

**ANALISIS PENGARUH *CO-FIRING* BIOMASSA TERHADAP  
KINERJA AIR *PREHEATER* PADA *FLUEGAS SYSTEM* DI PT**

**PLN INDONESIA POWER UPK ASAM ASAM**

**SKRIPSI**

**Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana S-1**



**MOHD AZLAN**

**1910816210025**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**

**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN**

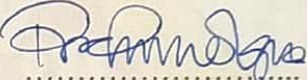
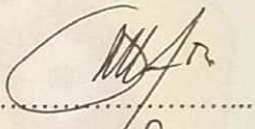
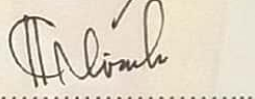
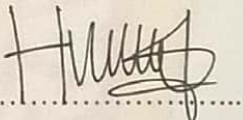
**Analisis Pengaruh *Co-Firing* Biomassa Terhadap Kinerja *Air Preheater* Pada  
*Fluegas System* Di PT PLN Indonesia Power UPK Asam Asam**

Oleh  
**Mohd Azlan (1910816210025)**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 26 Juni 2023 dan dinyatakan

**L U L U S**

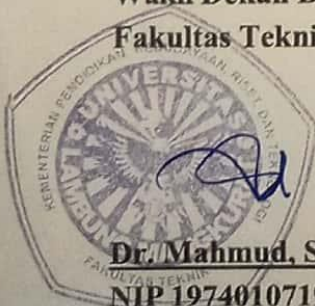
**Komite Penguji :**

<b>Ketua</b>	: Dr. Ir. Rachmat Subagyo, S.T., M.T., IPM., ACPE NIP 197608052008121001	
<b>Anggota 1</b>	: Prof. Dr. Abdul Ghofur, M.T. NIP 197007171998021001	
<b>Anggota 2</b>	: Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T. NIP 199203222019031010	
<b>Pembimbing Utama</b>	: Herry Irawansyah S.T., M.Eng. NIP 199002212018031001	

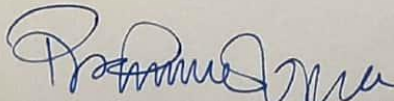
Banjarbaru, Juni 2023  
diketahui dan disahkan oleh:

**Wakil Dekan Bidang Akademik  
Fakultas Teknik ULM,**

**Koordinator Program Studi  
S-1 Teknik Mesin,**



**Dr. Mahmud, S.T., M.T.**  
NIP 197401071998021001

  
**Dr. Ir. Rachmat Subagyo, S.T., M.T., IPM. ACPE**  
NIP 197608052008121001

## **IDENTITAS**

### **JUDUL SKRIPSI :**

**ANALISIS PENGARUH *CO-FIRING* BIOMASSA TERHADAP KINERJA  
*AIR PREHEATER* PADA *FLUEGAS SYSTEM* DI PT PLN INDONESIA  
POWER UPK ASAM ASAM**

Nama Mahasiswa : Mohd Azlan

NIM : 1910816210025

### **KOMITE PEMBIMBING**

Pembimbing : Herry Irawansyah S.T., M.Eng.

### **KOMITE PENGUJI**

Dosen Penguji I : Dr. Rachmat Subagyo, S.T., M.T., IPM., ACPE

Dosen Penguji II : Prof. Dr. Abdul Ghofur, M.T.

Dosen Penguji III : Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T.

Waktu dan Tempat Ujian Skripsi

Seminar Proposal : Selasa, 06 Desember 2023

Seminar Hasil : Kamis, 04 Mei 2023

Ujian Akhir : Senin, 26 Juni 2023

Tempat : Ruang Sidang PSTM FT ULM

SK Penguji :












## LEMBAR KONSULTASI




### SKRIPSI

Nama : Mohd Azlan

NIM : 1910816210025

Judul : Analisis Pengaruh *Co-Firing* Biomassa Terhadap Kinerja Air  
*Preheater* Pada *Fluegas System* Di PLTU Asam-Asam

No.	Tanggal	Materi Konsultasi	TTD
	2 Desember 2022	Tambahkan Latar Belakang mengapa judul ini di angkat	
		Perjelas tujuan dan metode penelitian	
		Tambahkan referensi yang relevan untuk menguatkan dasar penelitian	
		Cek kembali penulisan, sesuaikan dengan pedoman	
		Gunakana software manajemen referensi seperti mendeley	
		Cek kembali metode penelitian yang digunakan	
		Judul penelitian dapat disesuaikan lagi	
		Acc seminar proposal	
	1 Januari 2023	Perbaiki grafik analisa pembahasan, cari referensi pembanding	
	14 Januari 2023	Analisa dikaitkan dengan pembanding yang relevan	
	30 April 2023	Acc seminar hasil	

	7 Juni 2023	Tambahkan narasi pengaruh co-firing pada penggunaan di air preheater	
		Buat kesimpulan menjadi lebih mengalir	
		Acc sidang akhir	

Banjarbaru, 21 Juni 2023

Dosen Pembimbing



Herry Irawansyah, S.T., M. Eng

199002212018031001

## **ORISINALITAS PENELITIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah Penelitian Skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di perguruan tinggi, terkecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan Skripsi, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diprotes sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Banjarbaru, Juni 2023

Mohd Azlan  
NIM. 1910816210025

## **RIWAYAT HIDUP**

Mohd Azlan lahir di Tawau, 05 Mei 1998. Putra ke 7 dari ayah Samsuddin dan Ibu Tina. SD Negeri 011 Nunukan (2011-2012), SMP Negeri 1 Nunukan (2012-2015), SMA Negeri 1 Nunukan (2015-2018). Studi di Program Teknik Mesin di Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan tahun 2019.

Banjarbaru, Juni 2023

Mohd Azlan  
NIM. 1910816210025

## UCAPAN TERIMAKASIH

Puji Syukur atas kehadiran Tuhan yang Maha Esa sehingga atas izin-Nya penulis akhirnya dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh *Co-Firing* Biomassa Terhadap Kinerja *Air Preheater* Pada *Fluegas System* Di PT PLN Indonesia Power UPK Asam Asam”.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya Skripsi ini tak terlepas dari campur tangan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ahmad Alim Bachri, S.E., M.Si, selaku Rektor Universitas Lambung Mangkurat.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Iphan Fitriani Radam, S.T., M.T., IPU selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
3. Bapak Dr. Mahmud, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan I Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
4. Bapak Dr. Rachmat Subagyo, S.T., M.T., IPM., ACPE selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
5. Bapak Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan saran masukan selama saya menjadi mahasiswa sampai ke tahap pengerjaan Skripsi ini.
6. Bapak Herry Irawansyah, S.T., M. Eng., selaku Dosen Pembimbing dalam penyelesaian Skripsi, yang telah mendorong, membimbing dan memberikan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan Skripsi ini.

Akhir kata, penulis mengucapkan permohonan maaf atas segala kekurangan dan kekhilafan. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat dan masukan bagi pembacanya.

Banjarbaru, Juni 2023

Mohd Azlan  
NIM. 1910816210025



## RINGKASAN

Mohd Azlan, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Juni 2023. Analisis Pengaruh *Co-Firing* Biomassa Terhadap Kinerja *Air Preheater* Pada *Fluegas System* Di PT PLN Indonesia Power UPK Asam Asam ; Komisi Pembimbing: Herry Irawansyah, S.T., M.Eng. Ketua : Dr. Rachmat Subagyo, S.T., M.T. Anggota I : Prof. Dr. Abdul Ghofur, S.T.,M.T. Anggota II : Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T.

*Air Preheater* Unit 4 UPK Asam Asam digunakan untuk memanaskan udara pembakaran di boiler dari hisapan udara *FD Fan* yang sekaligus menurunkan temperatur fluegas hasil pembakaran. Penambahan *co-firing biomassa* jenis *sawdust* mempengaruhi nilai efektivitas dari *Air Preheater* yang dapat berkontribusi menurunkan nilai *flue gas exit temperature* sebesar 1,27%. Penelitian untuk mengetahui efektivitas *Air Preheater* dilakukan dengan variasi *co-firing* yaitu 0% *co-firing*, 3% *co-firing* dan 5% *co-firing*. Hasil analisis berdasarkan perhitungan yang dilakukan menunjukkan penambahan *co-firing* jenis *sawdust* sebesar 3% dan 5% mempengaruhi kinerja dari *Air Preheater* dengan nilai (epsilon) efektivitas € 0,8840 dan tanpa *co-firing* sebesar € 0,8795. Nilai kalor yang rendah pada *co-firing sawdust* mempengaruhi *flue exit gas temperature* sehingga membuat *Air Preheater* lebih efektif dengan penambahan *co-firing sawdust*. Nilai kebocoran *Air Preheater* juga mengalami penurunan setelah penambahan *co-firing*. Pada penambahan 0% *co-firing* terjadi kebocoran udara sebesar 7,014%. Pada data penggunaan *co-firing* 3% terjadi kebocoran sebesar 4,432 %. Pada data penggunaan *co-firing* 5% terjadi kebocoran sebesar 4,507%. Penelitian ini memberikan wawasan yang luas dalam dunia industri pembangkit listrik untuk kedepannya yang juga menyesuaikan dengan himbauan pemerintah untuk mendukung kegiatan EBT baik didunia pendidikan maupun industri.

Kata kunci : *Air Preheater*, *Sawdust Co-firing*, *Fluegas*, Efektivitas

## **SUMMARY**

Mohd Azlan, *Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Lambung Mangkurat University, June 2023. Analysis of the Effect of Biomass Co-Firing on the Performance of Air Preheater in the Fluegas System at PT PLN Indonesia Power UPK Asam Asam ; Advisory Commission: Herry Irawansyah, S.T., M.Eng. Chairman : Dr. Rachmat Subagyo, S.T., M.T. Member I : Prof. Dr. Abdul Ghofur, S.T.,M.T. Member II : Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T.*

*Air Preheater Unit 4 UPK Asam Asam is used to heat the combustion air in the boiler from the FD Fan air suction at the same time lowers the temperature of the combustion fluegas. The addition of sawdust co-firing biomass affects the effectiveness of Air Preheater, that can contribute to reducing the value of flue exit gas temperature until 1.27%. The research was conducted with variations of 0% co-firing, 3% co-firing and 5% co-firing. Calculation analysis shows the addition of sawdust type co-firing of 3% and 5% affects the performance of Air Preheater with an effectiveness (epsilon) value of  $\epsilon 0.8840$  and without co-firing of  $\epsilon 0.8795$ . Low calorific value of the co-firing sawdust reduces the flue exit gas temperature that making the Air Preheater effective.. Air Preheater leakage also decreased after addition the co-firing. At the addition of 3% co-firing the leak was 4.432% and 5% co-firing 4.507%. This research provides broad insight into the world of the power generation industry for the future and also conforms to government calls to support renewable energy activities both in the world of education and industry.*

*Keywords : Air Preheater, Sawdust Co-firing, Fluegas, effectiveness*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga Skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh *Co-Firing* Biomassa Terhadap Kinerja *Air Preheater* Pada *Fluegas System* Di PT PLN Indonesia Power UPK Asam Asam” ini dapat tersusun dan terselesaikan dengan baik.

Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam penyusunan Skripsi ini, yang hanya dengan bantuan berbagai pihak, maka Skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Rachmat Subagyo, S.T., M.T. selaku Ketua program Studi Teknik mesin, Universitas Lambung Mangkurat.
2. Bapak Herry Irawansyah, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing dalam penyelesaian Proposal Skripsi, yang telah mendorong, membimbing dan memberikan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan Proposal Skripsi ini.
3. Bapak Dr. Rachmat Subagyo, S.T., M.T., Dr. Abdul Ghofur, S.T., M.T. dan Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin ULM yang telah memberikan pengajaran ilmu selama perkuliahan dan sebagai penunjang dalam penulisan skripsi ini.
5. Kedua orang tua serta seluruh anggota keluarga yang telah memberikan dorongan yang berupa materi maupun moral.
6. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
7. Pihak lainnya yang turut serta membantu yang tidak dapat disebutkan penulis satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan yang tidak disengaja. Oleh karena itu penulis mengharapkan adanya penelitian lebih lanjut. Akhir kata, semoga Skripsi ini berguna bagi pengembangan ilmu.

Banjarbaru,.....

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
IDENTITAS .....	ii
LEMBAR KONSULTASI .....	iii
ORISINALITAS PENELITIAN SKRIPSI .....	v
RIWAYAT HIDUP .....	vi
UCAPAN TERIMAKASIH .....	vii
RINGKASAN .....	viii
<i>SUMMARY</i> .....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II LANDASAN TEORI .....	5
2.1 Air Preheater .....	5
2.2 Regenerative Air Preheater .....	5
2.2.1 <i>Rothemühle</i> .....	6
2.2.2 <i>Ljungstrom Air Preheater</i> .....	7

2.3	Komponen Air Preheater .....	8
2.3.1	<i>Heating Element</i> .....	8
2.3.2	<i>Sealing System</i> .....	9
2.3.3	Penggerak Rotor .....	11
2.4	Teori Pembakaran .....	11
2.4.1	Batubara .....	12
2.4.2	<i>Co-firing Sawdust</i> .....	12
2.5	Dasar Teori .....	16
2.5.1	Proses Konversi Energi .....	16
2.5.2	Siklus Rankine <i>Reheat Ideal</i> .....	17
2.5.3	<i>Fluegas System</i> .....	18
2.5.4	Perpindahan Panas .....	19
2.6	Efektivitas Performansi Air Preheater .....	21
2.6.1	Kesetimbangan Energi .....	21
2.6.2	Laju Kapasitas Panas .....	22
2.6.3	Laju Aliran Panas Maksimum .....	22
2.6.4	Log Mean Temperature Difference (LMTD) .....	23
2.6.5	Luas Permukaan <i>Air Preheater</i> .....	24
2.6.6	<i>Number of Transfer Units (NTU Methods)</i> .....	24
2.6.7	Efektivitas .....	25
2.6.8	Kebocoran Udara ( <i>Air Leakage</i> ) .....	27
2.7	Maintenance .....	28
2.8	Kajian Pustaka .....	29
BAB III METODE PENELITIAN .....		32
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	32
3.2	Alat dan Bahan Penelitian .....	32

3.2.1	Alat.....	32
3.2.2	Bahan.....	34
3.3	Metode Penelitian.....	34
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	38
3.5	Variabel Penelitian .....	39
3.6	Prosedur Penelitian.....	39
3.7	Analisa Data .....	40
BAB IV HASIL & PEMBAHASAN.....		41
4.1	Data Operasi <i>Air Preheater</i> pada Beban 65 MW di PLTU Asam Asam Unit 4 41	
4.2	Perhitungan Data .....	45
4.2.1	Perhitungan Efektivitas <i>Air Preheater</i> .....	45
4.3	Perhitungan Kebocoran Udara .....	59
4.3.1	Kebocoran Udara <i>Air Preheater</i> data commissioning .....	59
4.3.2	Kebocoran Udara <i>Air Preheater</i> tanpa co-firing.....	59
4.3.3	Kebocoran Udara <i>Air Preheater</i> co-firing 3% .....	59
4.3.4	Kebocoran Udara <i>Air Preheater</i> co-firing 5% .....	60
4.4	Analisis Data .....	60
4.4.1	Analisis Laju Aliran Panas Maksimum.....	60
4.4.2	Analisis Laju Aliran Panas Udara .....	61
4.4.3	Analisis Laju Aliran Panas <i>Fluegas</i> .....	62
4.4.4	Analisis Kapasitas Panas.....	63
4.4.5	Analisa Log Mean Temperature Difference (LMTD) .....	64
4.4.6	Analisa Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan (U).....	65
4.4.7	Analisa <i>Number Transfer Unit</i> (NTU).....	66
4.4.8	Analisis Efektivitas .....	67

4.4.9	Analisis Kebocoran Udara ( <i>Air Leakage</i> ).....	68
4.5	Pembahasan.....	69
4.6	Uji Manova.....	70
BAB V PENUTUP.....		72
5.1	Kesimpulan.....	72
5.2	Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA .....		73
LAMPIRAN.....		76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ljungstrom <i>Air Preheater</i> .....	5
Gambar 2. 2 Rothemule <i>Air Preheater</i> .....	7
Gambar 2. 3 Ljungstrom <i>Air Preheater</i> .....	8
Gambar 2. 4 Heating Elements .....	9
Gambar 2. 5 Radial Seal.....	10
Gambar 2. 6 Axial Seal .....	10
Gambar 2. 7 Circumferential Seal.....	11
Gambar 2. 8 Metode Co-firing dengan batubara .....	13
Gambar 2. 9 Proses Konversi Energi PLTU .....	17
Gambar 2. 10 Siklus Rankine Reheat Ideal .....	18
Gambar 2. 11 Jalur Aliran Kebocoran <i>Air Preheater</i> .....	27
Gambar 3. 1 Diagarm Alir Penelitian .....	38
Gambar 4. 1 Laju Aliran Panas Maksimum.....	60
Gambar 4. 2 Laju Aliran Panas Udara .....	61
Gambar 4. 3 Laju Aliran Panas <i>Fluegas</i> .....	62
Gambar 4. 4 Kapasitas Panas .....	63
Gambar 4. 5 Log Mean Temperature Difference.....	64
Gambar 4. 6 Konduktansi Termal.....	65
Gambar 4. 7 <i>Number Transfer Unit</i> .....	66
Gambar 4. 8 Efektivitas.....	67
Gambar 4. 9 Kebocoran Udara <i>Air Preheater</i> .....	68
Gambar 4. 10 Hubungan NTU – Kapasitas Panas - Efektivitas .....	69



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi dan parameter fisik dari beberapa macam batubara .....	12
Tabel 3. 1 Data-data yang diperlukan untuk perhitungan .....	35
Tabel 3. 2 Jadwal kegiatan penelitian .....	40
Tabel 4. 1 Data parameter <i>Air Preheater</i> Unit 4 Non Co-firing .....	41
Tabel 4. 2 Lanjutan Non Co-firing .....	42
Tabel 4. 3 Data parameter <i>Air Preheater</i> Unit 4 Co-firing 3% .....	42
Tabel 4. 4 Lanjutan 3% co-firing .....	43
Tabel 4. 5 Data parameter <i>Air Preheater</i> Unit 4 Co-firing 5% .....	43
Tabel 4. 6 Lanjutan Co-firing 5% .....	44
Tabel 4. 7 Data parameter <i>Air Leakage Air Preheater</i> Unit 4 PLTU Asam Asam45	
Tabel 4. 8 Variabel Independent dan Variabel Dependent .....	70