Syuriadi, S.T., M.T.
NIP. 197611102008011011

Kepala Program Studi
Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Arifia Ekayuliana, S.T., M.T
NIP. 199107212018032001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI**

**Evaluasi Perbandingan Karakteristik Penerapan CoFiring dan
Coalfiring Terhadap Operasi, Finansial, Emisi pada PT XYZ**

Oleh:

Alfito Ariq Wicaksono

NIM. 2202431040

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 06 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Adi Syuriadi, S.T., M.T. NIP. 197611102008011011	Ketua		7/7-2026
2.	P. Jannus, S.T., M.T. NIP. 196304261988031004	Anggota 1		7-2026
3.	Budi Yuwono, S.T. NIP. 196306191990031002	Anggota 2		14/07/26

Depok, 06 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zainuri, S.T.,M.Si.

NIP. 197602252000121002



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Alfito Ariq Wicaksono

NIM : 2202431040

Program Studi : Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang ditulis dalam laporan tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan atau temuan orang lain yang tercatat dalam laporan tugas akhir saya telah kami kutip dan rujuk sesuai etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar benar nya.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Evaluasi Perbandingan Karakteristik Penerapan *CoFiring* dan *Coalfiring* Terhadap Operasi, Finansial, Emisi pada PT XYZ

Alfito Ariq Wicaksono¹⁾, Paulus Sukusno¹⁾, Adi Syuriadi²⁾

¹⁾Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email : Alfito.Ariq.Wicaksono.tm22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini membahas evaluasi perbandingan penerapan cofiring dan coalfiring terhadap aspek operasional, emisi, dan finansial pada PLTU PT XYZ. Cofiring dilakukan dengan mencampurkan batubara dan biomassa berupa cangkang sawit, sekam padi, sawdust, woodchip, dan Limbah Racik Uang Kertas (LRUK). Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif-komparatif dengan pendekatan kuantitatif melalui analisis data operasional boiler, emisi gas buang, Specific Fuel Consumption (SFC), dan Biaya Pokok Penyediaan (BPP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap biomassa memberikan pengaruh berbeda terhadap kinerja pembangkit. Dari aspek efisiensi boiler, woodchip menunjukkan performa paling stabil dengan peningkatan efisiensi dari 67,21% pada coalfiring menjadi 72,29% pada cofiring 5% dan 72,87% pada cofiring 10%. Dari aspek emisi, sawdust 10% cenderung menghasilkan emisi lebih rendah, sedangkan LRUK 10% lebih baik dalam menurunkan NOx. Berdasarkan aspek SFC dan BPP, cofiring woodchip 5% menjadi variasi paling optimal karena menurunkan SFC dari 0,85 kg/kWh menjadi 0,65 kg/kWh dan menghasilkan penghematan Rp193,56/kWh. Dengan demikian, cofiring biomassa berpotensi mengurangi penggunaan batubara dengan tetap mempertimbangkan efisiensi, emisi, slagging/fouling, dan biaya pembangkitan.

Kata kunci: cofiring, coalfiring, biomassa, efisiensi boiler, emisi, SFC, BPP.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

This research discusses a comparative evaluation of the implementation of cofiring and coalfiring on operational, emission, and financial aspects at PT XYZ's coal-fired power plant. Cofiring is carried out by mixing coal and biomass in the form of palm kernel shells, rice husks, sawdust, wood chips, and Waste Paper Money (WPM). The research method used is descriptive-comparative with a quantitative approach thru the analysis of boiler operational data, exhaust gas emissions, Specific Fuel Consumption (SFC), and Cost of Supply (BPP). The research results show that each biomass has a different impact on the performance of the power plant. From the aspect of boiler efficiency, woodchip shows the most stable performance with an increase in efficiency from 67.21% in coalfiring to 72.29% in 5% cofiring and 72.87% in 10% cofiring. From the aspect of emissions, 10% sawdust tends to produce lower emissions, while 10% LRUK is better at reducing NOx. Based on the aspects of SFC and BPP, 5% woodchip cofiring is the most optimal variation as it reduces SFC from 0.85 kg/kWh to 0.65 kg/kWh and generates savings of Rp193.56/kWh. Thus, biomass cofiring has the potential to reduce coal usage while still considering efficiency, emissions, slagging/fouling, and generation costs.

Keywords: cofiring, coalfiring, biomass, boiler efficiency, emissions, SFC, BPP.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul “Evaluasi Perbandingan Karakteristik Penerapan CoFiring dan Coal firing Terhadap Operasi, Finansial, Emisi pada PT XYZ” dengan baik.

Penyusunan skripsi ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, dukungan, serta masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kepada Orangtua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan, doa dan semangat yang tiada henti.
2. Kepada Bapak Dr. Paulus Sukusno, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan dalam proses penyusunan skripsi ini.
3. Kepada Bapak Adi Syuriadi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan pendampingan dan kontribusi besar dalam penyelesaian skripsi ini.
4. PT. XYZ yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian.
5. Kepada sahabat penulis Stefani Fatima Nasution yang telah memberikan support kepada penulis dan meyakinkan penulis untuk tetap berusaha.
6. Rekan-rekan serta semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Jakarta, 23 Juni 2026

Alfito Ariq Wicaksono

NIM. 2202431040





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
RINGKASAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Pertanyaan Penelitian	2
1.5 Tujuan Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Landasan Teori	5
2.1.1 Biomassa sebagai bahan bakar pembangkit	5
2.1.2 Spesifikasi Teknik PT XYZ	14
2.1.3 Karakteristik Biomassa	15
2.1.4 Konsep cofiring biomassa pada PLTU	20
2.1.5 Potensi <i>Slagging</i> pada <i>coalfiring</i> dan <i>cofiring</i>	21
2.1.6 Aspek Finansial	24
2.1.7 Efisiensi boiler	26
2.2 Kajian Literatur	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1 Jenis Penelitian	34
3.2 Diagram Alir Penelitian	35



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.3 Objek Penelitian	37
3.4 Metode Pengambilan Sample	40
3.5 Jenis dan Data Penelitian	40
3.6 Metode pengumpulan Data Penelitian	41
3.7 Metode Analisis Data	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Hasil Penelitian	44
4.1.1 Perhitungan Efisiensi Boiler	44
4.1.2 Perhitungan Slagging index, Fouling index, dan Base to acid ratio	48
4.1.3 Perhitungan SFC (<i>Specific Fuel Consumption</i>)	53
4.1.4 Perhitungan biaya pokok penyediaan (BPP)	56
4.2 Pembahasan	59
4.2.1 Pembahasan Efisiensi Boiler	59
4.2.2 Pembahasan B/A, Slagging Index, Fouling Index	62
4.2.3 Pembahasan Emisi	63
4.2.4 Pembahasan SFC (<i>Specific Fuel Consumption</i>) dan BPP (Biaya Pokok Penyediaan)	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	78



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 contoh produk biomassa dari kehutanan, pertanian, dan perkebunan	5
Gambar 2. 2 Bulk Density.....	6
Gambar 2. 3 korelasi nilai kalor LHV dan HHV terhadap kandungan air.....	8
Gambar 2. 4 batas stabilitas suhu flame pada berbagai variasi kandungan uap air dan abu	10
Gambar 2. 5 karakter fouling untuk berbagai jenis biomassa.....	12
Gambar 2. 6 Ash Fusion Temperature pada berbagai tipe biomassa.....	13
Gambar 2. 7 Limbah Racik Uang Kertas	15
Gambar 2. 8 proses pengolahan Limbah Racik Uang Kertas (LRUK).....	16
Gambar 2. 9 woodchip	17
Gambar 2. 10 cangkang sawit	18
Gambar 2. 11 sawdust.....	19
Gambar 2. 12 sekam padi.....	19
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 3. 2 mixing coalfiring dan cofiring(Dokumentasi milik PT XYZ)	37
Gambar 4. 1 Grafik Dari Efisiensi Boiler Cangkang sawit.....	59
Gambar 4. 2 Grafik Efisiensi Boiler Sekam padi.....	59
Gambar 4. 3 Grafik Efisiensi Boiler Sawdust	60
Gambar 4. 4 Grafik Efisiensi Boiler Woodchip	60
Gambar 4. 5 Grafik Efisiensi Boiler LRUK.....	61
Gambar 4. 6 Grafik Sekam padi dan Sawdust (CO_2).....	63
Gambar 4. 7 Grafik Sekam padi dan Sawdust (SO_2)	64
Gambar 4. 8 Grafik Sekam padi dan Sawdust (NO_x)	64
Gambar 4. 9 Grafik Cangkang sawit (CO_2)	65
Gambar 4. 10 Grafik Cangkang sawit (SO_2).....	66
Gambar 4. 11 Grafik Cangkang sawit (NO_x).....	66
Gambar 4. 12 Grafik Woodchip (CO_2).....	67
Gambar 4. 13 Grafik Woodchip (SO_2).....	67
Gambar 4. 14 Grafik Woodchip (NO_x).....	68
Gambar 4. 15 Grafik LRUK (CO_2).....	69
Gambar 4. 16 Grafik LRUK (SO_2)	69
Gambar 4. 17 Grafik LRUK (NO_x)	70



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan bulk density beberapa biomassa.....	6
Tabel 2. 2 suhu penyalan berbagai jenis biomassa.....	9
Tabel 2. 3 kandungsh pada beberapa biomass	10
Tabel 2. 4 Komposisi unsur material ash pada beberapa biomassa	11
Tabel 2. 5 Komposisi unsur material ash minor pada beberapa biomassa.....	11
Tabel 2. 6 Spesifik Boiler di PT XYZ.....	14
Tabel 2. 7 Data boiler Woodchip	27
Tabel 2. 8 Data boiler Sekam padi	27
Tabel 2. 9 Data boiler Sawdust	27
Tabel 2. 10 Data boiler cangkang sawit	28
Tabel 2. 11 Data boiler LRU.....	28
Tabel 3. 1 data sample batubara	38
Tabel 3. 2 data sample LRU.....	38
Tabel 3. 3 data sample PKS	39
Tabel 3. 4 data sample woodchip	39
Tabel 3. 5 Data sample sekam padi.....	39
Tabel 3. 6 Data sample Sawdust	39
Tabel 4. 1 B/A, Slagging Index, Fouling Index	62
Tabel 4. 2 SFC dan BPP.....	70

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

RINGKASAN

Penelitian ini mengkaji evaluasi perbandingan penerapan *cofiring* dan *coalfiring* terhadap parameter operasional, emisi, dan aspek finansial pada PT XYZ. Latar belakang penelitian ini didasarkan pada peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia yang masih bergantung pada penggunaan batubara, sehingga diperlukan langkah strategis untuk mendukung pencapaian target Energi Baru Terbarukan (EBT) dan pengurangan emisi menuju Net Zero Emission 2060. Salah satu langkah yang ditempuh adalah implementasi teknologi co-firing, yaitu pencampuran batubara dengan biomassa, di mana biomassa yang digunakan dalam penelitian ini berupa Limbah Racik Uang Kertas (LRUK), woodchips, cangkang sawit, sawdust, sekam padi.

Pengujian dilaksanakan melalui dua kondisi pembakaran, yaitu *cofiring* dan *coalfiring* sebagai data dasar pembanding (baseline). Analisis data menggunakan pendekatan deskriptif-komparatif dengan membandingkan karakteristik bahan bakar, perubahan emisi gas buang, serta perhitungan indikator finansial berupa Specific Fuel Consumption (SFC) dan Biaya Pokok Produksi (BPP).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai pengaruh *cofiring* terhadap kinerja pembangkit, dampak lingkungan, serta biaya pembangkitan. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan teknis dalam pengembangan implementasi *cofiring* biomassa sebagai alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap batubara dan mendukung transisi energi di sektor pembangkitan listrik.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan listrik di Indonesia terus meningkat setiap tahun sehingga pembangkit listrik dituntut untuk menambah kapasitas dan meningkatkan efisiensi[1]. Namun, sebagian besar pembangkit listrik masih bergantung pada batubara yang menghasilkan emisi tinggi serta berasal dari sumber energi tidak terbarukan. Untuk mendukung target pemerintah dalam peningkatan bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) dan pengurangan emisi menuju *Net Zero Emission* (NZE) tahun 2060, PT PLN/Indonesia Power menerapkan teknologi *cofiring*, yaitu pencampuran batubara dengan bahan bakar biomassa.

Salah satu biomassa yang berpotensi digunakan adalah Limbah Racik Uang Kertas (LRUK), yaitu limbah uang kertas yang sudah tidak layak pakai. Pemanfaatan biomassa sebagai bahan *cofiring* dinilai dapat mengurangi konsumsi batubara, menekan emisi, serta mendukung pemanfaatan limbah menjadi energi. PT XYZ telah mengkaji uji coba bahan bakar yaitu woodchips, cangkang sawit, sawdust, LRUK, sekam padi. Uji coba tersebut berfokus pada pemantauan parameter operasi, parameter lingkungan, dan teknik feeding agar pencampuran bahan bakar lebih homogen dan komposisinya mendekati ideal[2].

Melalui kegiatan penelitian dan pengujian yang dilakukan di lingkungan PT XYZ, studi ini bertujuan untuk mengevaluasi cara kerja sistem *cofiring* dan *coalfiring*. Dengan memahami sistem ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan efisiensi dan keandalan operasi unit pembangkit khususnya di bidang operasi, emisi, finansial. Sekaligus menjadi pengalaman praktis yang berharga bagi mahasiswa dalam memahami penerapan ilmu teknik di dunia industri[3].



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh *cofiring* terhadap parameter operasional, lingkungan (emisi), finansial dibandingkan dengan *coalfiring*?
2. Apakah penerapan *cofiring* dapat menjadi alternatif yang layak untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan operasi pembangkit dibandingkan penggunaan batubara murni?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, maka untuk membatasi ruang lingkup penelitian sehingga terdapat batasan masalah yaitu:

1. Pembahasan penelitian ini hanya mengenai evaluasi parameter operasional, lingkungan (emisi), dan finansial.
2. Penelitian ini tidak membahas perubahan atau modifikasi alat secara detail, seperti perubahan desain sistem bahan bakar, komponen boiler, maupun instalasi tambahan.
3. Penelitian ini tidak membahas dampak *cofiring* terhadap umur peralatan (misalnya korosi, erosi, *slagging/fouling* jangka panjang) karena keterbatasan data inspeksi dan monitoring jangka panjang.

1.4 Pertanyaan Penelitian

Adapun pertanyaan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan efisiensi boiler pada kondisi *coalfiring* dan *cofiring*?
2. Jenis biomassa dan persentase *cofiring* manakah yang paling optimal berdasarkan aspek efisiensi boiler, emisi, potensi *slagging/fouling*, SFC, dan BPP?



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.5 Tujuan Penelitian

Untuk memastikan bahwa *cofiring* dan *coalfiring* bekerja dengan optimal dan memenuhi spesifikasi yang di butuhkan, yaitu dengan:

1. Mengevaluasi pengaruh *cofiring* terhadap parameter operasi, lingkungan (emisi), ekonomi dibandingkan dengan pembakaran batubara murni.
2. Memberikan hasil evaluasi sebagai bahan pertimbangan teknis dalam penerapan *cofiring* untuk meningkatkan efisiensi, keandalan operasi, dan mendukung program transisi energi di sektor pembangkitan.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Bagi Mahasiswa
 - Menambah wawasan dan pemahaman mengenai penerapan teknologi *cofiring* dengan batubara pada pembangkit listrik.
 - Menjadi sarana penerapan ilmu teknik yang telah dipelajari di perkuliahan ke dalam kondisi nyata di dunia industri, sekaligus meningkatkan kemampuan problem solving dan analisis teknis.
2. Bagi Kampus
 - Menjadi referensi dan bahan pengembangan ilmu pengetahuan terkait energi terbarukan, khususnya implementasi *cofiring* pada pembangkit batubara.
3. Bagi Industri
 - Menjadi dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusan untuk penerapan *cofiring* secara lebih luas, untuk mendukung program efisiensi penggunaan batubara dan penurunan emisi.

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan penelitian ini terdiri dari lima bab dengan pembahasan di masing masing bab:

1. BAB I PENDAHULUAN



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Bagian ini merupakan pembuka penelitian yang menguraikan konteks latar belakang, perumusan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta urutan penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini berisi kajian pustaka yang menjelaskan dasar teori dan ulasan literatur terkait penelitian, yang diambil dari berbagai artikel yang telah diterbitkan di jurnal ilmiah.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Bagian ini berisi kajian pustaka yang menjelaskan dasar teori dan ulasan literatur terkait penelitian, yang diambil dari berbagai artikel yang telah diterbitkan di jurnal ilmiah.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi hasil pengolahan data dan pembahasan mengenai perbandingan kondisi coalfiring dan cofiring biomassa. Pembahasan meliputi perhitungan efisiensi boiler, Base to Acid Ratio (B/A), slagging index, fouling index, emisi gas buang CO₂, SO₂, NO_x, serta analisis Specific Fuel Consumption (SFC) dan Biaya Pokok Penyediaan (BPP). Hasil tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh cofiring terhadap aspek operasional, lingkungan, dan finansial.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan pada bab sebelumnya. Selain itu, bab ini juga memuat saran yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penerapan cofiring biomassa di PT XYZ serta sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan mengenai perbandingan coalfiring dan cofiring biomassa terhadap efisiensi boiler, potensi slagging/fouling, emisi, SFC, dan BPP, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penerapan cofiring biomassa memberikan pengaruh yang berbeda terhadap efisiensi boiler, emisi, potensi slagging/fouling, SFC, dan BPP. Hal ini menunjukkan bahwa setiap jenis biomassa memiliki karakteristik pembakaran yang berbeda sehingga hasilnya tidak selalu sama dibandingkan coalfiring.
2. Dari aspek efisiensi boiler, woodchip menunjukkan performa paling stabil karena mampu meningkatkan efisiensi dari 67,21% pada coalfiring menjadi 72,29% pada cofiring 5% dan 72,87% pada cofiring 10%.
3. Dari aspek slagging dan fouling, sebagian besar variasi cofiring masih memiliki potensi slagging pada kategori tinggi, sehingga perlu pengawasan dalam pengoperasian boiler. Namun, beberapa biomassa seperti woodchip mampu menurunkan nilai fouling index sehingga lebih aman dari sisi potensi pengotoran permukaan perpindahan panas.
4. Dari aspek emisi, cofiring biomassa mampu menurunkan beberapa parameter emisi tertentu, tetapi hasilnya berbeda pada setiap jenis biomassa. Sawdust 10% cenderung menghasilkan emisi CO₂, SO₂, dan NO_x yang lebih rendah pada kelompok sekam padi dan sawdust, sedangkan LRUK 10% lebih baik dalam menurunkan NO_x.
5. Berdasarkan aspek SFC dan BPP, cofiring woodchip menjadi variasi paling optimal karena mampu menurunkan SFC dari 0,85 kg/kWh menjadi 0,65 kg/kWh dan menghasilkan penghematan terbesar sebesar Rp193,56/kWh. Dengan demikian, woodchip merupakan biomassa yang paling layak digunakan karena memberikan hasil terbaik dari sisi konsumsi bahan bakar dan biaya pembangkitan.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5.2 Saran

1. PT XYZ sebaiknya memprioritaskan penggunaan woodchip karena memberikan hasil paling optimal dari sisi SFC dan BPP, serta tetap menunjukkan efisiensi boiler yang baik.
2. Penggunaan biomassa dengan potensi slagging tinggi perlu disertai pengawasan operasi boiler secara berkala, terutama pada area furnace, superheater, dan permukaan perpindahan panas agar tidak mengganggu kinerja boiler.
3. Sebelum biomassa digunakan sebagai bahan cofiring, perlu dilakukan pengendalian kualitas seperti kadar air, ukuran partikel, nilai kalor, kadar abu, sulfur, dan kandungan alkali agar proses pembakaran lebih stabil.
4. Proses mixing dan feeding antara batubara dan biomassa perlu dijaga agar campuran bahan bakar lebih homogen, sehingga pembakaran di dalam boiler dapat berlangsung lebih merata dan efisien.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Teknologi, P. Sumberdaya, A. For, T. H. E. Assessment, and A. O. F. Technology, *INDONESIA ENERGY OUTLOOK 2012 INDONESIA ENERGY OUTLOOK 2012*. 2012.
- [2] A. S. Pramudiyanto, S. Widodo, and A. Suedy, “Energi Bersih dan Ramah Lingkungan dari Biomassa untuk Mengurangi Efek Gas Rumah Kaca dan Perubahan Iklim yang Ekstrim,” vol. 1, no. 3, pp. 86–99, 2020, doi: 10.14710/jebt.2020.9990.
- [3] A. Sudiby, A. Nugroho, and B. Fazzry, “Analisis potensi energi baru terbarukan sebagai energi alternatif pengganti energi fosil di wilayah probolinggo timur,” vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2025.
- [4] P. Pt, P. Nusantara, and A. Surdia, “Analisa Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Sawit,” 2014.
- [5] D. Dan and K. Sambung, “JUDUL NASKAH MAKSIMUM LIMA BELAS KATA TIDAK TERMASUK KATA,” vol. XX, no. X, pp. 63–66.
- [6] F. Tanbar, S. Purba, A. S. Samsudin, E. Supriyanto, I. A. Aditya, and I. Pendahuluan, “Analisa Karakteristik Pengujian Co-Firing Biomassa Sawdust Pada Pltu Type Pulverized Coal Boiler Sebagai Upaya Bauran Renewable Energy Analisa Karakteristik Pengujian Co-Firing Biomassa Sawdust Pada Pltu Type Pulverized Coal Boiler Sebagai Upaya Bauran Renewable Energy,” vol. 5, no. 2, pp. 50–56, 2025.
- [7] M. Ahsan, “Tantangan dan Peluang Pembangunan Proyek Pembangkit Listrik Energi Baru Terbarukan (EBT) di Indonesia,” vol. 11, no. 2, pp. 81–93, 2021.
- [8] I. Artikel, “Microgrid ebt mewujudkan energi berkelanjutan dalam akses listrik merata di indonesia,” vol. 5, no. 2, pp. 125–131, 2024.
- [9] A. De Wibowo *et al.*, “Studi Potensi Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) untuk Mendukung Sistem Ketenagalistrikan di Wilayah IKN,” vol. VI, pp. 137–144, 2023.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [10] N. Aryanto, A. Jaya, and C. Hudaya, "Science and Technology PEMODELAN ENERGI BARU TERBARUKAN (EBT) MELALUI PENDEKATAN DINAMIS UNTUK KETAHANAN ENERGI KABUPATEN," vol. 4, no. 2, pp. 123–132, 2027.
- [11] G. T. Rancak and U. Azmiyati, "Analisis Dampak Operaional PLTU Jeranjang Terhadap Kondisi Sosial Dan Ekonomi Masyarakat Di Kabupaten Lombok Barat (Operational Impact Analysis of Jeranjang Power Point on Social and Economic Conditions in the Community in West Lombok Regency)," vol. 6, no. 1, pp. 2396–2403, 2022.
- [12] S. Kasus, W. Bark, P. K. Shell, and F. Alfaruq, "Analisis Tekno-Ekonomi dan Evaluasi Penggunaan Co-firing Multibiomassa pada PLTU Boiler Tipe CFB: Studi Kasus Wood Bark, Palm Kernel Shell, Woodchips dan Limbah Racik Uang Kertas Faqih Alfaruq, Prof. Ir. Tumiran, M.Eng., Ph.D., IPU. ; Prof. Ir. Sarjiya, S.T., MT., Ph.D., IPU.," no. 2019, pp. 46–47, 2025, doi: 10.1088/1755-1315/963/1/012007.
- [13] R. Raksa, M. Arsitektur, and U. Tanjungpura, "Daftar pustaka," no. 2017, pp. 145–148, 2020.
- [14] I. Slagging and I. Fouling, "Potensi kecepatan pembentukan," vol. 1, pp. 170–181, 2020.
- [15] Y. C. Dwiaji, "JOURNAL OF APPLIED MECHANICAL Analisis Pengaruh Co-Firing Biomassa Terhadap Kinerja Peralatan Boiler PLTU Batubara Unit 1 PT . XYZ," vol. 3, no. 1, pp. 7–15, 2023.
- [16] S. Kasus, W. Bark, P. K. Shell, and F. Alfaruq, "Analisis Tekno-Ekonomi dan Evaluasi Penggunaan Co-firing Multibiomassa pada PLTU Boiler Tipe CFB: Studi Kasus Wood Bark, Palm Kernel Shell, Woodchips dan Limbah Racik Uang Kertas Faqih Alfaruq, Prof. Ir. Tumiran, M.Eng., Ph.D., IPU. ; Prof. Ir. Sarjiya, S.T., MT., Ph.D., IPU.," 2025.
- [17] "BR RAJAGUKGUK, S."
- [18] A. Protection, "Preventing circulating fluidised bed agglomeration and deposition during biomass combustion," vol. 34, no. 1, pp. 3–18, 2013, doi: 10.2478/aoter-



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2013-0001.

- [19] D. Fathur, "Program studi teknik mesin fakultas teknik & sains universitas pembangunan nasional"veteran"jawa timur 2024," 2024.
- [20] S. Kumar, R. Palange, and C. De Blasio, "Sustainable Energy & Fuels Advancements in gasification technologies :," pp. 4793–4831, 2025, doi: 10.1039/d5se00504c.
- [21] R. A. N. Udara, P. S. Tove, H. K. Pemba-, and D. Simanungkalit, "V11 n3," no. November, pp. 521–529, 2020.
- [22] C. V Hei and P. Indonesia, *No Title*.
- [23] L. D. David, "ENGINEERING FOR RURAL," vol. 22, 2023.
- [24] A. Kijo-kleczkowska, A. Gnatowski, M. Szumera, and D. Kwiatkowski, "Application of thermal analysis methods in researches of polyamide , coal fuels and their composites," vol. 22, no. 1, pp. 20–23, 2020.
- [25] S. Sulasminingsih, F. Hafiz, K. Sari, and S. Yuninda, "Penggunaan Biomassa sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik di Wilayah Pedesaan," vol. 01, no. 01, 2023.
- [26] B. A. B. Iii and J. Penelitian, "METODOLOGI PENELITIAN," 2020.
- [27] A. Sanmorino, "DIAGRAM ALIRAN DATA DAN KONSEP BASIS DATA SISTEM," vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2017.
- [28] B. N. Febriyanti, "Teknik pengambilan sampel," pp. 1–17, 2023.
- [29] P. Doktor, I. Pendidikan, P. Universitas, N. Gorontalo, and A. Pendahuluan, "Statistika penelitian," 2020.
- [30] "157152-wawancara-sebagai-salah-satu-metode-peng-7dd0f214.pdf."



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

- | | |
|--------------------------|---|
| 1. Nama | : Alfito Ariq Wicaksono |
| 2. NIM | : 2202431040 |
| 3. Tempat, Tanggal Lahir | : Jakarta, 23 September 2003 |
| 4. Jenis Kelamin | : Laki-Laki |
| 5. Alamat | : Pademangan, Pademangan Timur, Jakarta Utara |
| 6. Email | : Alfitoagt34@gmail.com |
| 7. Pendidikan | : |
| a) SD | : SDN 01 JAKARTA |
| b) SMP | : SMPN 34 JAKARTA |
| c) SMA | : SMAN 40 JAKARTA |
| 8. Program Studi | : D4 – Teknologi Rekayasa Konversi Energi |
| 9. Bidang Peminatan | : Konversi Energi, Penelitian |



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Lampiran 2

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN HASIL PERHITUNGAN BASE TO ACID RATIO, SLAGGING INDEX, DAN FOULING INDEX					
Ringkasan hasil pada kondisi coalfiring, cofiring 5%, dan cofiring 10%					
Jenis Biomassa	Parameter	Unit	Coalfiring	Cofiring 5%	Cofiring 10%
Cangkang Sawit (3 MW)	B/A	-	1,660	0,540	0,530
	Slagging Index	°F	2325,2	2094,8	2127,2
	Fouling Index	-	3,730	1,105	1,250
Sekam Padi (110 MW)	B/A	-	0,290	0,316	0,304
	Slagging Index	°F	2224,4	2152,4	2120,0
	Fouling Index	-	1,480	1,870	1,720
Sawdust (110 MW)	B/A	-	0,290	0,270	0,324
	Slagging Index	°F	2224,4	2274,8	2246,0
	Fouling Index	-	1,480	1,320	1,440
Woodchip (50 MW)	B/A	-	0,380	0,382	0,328
	Slagging Index	°F	2224,4	2177,6	2202,8
	Fouling Index	-	0,750	0,825	0,754
Limbah Racik Uang Kertas/LRUK (25 MW)	B/A	-	0,700	0,820	1,270
	Slagging Index	°F	2130,8	2091,2	2253,2
	Fouling Index	-	2,100	2,800	1,860
Rumus yang digunakan					
Base to Acid Ratio (B/A)	$(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2)$				
Slagging Index (Rs)	$[(4 \times \text{IDT} + \text{HT}) / 5]$, kemudian dikonversi ke °F				
Fouling Index (Rf)	$(\text{B/A}) \times (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$				
Catatan: nilai ringkasan mengikuti hasil perhitungan pada file sumber. Entri Slagging Index cangkang sawit cofiring 10% ditulis 2127,2 °F untuk memperbaiki kesalahan format angka pada file awal.					

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN 2. PERHITUNGAN EFISIENSI BOILER WOODCHIP (50 MW)

$$\text{Rumus: } \eta = \left[\frac{m_s \times (h_g - h_f)}{m_f \times \text{GCV}} \right] \times 100\%$$

Konversi satuan: 1 t/jam = 1.000 kg/jam dan 1 kcal/kg = 4,184 kJ/kg

Coalfiring — Woodchip (50 MW)													
No.	Waktu	Main Steam Flow (t/h)	Main Steam Flow (kg/h)	Main Steam Temp. (°C)	Main Steam Press. (MPa)	hg (kJ/kg)	Coal Flow (t/h)	Coal Flow (kg/h)	GCV (kcal/kg)	GCV (kJ/kg)	Feed Water Press. (MPa)	hf (kJ/kg)	Efisiensi (%)
1	07:52	173.08	173080	534.06	7.16	3491.7	34.40	34400	3931	16447,304	7.10	1272.6	67.88
2	08:31	173.13	173130	534.14	7.17	3491.8	34.45	34450	3935	16464,040	7.11	1273.1	67.72
3	09:01	173.22	173220	534.29	7.18	3492.1	34.55	34550	3943	16497,512	7.12	1273.6	67.42
4	09:35	173.17	173170	534.21	7.18	3491.9	34.50	34500	3939	16480,776	7.12	1273.6	67.56
5	10:01	173.26	173260	534.36	7.19	3492.1	34.60	34600	3947	16514,248	7.13	1274.1	67.26
6	10:36	173.39	173390	534.58	7.21	3492.5	34.75	34750	3959	16564,456	7.15	1275.1	66.79
7	11:01	173.35	173350	534.51	7.20	3492.4	34.70	34700	3955	16547,720	7.14	1274.6	66.95
8	11:33	173.30	173300	534.43	7.20	3492.2	34.65	34650	3951	16530,984	7.14	1274.6	67.09
9	12:01	173.44	173440	534.66	7.22	3492.5	34.80	34800	3963	16561,192	7.16	1275.6	66.63
Rata-rata	-	173.26	173260	534.36	7.19	3492.1	34.60	34600	3947	16514,248	7.16	1275.6	67.21

Cofiring 5% — Woodchip (50 MW)													
No.	Waktu	Main Steam Flow (t/h)	Main Steam Flow (kg/h)	Main Steam Temp. (°C)	Main Steam Press. (MPa)	hg (kJ/kg)	Coal Flow (t/h)	Coal Flow (kg/h)	GCV (kcal/kg)	GCV (kJ/kg)	Feed Water Press. (MPa)	hf (kJ/kg)	Efisiensi (%)
1	07:56	174.66	174660	536.50	6.77	3501.6	29.59	29590	4363	18254,792	6.55	1243.8	73.01
2	08:33	174.71	174710	536.58	6.78	3501.7	29.64	29640	4367	18271,528	6.56	1244.4	72.82
3	09:01	174.84	174840	536.80	6.80	3502.0	29.79	29790	4379	18321,736	6.58	1245.4	72.29
4	09:32	174.75	174750	536.65	6.79	3501.7	29.69	29690	4371	18288,264	6.57	1244.9	72.63
5	10:01	174.89	174890	536.73	6.79	3501.9	29.74	29740	4375	18305,000	6.57	1244.9	72.47
6	10:32	174.88	174880	536.87	6.81	3502.0	29.84	29840	4383	18338,472	6.59	1246.0	72.10
7	11:01	174.93	174930	536.95	6.81	3502.2	29.89	29890	4387	18355,208	6.59	1246.0	71.94
8	11:30	174.97	174970	537.02	6.82	3502.3	29.94	29940	4391	18371,944	6.60	1246.5	71.76
9	12:01	175.02	175020	537.10	6.83	3502.4	29.99	29990	4395	18388,690	6.61	1247.0	71.58
Rata-rata	-	174.84	174840	536.80	6.80	3502.0	29.79	29790	4379	18321,736	6.58	1245.4	72.29

Cofiring 10% — Woodchip (50 MW)													
No.	Waktu	Main Steam Flow (t/h)	Main Steam Flow (kg/h)	Main Steam Temp. (°C)	Main Steam Press. (MPa)	hg (kJ/kg)	Coal Flow (t/h)	Coal Flow (kg/h)	GCV (kcal/kg)	GCV (kJ/kg)	Feed Water Press. (MPa)	hf (kJ/kg)	Efisiensi (%)
1	08:51	173.03	173030	536.89	6.76	3502.6	29.34	29340	4329	18112,536	6.52	1242.2	73.60
2	09:29	173.08	173080	536.97	6.77	3502.7	29.39	29390	4333	18129,272	6.53	1242.8	73.41
3	09:57	173.21	173210	537.19	6.79	3503.0	29.54	29540	4345	18179,480	6.55	1243.8	72.87
4	10:28	173.12	173120	537.04	6.78	3502.8	29.44	29440	4337	18146,008	6.54	1243.3	73.22
5	10:55	173.17	173170	537.12	6.78	3502.9	29.49	29490	4341	18162,744	6.54	1243.3	73.05
6	11:26	173.25	173250	537.26	6.80	3503.1	29.59	29590	4349	18196,216	6.56	1244.4	72.68
7	11:56	173.30	173300	537.34	6.80	3503.3	29.64	29640	4353	18212,952	6.56	1244.4	72.52
8	12:31	173.39	173390	537.49	6.82	3503.4	29.74	29740	4361	18246,424	6.58	1245.4	72.15
9	12:56	173.34	173340	537.41	6.81	3503.3	29.69	29690	4357	18229,688	6.57	1244.9	72.33
Rata-rata	-	173.21	173210	537.19	6.79	3503.0	29.54	29540	4345	18179,480	6.55	1243.8	72.87

LAMPIRAN 3. PERHITUNGAN EFISIENSI BOILER CANGKANG SAWIT (3 MW)

$$\text{Rumus: } \eta = \left[\frac{m_s \times (h_g - h_f)}{m_f \times \text{GCV}} \right] \times 100\%$$

Konversi satuan: 1 t/jam = 1.000 kg/jam dan 1 kcal/kg = 4,184 kJ/kg

Coalfiring — Cangkang Sawit (3 MW)													
No.	Waktu	Main Steam Flow (t/h)	Main Steam Flow (tgh)	Main Steam Temp. (°C)	Main Steam Press. (MPa)	hg (kJ/kg)	Coal Flow (t/h)	Coal Flow (kg/h)	GCV (kcal/kg)	GCV (kJ/kg)	Feed Water Press. (MPa)	hf (kJ/kg)	Efisiensi (%)
1	08:57	63.20	63200	473.70	4.86	3377.0	15.60	15600	3705	15501.720	4.51	1122.8	59.91
2	09:36	63.40	63400	473.82	4.89	3377.1	15.70	15700	3711	15536.824	4.52	1123.5	59.61
3	10:00	63.90	63900	474.06	4.71	3377.5	15.90	15900	3723	15577.032	4.54	1124.8	59.03
4	10:31	63.60	63600	473.94	4.70	3377.3	15.80	15800	3717	15561.308	4.53	1124.1	59.32
5	10:59	64.20	64200	474.30	4.73	3377.8	16.10	16100	3735	15627.240	4.56	1126.1	57.46
6	11:27	64.00	64000	474.18	4.72	3377.6	16.00	16000	3729	15602.136	4.55	1125.5	57.74
7	12:00	64.40	64400	474.42	4.74	3377.9	16.20	16200	3741	15652.344	4.57	1126.8	57.17
8	12:35	64.60	64600	474.54	4.75	3378.1	16.30	16300	3747	15677.448	4.58	1127.5	56.89
9	13:00	64.80	64800	474.66	4.76	3378.2	16.40	16400	3753	15702.552	4.59	1128.1	56.62
Rata-rata	-	64.00	64000	474.18	4.72	3377.6	16.00	16000	3729	15602.136	4.55	1125.5	57.74

Cofiring 5% — Cangkang Sawit (3 MW)													
No.	Waktu	Main Steam Flow (t/h)	Main Steam Flow (kg/h)	Main Steam Temp. (°C)	Main Steam Press. (MPa)	hg (kJ/kg)	Coal Flow (t/h)	Coal Flow (kg/h)	GCV (kcal/kg)	GCV (kJ/kg)	Feed Water Press. (MPa)	hf (kJ/kg)	Efisiensi (%)
1	08:55	64.40	64400	477.45	4.75	3384.7	15.00	15000	4378	18317.552	4.54	1124.8	52.97
2	09:34	64.55	64550	477.60	4.76	3385.1	15.05	15050	4386	18351.024	4.55	1125.5	52.81
3	09:58	64.85	64850	477.90	4.78	3385.5	15.15	15150	4402	18417.968	4.57	1126.8	52.49
4	10:29	64.70	64700	477.75	4.77	3385.3	15.10	15100	4394	18384.496	4.56	1126.1	52.65
5	10:57	65.15	65150	478.20	4.80	3386.0	15.25	15250	4418	18484.912	4.59	1128.1	52.18
6	11:25	65.30	65300	478.35	4.81	3386.2	15.30	15300	4426	18518.384	4.60	1128.8	52.03
7	11:58	65.00	65000	478.05	4.79	3385.8	15.20	15200	4410	18451.440	4.58	1127.5	52.34
8	12:33	65.60	65600	478.65	4.83	3386.7	15.40	15400	4442	18585.328	4.62	1130.1	51.72
9	12:28	65.45	65450	478.50	4.82	3386.4	15.35	15350	4434	18551.856	4.61	1129.4	51.87
Rata-rata	-	65.00	65000	478.05	4.79	3385.9	15.20	15200	4410	18451.440	4.58	1127.5	52.34

Cofiring 10% — Cangkang Sawit (3 MW)													
No.	Waktu	Main Steam Flow (t/h)	Main Steam Flow (kg/h)	Main Steam Temp. (°C)	Main Steam Press. (MPa)	hg (kJ/kg)	Coal Flow (t/h)	Coal Flow (kg/h)	GCV (kcal/kg)	GCV (kJ/kg)	Feed Water Press. (MPa)	hf (kJ/kg)	Efisiensi (%)
1	07:58	63.90	63900	475.28	4.80	3379.2	14.20	14200	3626	15171.184	4.59	1128.1	66.77
2	08:35	64.20	64200	475.52	4.82	3379.5	14.30	14300	3640	15229.760	4.61	1129.4	66.33
3	09:03	64.05	64050	475.40	4.81	3379.3	14.25	14250	3633	15200.472	4.60	1128.8	66.55
4	09:36	64.50	64500	475.76	4.84	3379.8	14.40	14400	3654	15288.336	4.63	1130.8	65.89
5	10:02	64.35	64350	475.64	4.83	3379.6	14.35	14350	3647	15259.048	4.62	1130.1	66.11
6	10:34	64.65	64650	475.88	4.85	3379.9	14.45	14450	3661	15317.624	4.64	1131.4	65.68
7	11:01	64.80	64800	476.00	4.86	3380.1	14.50	14500	3668	15346.912	4.65	1132.1	65.46
8	11:32	64.95	64950	476.12	4.87	3380.3	14.55	14550	3675	15376.200	4.66	1132.7	65.25
9	12:01	65.10	65100	476.24	4.88	3380.4	14.60	14600	3682	15405.488	4.67	1133.4	65.04
Rata-rata	-	64.50	64500	475.76	4.84	3379.9	14.40	14400	3654	15288.336	4.63	1130.8	65.89



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN 4. PERHITUNGAN EFISIENSI BOILER SEKAM PADI (110 MW)

$$\text{Rumus: } \eta = [\text{ms} \times (\text{hg} - \text{hf})] + [\text{mf} \times \text{GCV}] \times 100\%$$

Konversi satuan: 1 t/jam = 1.000 kg/jam dan 1 kcal/kg = 4,184 kJ/kg

Coalfiring — Sekam Padi (110 MW)													
No.	Waktu	Main Steam Flow (t/h)	Main Steam Flow (kg/h)	Main Steam Temp. (°C)	Main Steam Press. (MPa)	hg (kJ/kg)	Coal Flow (t/h)	Coal Flow (kg/h)	GCV (kcal/kg)	GCV (kJ/kg)	Feed Water Press. (MPa)	hf (kJ/kg)	Efisiensi (%)
1	08:04	337,41	337410	530,81	7,29	3482,5	58,07	58070	4709	19702,456	7,19	1277,1	65,04
2	08:35	338,12	338120	531,76	7,37	3484,0	58,72	58720	4738	19823,792	7,22	1278,7	64,06
3	09:05	338,05	338050	531,65	7,40	3483,4	58,87	58870	4742	19840,528	7,27	1281,2	63,74
4	09:42	337,73	337730	531,16	7,32	3483,1	58,33	58330	4716	19731,744	7,25	1280,2	64,64
5	10:05	337,89	337890	531,07	7,33	3482,8	58,18	58180	4724	19765,216	7,30	1282,7	64,65
6	10:39	338,24	338240	531,25	7,30	3483,5	58,39	58390	4711	19710,824	7,33	1284,2	64,63
7	11:05	337,58	337580	531,90	7,38	3484,2	58,63	58630	4731	19794,504	7,32	1283,7	64,01
8	11:34	337,69	337690	531,56	7,36	3483,6	58,78	58780	4747	19861,448	7,35	1285,2	63,59
9	12:07	338,03	338030	530,90	7,31	3482,6	57,99	57990	4707	19694,088	7,29	1282,2	65,13
Rata-rata		337,86	337860	531,34	7,34	3483,3	58,44	58440	4725	19769,400	7,28	1281,7	64,38

Cofiring 5% — Sekam Padi (110 MW)													
No.	Waktu	Main Steam Flow (t/h)	Main Steam Flow (kg/h)	Main Steam Temp. (°C)	Main Steam Press (MPa)	hg (kJ/kg)	Coal Flow (t/h)	Coal Flow (kg/h)	GCV (kcal/kg)	GCV (kJ/kg)	Feed Water Press. (MPa)	hf (kJ/kg)	Efisiensi (%)
1	08:32	358,66	358660	529,96	7,40	3479,3	60,92	60920	4442	18585,328	7,26	1280,7	69,65
2	08:33	359,53	359530	530,76	7,43	3481,0	61,68	61680	4481	18748,504	7,38	1286,7	68,22
3	09:03	358,84	358840	530,27	7,45	3479,6	61,09	61090	4451	18622,984	7,30	1282,7	69,29
4	09:40	359,29	359290	530,92	7,47	3480,9	61,51	61510	4473	18715,032	7,39	1287,2	68,47
5	10:03	359,59	359590	530,12	7,48	3478,9	61,18	61180	4436	18560,224	7,31	1283,2	69,34
6	10:37	359,36	359360	530,47	7,50	3479,5	61,57	61570	4469	18698,296	7,34	1284,7	68,51
7	11:03	358,82	358820	530,44	7,54	3479,0	61,00	61000	4445	18597,800	7,33	1284,2	69,42
8	11:32	359,65	359650	530,05	7,52	3478,3	60,99	60990	4457	18648,088	7,29	1282,2	69,31
9	12:05	359,14	359140	530,61	7,53	3479,5	61,40	61400	4486	18769,424	7,37	1286,2	68,35
Rata-rata		-	359,02	530,40	7,48	3478,6	61,26	61260	4460	18660,640	7,33	1284,2	68,95

Cofiring 10% — Sekam Padi (110 MW)													
No.	Waktu	Main Steam Flow (t/h)	Main Steam Flow (kg/h)	Main Steam Temp. (°C)	Main Steam Press. (MPa)	hg (kJ/kg)	Coal Flow (t/h)	Coal Flow (kg/h)	GCV (kcal/kg)	GCV (kJ/kg)	Feed Water Press. (MPa)	hf (kJ/kg)	Efisiensi (%)
1	09:02	354,78	354780	527,52	7,36	3479,9	69,70	69700	4467	18689,928	6,50	1241,2	60,81
2	09:40	355,63	355630	528,51	7,47	3475,1	70,44	70440	4522	18920,048	6,53	1242,8	59,57
3	10:03	355,13	355130	527,85	7,41	3474,1	70,01	70010	4480	18744,320	6,56	1244,4	60,34
4	10:34	354,92	354920	527,78	7,38	3474,3	69,86	69860	4454	18635,536	6,60	1246,5	60,73
5	10:58	355,81	355810	528,35	7,51	3474,3	70,71	70710	4509	18865,656	6,58	1245,4	59,45
6	11:20	355,34	355340	528,62	7,46	3475,5	70,57	70570	4533	18966,072	6,61	1247,0	59,16
7	11:56	355,66	355660	528,26	7,49	3474,3	70,22	70220	4498	18819,632	6,63	1248,1	59,91
8	12:33	354,97	354970	527,97	7,42	3474,3	69,78	69780	4485	18765,240	6,62	1247,6	60,36
9	12:56	355,01	355010	527,50	7,37	3473,7	69,88	69880	4471	18706,664	6,59	1246,0	60,50
Rata-rata	-	355,25	355250	528,04	7,43	3474,3	70,13	70130	4491	18790,344	6,58	1245,4	60,09

LAMPIRAN 5. PERHITUNGAN EFISIENSI BOILER SAWDUST (110 MW)

$$\text{Rumus: } \eta = [\text{ms} \times (\text{hg} - \text{hf})] + [\text{mf} \times \text{GCV}] \times 100\%$$

Konversi satuan: 1 t/jam = 1.000 kg/jam dan 1 kcal/kg = 4,184 kJ/kg

Coalfiring — Sawdust (110 MW)													
No.	Waktu	Main Steam Flow (t/h)	Main Steam Flow (kg/h)	Main Steam Temp. (°C)	Main Steam Press. (MPa)	hg (kJ/kg)	Coal Flow (t/h)	Coal Flow (kg/h)	GCV (kcal/kg)	GCV (kJ/kg)	Feed Water Press. (MPa)	hf (kJ/kg)	Efisiensi (%)
1	08:04	337,41	337410	530,81	7,29	3482,5	58,07	58070	4709	19702,456	7,19	1277,1	65,04
2	08:35	338,12	338120	531,76	7,37	3484,0	58,72	58720	4738	19823,792	7,22	1278,7	64,06
3	09:05	338,05	338050	531,65	7,40	3483,4	58,87	58870	4742	19840,528	7,27	1281,2	63,74
4	09:42	337,73	337730	531,16	7,32	3483,1	58,33	58330	4716	19731,744	7,25	1280,2	64,64
5	10:05	337,89	337890	531,07	7,33	3482,8	58,18	58180	4724	19765,216	7,30	1282,7	64,65
6	10:39	338,24	338240	531,25	7,30	3483,5	58,39	58390	4711	19710,824	7,33	1284,2	64,63
7	11:05	337,58	337580	531,90	7,38	3484,2	58,63	58630	4731	19794,504	7,32	1283,7	64,01
8	11:34	337,69	337690	531,56	7,36	3483,6	58,78	58780	4747	19861,448	7,35	1285,2	63,59
9	12:07	338,03	338030	530,90	7,31	3482,6	57,99	57990	4707	19694,088	7,29	1282,2	65,13
Rata-rata	-	337,86	337860	531,34	7,34	3483,3	58,44	58440	4725	19769,400	7,28	1281,7	64,38

Cofiring 5% — Sawdust (110 MW)													
No.	Waktu	Main Steam Flow (t/h)	Main Steam Flow (kg/h)	Main Steam Temp. (°C)	Main Steam Press. (MPa)	hg (kJ/kg)	Coal Flow (t/h)	Coal Flow (kg/h)	GCV (kcal/kg)	GCV (kJ/kg)	Feed Water Press. (MPa)	hf (kJ/kg)	Efisiensi (%)
1	07:55	361.12	361120	536.23	7.37	3494.8	69.56	69560	4390	18367.76	7.24	1279.7	62.61
2	08:33	362.11	362110	536.87	7.48	3495.2	70.29	70290	4447	18606.248	7.38	1286.7	61.15
3	09:06	361.56	361560	537.20	7.35	3497.3	69.83	69830	4412	18459.808	7.29	1282.2	62.13
4	09:38	361.89	361890	536.17	7.43	3494.0	70.52	70520	4439	18572.776	7.41	1288.2	60.95
5	10:05	361.34	361340	536.78	7.46	3495.2	69.92	69920	4399	18405.416	7.31	1283.2	62.11
6	10:36	362.31	362310	536.40	7.38	3495.1	70.35	70350	4455	18639.720	7.36	1285.7	61.05
7	11:02	361.76	361760	536.69	7.42	3495.4	69.69	69690	4428	18526.752	7.27	1281.2	62.04
8	11:37	361.41	361410	536.26	7.49	3493.6	70.11	70110	4406	18434.704	7.34	1284.7	61.77
9	12:02	361.62	361620	536.89	7.31	3497.0	69.73	69730	4413	18463.992	7.28	1281.7	62.22
Rata-rata	-	361.68	361680	536.61	7.41	3495.3	70.00	70000	4421	18497.464	7.32	1283.7	61.78

Cofiring 10% — Sawdust (110 MW)													
No.	Waktu	Main Steam Flow (t/h)	Main Steam Flow (kg/h)	Main Steam Temp. (°C)	Main Steam Press. (MPa)	hg (kJ/kg)	Coal Flow (t/h)	Coal Flow (kg/h)	GCV (kcal/kg)	GCV (kJ/kg)	Feed Water Press. (MPa)	hf (kJ/kg)	Efisiensi (%)
1	09:03	371.30	371300	538.12	7.30	3500.1	80.21	80210	4306	18016.304	7.24	1279.7	57.05
2	09:35	371.94	371940	539.11	7.40	3501.4	81.20	81200	4387	18355.208	7.35	1285.2	55.31
3	10:08	372.27	372270	537.94	7.35	3497.7	80.65	80650	4331	18120.904	7.22	1278.7	56.52
4	10:32	371.24	371240	538.59	7.45	3499.7	80.98	80980	4375	18305.000	7.30	1282.7	55.52
5	10:55	371.85	371850	538.33	7.32	3500.4	80.43	80430	4338	18150.192	7.33	1284.2	56.45
6	11:33	371.47	371470	538.74	7.41	3500.4	81.40	81400	4399	18405.416	7.25	1280.5	55.04
7	11:57	371.76	371760	538.17	7.38	3499.4	80.85	80850	4323	18087.432	7.29	1282.2	56.37
8	12:36	371.33	371330	538.45	7.43	3499.5	80.50	80500	4358	18233.872	7.36	1285.7	56.00
9	13:02	371.96	371960	538.15	7.29	3500.2	80.71	80710	4333	18129.272	7.18	1276.6	56.53
Rata-rata	-	371.68	371680	538.40	7.37	3500.0	80.77	80770	4350	18200.400	7.28	1281.7	56.09



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN 6. PERHITUNGAN EFISIENSI BOILER LUK (25 MW)

$$\text{Rumus: } \eta = \left[\frac{m_s \times (h_g - h_f)}{m_f \times \text{GCV}} \right] \times 100\%$$

Konversi satuan: 1 t/jam = 1.000 kg/jam dan 1 kcal/kg = 4,184 kJ/kg

Coalfiring — LRUK (25 MW)													
No.	Waktu	Main Steam Flow (t/h)	Main Steam Flow (kg/h)	Main Steam Temp. (°C)	Main Steam Press (MPa)	hg (kJ/kg)	Coal Flow (t/h)	Coal Flow (kg/h)	GCV (kcal/kg)	GCV (kJ/kg)	Feed Water Press (MPa)	hf (kJ/kg)	Efisiensi (%)
1	08:04	126.03	126030	562.55	6.26	3568.3	23.49	23490	4428	18526,752	6.23	1226.5	67.82
2	08:39	127.12	127120	563.19	6.41	3568.5	24.04	24040	4491	18790,344	6.35	1233.1	65.72
3	09:05	126.37	126370	562.40	6.32	3567.4	23.62	23620	4449	18614,616	6.25	1227.6	67.25
4	09:36	126.14	126140	562.74	6.30	3568.4	23.53	23530	4437	18564,408	6.20	1224.9	67.67
5	10:04	126.79	126790	563.34	6.43	3568.6	24.19	24190	4508	18861,472	6.32	1231.4	64.95
6	10:40	126.26	126260	562.67	6.42	3567.1	24.08	24080	4499	18823,816	6.34	1232.5	65.03
7	11:02	127.01	127010	563.60	6.37	3569.3	23.96	23960	4482	18752,688	6.30	1230.3	66.13
8	11:31	126.68	126680	563.02	6.31	3569.0	23.69	23690	4445	18597,890	6.27	1228.7	67.29
9	12:02	126.10	126100	562.68	6.33	3568.0	23.60	23600	4455	18639,720	6.26	1228.2	67.07
Rata-rata	-	126.50	126500	562.91	6.35	3568.4	23.80	23800	4466	18685,744	6.28	1229.3	66.54

Cofiring 5% — LRUUK (25 MW)													
No.	Waktu	Main Steam Flow (t/h)	Main Steam Flow (kg/h)	Main Steam Temp. (°C)	Main Steam Press. (MPa)	hg (kJ/kg)	Coal Flow (t/h)	Coal Flow (kg/h)	GCV (kcal/kg)	GCV (kJ/kg)	Feed Water Press. (MPa)	hf (kJ/kg)	Efisiensi (%)
1	08:02	123.85	123850	560.57	6.88	3557.9	22.59	22590	4569	19116.696	6.64	1248.6	66.23
2	08:37	124.80	124800	561.32	7.03	3558.3	23.02	23020	4643	19426.312	6.77	1265.5	64.27
3	09:03	124.02	124020	560.69	6.91	3557.9	22.51	22510	4585	19183.640	6.67	1250.2	66.28
4	09:34	124.67	124670	561.64	6.98	3558.5	23.25	23250	4668	19530.912	6.81	1257.6	63.20
5	10:02	123.71	123710	560.92	6.86	3558.9	22.72	22720	4593	19217.112	6.70	1251.8	65.37
6	10:38	124.40	124400	561.39	6.96	3559.1	23.11	23110	4636	19397.024	6.78	1256.0	63.91
7	11:00	124.59	124590	560.84	6.99	3557.5	22.76	22760	4576	19145.904	6.75	1254.4	65.85
8	11:29	124.11	124110	561.53	6.93	3559.7	23.15	23150	4660	19407.440	6.86	1249.7	63.52
9	12:00	123.92	123920	560.64	6.92	3557.7	22.45	22450	4578	19154.352	6.79	1256.5	66.32
Rata-rata	-	124.23	124230	561.06	6.94	3558.6	22.84	22840	4612	19296.608	6.73	1253.4	64.98

Cofiring 10% — LRUK (25 MW)													
No.	Waktu	Main Steam Flow (t/h)	Main Steam Flow (kg/h)	Main Steam Temp. (°C)	Main Steam Press. (MPa)	hg (kJ/kg)	Coal Flow (t/h)	Coal Flow (kg/h)	GCV (kcal/kg)	GCV (kJ/kg)	Feed Water Press. (MPa)	hf (kJ/kg)	Efisiensi (%)
1	09:06	133.08	133080	562.69	6.12	3570.0	23.45	23450	4433	18547.672	6.04	1216.0	72.03
2	09:36	134.17	134170	563.48	6.24	3570.7	24.01	24010	4522	18920.048	6.16	1222.6	69.35
3	10:07	133.46	133460	562.53	6.09	3569.9	23.49	23490	4456	18643.904	6.01	1214.3	71.78
4	10:36	134.46	134460	563.34	6.20	3570.8	24.13	24130	4546	19020.464	6.13	1221.0	68.84
5	11:06	133.35	133350	562.82	6.15	3570.0	23.38	23380	4467	18689.928	6.06	1217.1	71.80
6	11:37	133.88	133880	563.59	6.26	3570.8	23.80	23800	4511	18874.024	6.11	1219.9	70.07
7	12:09	134.24	134240	562.64	6.13	3569.7	23.92	23920	4529	18949.336	6.14	1221.5	69.54
8	12:42	133.27	133270	563.06	6.18	3570.3	23.30	23300	4450	18618.800	6.07	1217.6	72.28
9	13:06	133.30	133300	562.58	6.16	3569.3	23.55	23550	4451	18622.984	6.00	1213.7	71.60
Rata-rata	-	133.69	133690	562.97	6.17	3570.2	23.67	23670	4485	18765.240	6.08	1218.2	70.79

LAMPIRAN DATA PENGUJIAN EMISI – SEKAM PADI (110 MW)

Perbandingan kondisi coalfiring, cofiring 5%, dan cofiring 10%

Coalfiring (110 MW)					Cofiring 5%				Cofiring 10%			
No.	Waktu	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)	Waktu	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)	Waktu	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)
1	08:04	1050.2	194.5	12.80	08:32	1079.5	195.5	12.70	08:02	998.3	191.4	12.60
2	08:35	1056.2	195.1	12.88	08:33	1085.5	196.1	12.78	09:40	1004.3	192.0	12.68
3	09:05	1061.2	195.6	12.92	09:03	1090.5	196.6	12.82	10:03	1009.3	192.5	12.72
4	09:42	1065.2	196.1	12.97	09:40	1094.5	197.1	12.87	10:34	1013.3	193.0	12.77
5	10:05	1068.2	196.5	13.00	10:03	1097.5	197.5	12.90	10:58	1016.3	193.4	12.80
6	10:39	1072.2	197.0	13.04	10:37	1101.5	198.0	12.94	11:20	1020.3	193.9	12.84
7	11:05	1076.2	197.3	13.07	11:03	1105.5	198.3	12.97	11:56	1024.3	194.2	12.87
8	11:34	1080.2	197.8	13.13	11:32	1109.5	198.8	13.03	12:33	1028.3	194.7	12.93
9	12:07	1084.2	198.6	13.19	12:05	1113.5	199.6	13.09	12:56	1032.3	195.5	12.99
	Rata-rata	1068,2	196,5	13,00	Rata-rata	1097,5	197,5	12,90	Rata-rata	1016,3	193,4	12,80
Kondisi	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)									
Coalfiring	1068,2	196,5	13,00									
cofiring 5'	1097,5	197,5	12,90									
cofiring 10'	1016,3	193,4	12,80									



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN DATA PENGUJIAN EMISI – SAWDUST (110 MW)

Perbandingan kondisi coalfiring, cofiring 5%, dan cofiring 10%

No.	Coalfiring (110 MW)				Cofiring 5%				Cofiring 10%			
	Waktu	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)	Waktu	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)	Waktu	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)
1	08:04	1050,2	194,5	12,80	07:55	1042,6	191,2	12,75	09:03	914,6	184,5	12,55
2	08:35	1056,2	195,1	12,88	08:33	1048,6	191,8	12,83	09:35	920,6	185,1	12,63
3	09:05	1061,2	195,6	12,92	09:06	1053,6	192,3	12,87	10:08	925,6	185,6	12,67
4	09:42	1065,2	196,1	12,97	09:38	1057,6	192,8	12,92	10:32	929,6	186,1	12,72
5	10:05	1068,2	196,5	13,00	10:05	1060,6	193,2	12,95	10:55	932,6	186,5	12,75
6	10:39	1072,2	197,0	13,04	10:36	1064,6	193,7	12,99	11:33	936,6	187,0	12,79
7	11:05	1076,2	197,3	13,07	11:02	1068,6	194,0	13,02	11:57	940,6	187,3	12,82
8	11:34	1080,2	197,8	13,13	11:37	1072,6	194,5	13,08	12:36	944,6	187,8	12,88
9	12:07	1084,2	198,6	13,19	12:02	1076,6	195,3	13,14	13:02	948,6	188,6	12,94
Rata-rata		1068,2	196,5	13,00	Rata-rata	1060,6	193,2	12,95	Rata-rata	932,6	186,5	12,75

Kondisi	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)
Coalfiring	1068,2	196,5	13,00
cofiring 5%	1060,6	193,2	12,95
cofiring 10%	932,6	186,5	12,75

LAMPIRAN DATA PENGUJIAN EMISI – CANGKANG SAWIT (3 MW)

Perbandingan kondisi coalfiring, cofiring 5%, dan cofiring 10%

No.	Coalfiring (3 MW)				Cofiring 5%				Cofiring 10%			
	Waktu	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)	Waktu	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)	Waktu	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)
1	08:57	36,4	317,3	7,86	08:55	269,4	294,2	7,02	07:58	137,5	254,8	7,18
2	09:36	39,2	326,5	8,41	09:34	283,1	306,8	7,46	08:35	145,2	266,2	7,61
3	10:00	37,1	320,8	8,12	09:58	276,5	299,4	7,25	09:03	141,6	259,5	7,36
4	10:31	40,5	331,2	8,55	10:29	291,2	312,1	7,58	09:36	148,3	270,4	7,72
5	10:58	35,8	315,9	7,98	10:57	271,8	295,7	7,11	10:02	138,4	256,9	7,23
6	11:27	38,6	324,7	8,25	11:25	280,6	303,6	7,34	10:34	143,7	263,7	7,44
7	12:00	41,3	328,6	8,47	11:58	286,9	309,3	7,49	11:01	146,8	267,5	7,59
8	12:35	36,9	319,4	8,05	12:33	273,7	297,5	7,18	11:32	139,5	258,3	7,31
9	13:00	36,2	313,6	8,11	12:28	268,8	290,4	7,27	12:01	136,0	251,6	7,16
Rata-rata		38,0	322,0	8,20	Rata-rata	278,0	301,0	7,30	Rata-rata	142,0	261,0	7,40

Kondisi	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)
Coalfiring	38,0	322,0	8,20
cofiring 5%	278,0	301,0	7,30
cofiring 10%	142,0	261,0	7,40

LAMPIRAN DATA PENGUJIAN EMISI – WOODCHIP (50 MW)

Perbandingan kondisi coalfiring, cofiring 5%, dan cofiring 10%

No.	Coalfiring (50 MW)				Cofiring 5%				Cofiring 10%			
	Waktu	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)	Waktu	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)	Waktu	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)
1	07:52	8,2	256,1	12,85	07:56	50,9	290,1	13,35	08:51	180,4	309,7	12,95
2	08:31	11,5	264,4	13,22	08:33	54,2	298,4	13,72	09:29	183,7	318,0	13,32
3	09:01	8,7	257,6	12,92	09:01	51,4	291,6	13,42	09:57	180,9	311,2	13,02
4	09:35	10,9	263,6	13,14	09:32	53,6	297,6	13,64	10:28	183,1	317,2	13,24
5	10:01	7,6	253,2	12,80	10:01	50,3	287,2	13,30	10:55	179,8	306,8	12,90
6	10:36	10,3	261,9	13,11	10:32	53,0	295,9	13,61	11:26	182,5	315,5	13,21
7	11:01	9,7	260,1	13,06	11:01	52,4	294,1	13,56	11:56	181,9	313,7	13,16
8	11:33	8,0	255,0	12,88	11:30	50,7	289,0	13,38	12:31	180,2	308,6	12,98
9	12:01	9,7	260,9	13,02	12:01	52,4	294,9	13,52	12:56	181,9	314,5	13,12
Rata-rata		9,4	259,2	13,00	Rata-rata	52,1	293,2	13,50	Rata-rata	181,6	312,8	13,10

Kondisi	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)
Coalfiring	9,4	259,2	13,00
cofiring 5%	52,1	293,2	13,50
cofiring 10%	181,6	312,8	13,10

LAMPIRAN DATA PENGUJIAN EMISI – LRUK (25 MW)

Perbandingan kondisi coalfiring, cofiring 5%, dan cofiring 10%

No.	Coalfiring (25 MW)				Cofiring 5%				Cofiring 10%			
	Waktu	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)	Waktu	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)	Waktu	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)
1	08:04	144,6	138,0	13,54	08:02	189,0	235,0	15,00	09:06	150,3	130,2	14,14
2	08:39	150,3	142,3	13,91	08:37	191,0	237,0	15,10	09:36	156,0	134,5	14,51
3	09:05	145,4	138,6	13,59	09:03	193,0	239,0	15,30	10:07	151,1	130,8	14,19
4	09:36	149,6	141,7	13,84	09:34	192,0	238,0	15,20	10:36	155,3	133,9	14,44
5	10:04	144,0	137,4	13,50	10:02	194,0	240,0	15,40	11:06	149,7	129,6	14,10
6	10:40	148,9	141,0	13,79	10:38	190,0	236,0	15,10	11:37	154,6	133,2	14,39
7	11:02	148,1	140,5	13,77	11:00	193,0	239,0	15,20	12:09	153,8	132,7	14,37
8	11:31	146,1	139,1	13,62	11:29	191,0	237,0	15,20	12:42	151,8	131,3	14,22
9	12:02	147,8	140,5	13,74	12:00	195,0	241,0	15,30	13:06	153,5	132,7	14,34
Rata-rata		147,2	139,9	13,70	Rata-rata	192,0	238,0	15,20	Rata-rata	152,9	132,1	14,30

Kondisi	SO ₂ (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)
Coalfiring	147,2	139,9	13,70
cofiring 5%	192,0	238,0	15,20
cofiring 10%	152,9	132,1	14,30