

**ANALISIS SISTEM PEMBAKARAN DAN EFISIENSI BOILER CFB
DENGAN PENDEKATAN *HEAT RATE PLANT***

SKRIPSI

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



**HOSEA GAFELI ASMIN
1910816310017**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

**ANALISIS SISTEM PEMBAKARAN DAN EFISIENSI BOILER CFB
DENGAN PENDEKATAN *HEAT RATE PLANT***

Oleh

Hosea Gafeli Asmin (1910816310017)

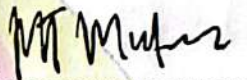
Telah dipertahankan di depan tim penguji pada 13 Juli 2026 dan dinyatakan

LULUS

Komite Penguji :

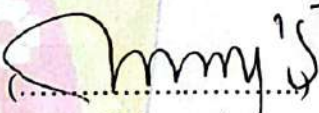
Ketua

Prof. Dr. Mastiadi Tamjidillah, S.T., M.T.
NIP.197608052008121001


(.....)

Anggota 1

Dr. Ir. Rudi Siswanto, S.T., M. Eng.
NIP.19680607201605108001


(.....)

Anggota 2

Ir. Ma'ruf, S.T., M.T.
NIP.197601282008121002


(.....)

Pembimbing Utama

Ir. Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T.
NIP.199203222019031010


(.....)

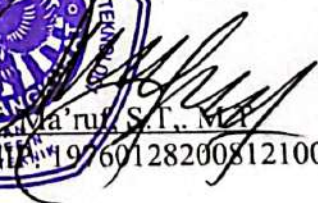
Banjarbaru, 29 JUL 2026
diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,


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



Ketua Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik ULM,


Ir. Ma'ruf, S.T., M.T.
NIP. 197601282008121002



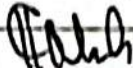
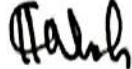
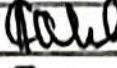
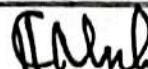
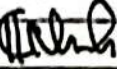
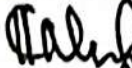
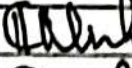
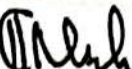
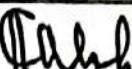
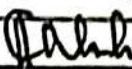
LEMBAR KONSULTASI

SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Hosen Gafeli Asmin

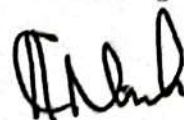
NIM : 1910816310017

Judul Skripsi : ANALISIS SISTEM PEMBAKARAN DAN EFISIENSI
BOILER CFB DENGAN PENDEKATAN HEAT RATE
PLANT

NO	Tanggal	Materi Konsultasi	TTD
1	09/02/2026	Revisi BAB I	
2	20/02/2026	Kurangnya kutipan dan Pembahasan masalah	
3	02/03/2026	Revisi BAB II perbaiki format	
4	09/03/2026	Tambahan kutipan dan teori pendukung	
5	30/03/2026	Pergantian variabel bebas menjadi deskriptif	
6	06/04/2026	Penambahan spek boiler	
7	13/04/2026	Perbaiki flow chart dan tambahkan referensi pada rumus	
8	04/05/2026	Tambahkan referensi dari buku	
9	11/05/2026	Penyebab naik turunnya efisiensi ditambahkan	
10	02/06/2026	Tabel data disesuaikan dengan panduan	
11	15/06/2026	Masukkan Materi Sistem Rankine pada laporan	
12	29/06/2026	ACC	

Banjarbaru, 7 Juli 2026

Dosen Pembimbing



M Nizar Ramadhan, ST, MT

NIP : 199203222019031010

Riwayat Hidup

Hosea Gafeli Asmin lahir di Kuala Kapuas, Kalimantan Tengah, 28 Maret 2001. Putra ke 1 dari ayah Risbend Asmin, S.E dan ibu Novita, SH, M.n. Pernah bersekolah di SD Katolik Santo Paulu Kuala Kapuas (2007-2013), SMP Negeri 1 Selat Kuala Kapuas (2013-2016), SMA Negeri 1 Selat Kuala Kapuas (2016-2019). Dan Studi di Program Teknik Mesin di Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan.

Banjarbaru, 13 Juli 2026

Hosea Gafeli Asmin

NIM. 1910816310017

UCAPAN TERIMA KASIH

Haleluya, segala puji syukur kepada Yesus Kristus karena karunia, berkah dan kasih sayang-Nya sehingga atas izin-Nya penulis akhirnya dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Analisis Sistem Pembakaran Dan Efisiensi Boiler CFB Dengan Pendekatan *Heat Rate Plant*.” Penulis menyadari bahwa terselesaikannya Skripsi ini tak terlepas dari campur tangan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua, dan adik-adik tercinta yang saya sayangi, serta keluarga besar yang sudah memberikan dukungan dan motivasi serta do'a dan restu sehingga penulis dapat menyelesaikan studi
2. Bapak M Nizar Ramadhan, ST, MT, selaku dosen pembimbing dan dosen PA saya di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, yang telah memberikan banyak masukan, bimbingan serta arahan baik secara moral, materi, dan teori, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Bapak Prof. Dr. Mastiadi Tamjidillah, S.T., M.T., Dr. Ir. Rudi Siswanto, S.T., M. Eng., dan Ir. Ma'ruf, S.T., M.T. Selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan dalam perbaikan tugas akhir ini
4. Pihak PLN Nusantara Power Pulang Pisau. Bapak M. Faisol, pak Bambang, pak Gio, pak Adi, dan seluruh rekan-rekan SO yang sudah memberikan data, izin serta masukan dalam menunjang penelitian ini.
5. Teman seperjuangan saya, Nur Muhammad Abi Bakrin yang sama berjuang menyelesaikan tugas akhir, yang sudah memberikan bantuan dan semangat selama menggarap tugas akhir ini.

6. Semua sahabat dan seluruh teman-teman di grup 9 Naga, khususnya untuk I Gde Wira, Nagashi, Daffa, Rizal, Willyan, Oliver Vincent Tuah, Ridho, Bagas, Haikal, Hafizh, dan teman teman lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Atas segala masukan, semangat dan bantuan baik itu secara mental maupun materi.
7. Semua teman-teman seperjuangan Teknik Mesin, khususnya untuk angkatan 21 dan angkatan 22 yang sudah memberikan bantuan, semangat serta saran buat penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang sudah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis.

Semoga laporan hasil tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa serta pembaca sekalian.

Banjarbaru, Juli 2026

Penulis

Hosea Gafeli Asmin

RINGKASAN

ANALISIS SISTEM PEMBAKARAN DAN EFISIENSI BOILER DENGAN PENDEKATAN HEAT RATE PLANT

Boiler Circulating Fluidized Bed (CFB) merupakan komponen vital pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berbahan bakar batu bara, yang berfungsi sebagai sistem utama untuk mengubah energi bahan bakar menjadi energi termal guna menghasilkan uap. Kinerja *boiler* sangat dipengaruhi oleh proses pembakaran dan *plant heat rate*, yang keduanya berkaitan langsung dengan efisiensi termal secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem pembakaran dan efisiensi boiler menggunakan pendekatan *plant heat rate* di PLTU PLN Nusantara Power Pulang Pisau. Metode deskriptif kuantitatif diterapkan dengan menggunakan data operasional yang dikumpulkan dari bulan Agustus hingga November, mencakup parameter konsumsi bahan bakar, masukan panas (*heat input*), *heat rate*, dan kehilangan panas. Efisiensi *boiler* dievaluasi menggunakan metode tidak langsung dengan menganalisis kehilangan panas yang terjadi selama proses pembakaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi *heat rate* dipengaruhi oleh kualitas pembakaran, kehilangan panas gas buang kering, kadar air bahan bakar, kandungan hidrogen, udara berlebih (*excess air*), kebocoran pada pemanas udara (*air heater*), dan konsumsi daya bantu. Peningkatan *heat rate* menyebabkan penurunan efisiensi *boiler*, sedangkan pengendalian parameter pembakaran yang tepat dapat mengurangi kehilangan panas dan meningkatkan kinerja termal *boiler*. Oleh karena itu, pendekatan *plant heat rate* terbukti menjadi indikator yang efektif untuk mengevaluasi kinerja pembakaran dan efisiensi boiler pada PLTU berbasis teknologi CFB.

Kata kunci: *boiler*, efisiensi *boiler*, *heat rate*, sistem pembakaran, pembangkit listrik tenaga uap.

SUMMARY

ANALYSIS OF COMBUSTION SYSTEM AND CFB BOILER EFFICIENCY USING A PLANT HEAT RATE APPROACH

The Circulating Fluidized Bed (CFB) boiler is a critical component in coal-fired steam power plants, serving as the primary system for converting fuel energy into thermal energy for steam generation. Boiler performance is strongly influenced by the combustion process and the plant heat rate, both of which are directly related to overall thermal efficiency. This study aims to analyze the combustion system and boiler efficiency using the plant heat rate approach at the PLN Nusantara Power Pulang Pisau Steam Power Plant. A quantitative descriptive method was employed using operational data collected from August to November, including fuel consumption, heat input, heat rate, and heat loss parameters. Boiler efficiency was evaluated using the indirect method by analyzing heat losses occurring during the combustion process. The results indicate that variations in heat rate are affected by combustion quality, dry flue gas loss, fuel moisture, hydrogen content, excess air, air heater leakage, and auxiliary power consumption. An increase in heat rate leads to a decrease in boiler efficiency, whereas proper control of combustion parameters reduces heat losses and improves boiler thermal performance. Therefore, the plant heat rate approach is proven to be an effective indicator for evaluating combustion performance and boiler efficiency in CFB-based steam power plants.

Keywords: *boiler, boiler efficiency, heat rate, combustion system, steam power plant.*

KATA PENGANTAR

Atas berkat rahmat Allah Yang Maha Kuasa, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi. Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam penyusunan laporan skripsi ini, yang hanya dengan bantuan berbagai pihak, maka laporan skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. M. Nizar Ramadhan, M.T. selaku dosen pembimbing, atas saran dan arahannya selama penulisan laporan ini.
2. Bapak M.Faisol dan rekan-rekan kerja dari tim *System Owner* PLTU PLN.Nusantara Power Pulang Pisau, atas izin dan arahannya dalam mengerjakan laporan ini.
3. Kedua orang tua serta seluruh anggota keluarga yang telah memberikan dorongan yang berupa materi maupun moral.
4. Rekan-rekan mahasiswa Universitas Lambung Mangkurat serta teman-teman yang bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan saran dan gagasannya selama penulisan laporan ini

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan yang tidak disengaja. Oleh karena itu harap dimaklumkan dan penulis mengharapkan adanya penelitian lebih lanjut. Akhir kata, semoga penelitian ini berguna untuk pengembangan ilmu dan teknologi khususnya dalam bidang pengelolaan energi.

Banjarbaru,

Penulis

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR KONSULTASI.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
RINGKASAN.....	vi
SUMMARY.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Pembatasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Penelitian Terdahulu.....	4
2.2 Teori Dasar.....	6
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	6
2.4 Pengenalan Tentang Boiler.....	7
2.5 Tipe-Tipe Boiler.....	8
2.5.1 Klasifikasi Umum.....	9
2.5.2 Klasifikasi Boiler Pipa Air Berdasarkan Pembakaran.....	10
2.6 Mengenal Tentang Boiler CFB.....	18
2.7 Spesifikasi Batu Bara.....	20
2.7.1 Teori In-situ.....	20
2.7.2 Teori Drift.....	21
2.7.3 Jenis-Jenis Batu Bara.....	22
2.8 Spesifikasi Bed.....	25

2.9 Furnace.....	26
2.10 Burner.....	27
2.11 Air System.....	29
2.12 Water Wall Tube.....	31
2.13 Drum Boiler.....	34
2.14 Superheater.....	36
2.15 Economizer.....	38
2.16 Air Preheater.....	38
2.17 Sootblower.....	39
2.18 Electrostatic Precipitator (ESP).....	41
2.19 Teori Pendukung.....	42
2.19.1 <i>Heat Rate</i> Pada Pembangkit.....	42
2.19.2 Konsumsi Bahan Bakar/ <i>Specific Fuel Consumption</i>	43
2.19.3 Efisiensi Boiler.....	43
2.19.4 Hubungan <i>Heat Rate</i>	44
2.19.5 Menghitung Efisiensi Listrik dengan <i>NPHR (Net Plant Heat Rate)</i>	45
2.20 Siklus Rankine.....	46
2.20.1 Proses Kompresi pada <i>Feed Water Pum</i>	46
2.20.2 Proses Penambahan Kalor pada Boiler.....	47
2.20.3 Proses Ekspansi pada Turbin Uap.....	48
2.20.4 Proses Kondensasi.....	49
2.20.5 Penerapan Siklus Rankine Pada Operasi PLTU.....	50
2.20.6 Hubungan Siklus Rankine terhadap Kinerja Boiler.....	51
2.20.7 Hubungan Siklus Rankine dengan <i>Heat Rate</i> PLTU.....	51
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	53
3.1 Lokasi dan Waktu.....	53
3.2 Objek Penelitian.....	53
3.3 Variabel Penelitian.....	54
3.4 Analisis dan Proses Pengumpulan Data.....	55
3.5 Data Pelengkap.....	56
3.6 Metode Perhitungan.....	56
3.6.1 Metode Langsung (<i>Direct</i>).....	56

3.6.2 Metode Tidak Langsung (In-Direct).....	57
3.7 Pengolahan Data.....	58
3.8 Flow Chart.....	59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	60
4.1 Analisis dan Hasil Penelitian.....	60
4.2 Menghitung kebutuhan Kalor pada proses pembakaran.....	62
4.3 Analisis Heat Rate.....	64
4.4 Analisis Efisiensi Boiler.....	67
4.4.1 Analisis Kehilangan Kalor.....	68
4.4.2 Perhitungan Efisiensi Boiler.....	71
4.5 Faktor-Faktor dan Akibat dari Kehilangan Panas.....	73
4.5.1 Pengaruh Dry Flue Gas Loss terhadap Efisiensi Boiler.....	74
4.5.2 Pengaruh Fuel Moisture Loss terhadap Sistem Pembakaran.....	75
4.5.3 Pengaruh Air Heater Leakage terhadap Efisiensi Boiler.....	75
4.5.4 Dampak Total Heat Loss terhadap Efisiensi Boiler.....	76
BAB V PENUTUP.....	78
5.1 Kesimpulan.....	78
5.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA.....	81
LAMPIRAN.....	86