

**S PERFORMANCE DAN TEKNO EKONOMI PADA PLTU BOILER CIRCULATING
FLUIDIZED BED PASCA OVERHAUL**

Tesis

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



Disusun Oleh :

MUHAMMAD KHAIRUL AMIN

30000421420046

**PROGRAM MAGISTER ENERGI
SEKOLAH PASCA SARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

PERSETUJUAN UJIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini. Dosen Pembimbing dari :

Yang bertanda tangan di bawah ini. Dosen Pembimbing dari :

Mahasiswa : Muhammad Khairul Amin
NIM : 30000421420046
Program Studi : Magister Energi
Judul Tesis : ANALISIS PERFORMANCE DAN TEKNO EKONOMI PADA
PLTU BOILER CIRCULATING FLUIDIZED BED PASCA
OVERHAUL

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah melaksanakan Ujian Proposal Tesis dan Ujian Seminar Hasil Tesis sehingga menyetujui dan layak untuk melaksanakan Ujian Tesis.

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Semarang, 14 Juli 2023



Muhammad Khairul Amin
NIM. 30000421420046

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

Semarang, 14 Juli 2023

Muhammad Khairul Amin
NIM. 30000421420046

HALAMAN PENGESAHAN

TESIS

**ANALISIS PERFORMANCE DAN TEKNO EKONOMI PADA PLTU BOILER
CIRCULATING FLUIDIZED BED PASCA OVERHAUL**

Disusun Oleh :

MUHAMMAD KHAIRUL AMIN

30000421420046

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji

Pada tanggal, 02 Agustus 2023

MUHAMMAD KHAIRUL AMIN
30000421420046

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji
Pada tanggal, XX xxxxx 2023

Tim Penguji,

Pembimbing Pertama

Penguji Pertama

Dr. Ir. Sulardjaka S.T., M.T., IPU, ASEAN Eng.
NIP. 197102071995121001

Dr. Ir. Jaka Windarta, M.T., IPU, Asean.Eng
NIP. 196405261989031002

Pembimbing Kedua

Penguji Kedua

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

Prof. Dr. Ir. Hadiyanto, S.T., M.Sc., IPU
NIP. 197510281999031004

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

Tanggal, XX xxxxx 2023

Ketua Program Studi Magister Energi

Dekan Sekolah Pascasarjana

Dr. Ir. Jaka Windarta, M.T., IPU, Asean.Eng
NIP. 196405261989031002

Dr. RB. Sularto, S.H., M. Hum
NIP. 196701011991031005

PERNYATAAN PERSETUJUAN

PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Khairul Amin
NIM : 30000421420046
Program Studi : Magister Energi
Sekolah : Program Pascasarjana
Jenis Karya : Tesis

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

“ANALISIS *PERFORMANCE* DAN TEKNO EKONOMI PADA PLTU BOILER *CIRCULATING FLUIDIZED BED* PASCA OVERHAUL

Beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Program Studi Magister Energi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database) merawat, dan mempublikasikan tesis saya selama mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dibuat di: Semarang
Pada Tanggal, 14 Juli 2023
Yang menyatakan

Muhammad Khairul Amin
30000421420046

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tesis yang berjudul “**ANALISIS *PERFORMANCE* DAN TEKNO EKONOMI PADA PLTU BOILER *CIRCULATING FLUIDIZED BED* PASCA OVERHAUL**”. Proposal tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Magister Energi, Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

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

1. Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum selaku Dekan Pasca sarjana, Universitas Diponegoro Semarang.

2. Dr.Ir.Jaka Windarta,S.T,M.T selaku Ketua Program Studi Magister Energi Universitas Diponegoro Semarang.
3. Dr.Ir.Sularjaka,S.T,M.T.,IPU,ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing Pertama atas waktu, tenaga, petunjuk, dan keramah-tamahannya dalam membimbing penulis mengerjakan proposal tesis.
4. Dr.Singgih Saptadi,S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing Kedua atas waktu, tenaga, petunjuk, dan keramah-tamahannya dalam membimbing penulis mengerjakan proposal ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen Magister Energi yang telah memberikan pengajaran yang sangat luar biasa kepada penulis.
6. Keluarga yang selalu memberikan dukungan secara totalitas khususnya ibu dan seluruh keluarga tercinta
7. Teman – teman Magister Energi yang selalu mendukung dan memberi semangat kepada penulis.

Akhir kata penulis memohon maaf apabila terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan proposal ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan guna penyempurnaan dan pengembangan proposal ini kearah yang lebih baik.Mudah-mudahan usaha penyusunan proposal ini memperoleh ridha dari Allah SWT. Aamiin.

Semarang, Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN UJIAN TESIS.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
INTISARI	xiii
ABSTRACT.....	xiv
PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
I.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
I.2 Perumusan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
I.3 Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
I.4 Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
I.5 Originalitas Penelitian	Error! Bookmark not defined.
DASAR TEORI	Error! Bookmark not defined.
II.1 Landasan teori	Error! Bookmark not defined.
II.2 PLTU.....	Error! Bookmark not defined.
II.3 Boiler.....	Error! Bookmark not defined.
II.4 Boiler CFB	Error! Bookmark not defined.
II.5 Bagian Boiler CFB	Error! Bookmark not defined.
II.6 Efisiensi.....	Error! Bookmark not defined.
II.7 Audit energi.....	Error! Bookmark not defined.
II.8 Listrik Pemakaian Sendiri	Error! Bookmark not defined.

II.9	Analisa Efisiensi Boiler.....	Error! Bookmark not defined.
II.10	Analisa Turbine Heat Rate	Error! Bookmark not defined.
II.11	Analisa Plant Heat Rate.....	Error! Bookmark not defined.
II.12	Perubahan Parameter Operasi dan Kinerja Peralatan Utama Terhadap NPHR.....	Error! Bookmark not defined.
II.13	Analisis Tekno Ekonomi	Error! Bookmark not defined.
II.14	Uji T.....	Error! Bookmark not defined.
II.15	Kenaikan Biaya bahan bakar karena kenaikan heat rate.....	Error! Bookmark not defined.
METODOLOGI PENELITIAN.....		Error! Bookmark not defined.
III.1	Lokasi Penelitian	Error! Bookmark not defined.
III.2	Jadwal Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
III.3	Jenis Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
III.4	Kerangka Pikir Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
III.5	Ruang Lingkup Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
III.6	Jenis dan Sumber Data	Error! Bookmark not defined.
III.7	Teknik Pengumpulan Data.....	Error! Bookmark not defined.
III.8	Teknik Analisa Data.....	Error! Bookmark not defined.
PEMBAHASAN.....		Error! Bookmark not defined.
IV.1	Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
IV.2	Analisis Batubara sebelum dan sesudah Overhaul.....	Error! Bookmark not defined.
IV.3	Parameter utama hasil <i>performance test</i> sebelum dan sesudah <i>Overhaul</i>	Error! Bookmark not defined.
IV.4	Menghitung Efisiensi Boiler Metode <i>Input-Output (Direct)</i>	Error! Bookmark not defined.
IV.5	Menghitung Efisiensi Boiler Metode <i>Heat Loss (Indirect)</i>	Error! Bookmark not defined.
IV.6	Menghitung <i>Turbine heat rate</i> sebelum dan sesudah <i>Overhaul</i>	Error! Bookmark not defined.
IV.7	Menghitung <i>Net Plant heat rate</i> sebelum dan sesudah <i>Overhaul</i>	Error! Bookmark not defined.
IV.8	Analisis kinerja <i>Air heater</i> Pasca Overhaul	Error! Bookmark not defined.
IV.9	Analisis deviasi NPHR pasca overhaul dan pada waktu komisioning.....	Error! Bookmark not defined.
IV.10	Uji T.....	Error! Bookmark not defined.

IV.11	Analisis tekno ekonomi	Error! Bookmark not defined.
IV.12	Rekomendasi Perbaikan	Error! Bookmark not defined.
KESIMPULAN DAN SARAN.....		Error! Bookmark not defined.
V.1	Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
V.2	Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA		Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....		Error! Bookmark not defined.
Lampiran A. Pengambilan data lapangan parameter operasi beban 50%		Error! Bookmark not defined.
Lampiran B. Pengambilan data lapangan parameter operasi beban 75%		Error! Bookmark not defined.
Lampiran C. Pengambilan data lapangan parameter operasi beban 100%		Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel I.1	Ringkasan Penelitian Terdahulu.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel II.1	Nilai NPHR Sebelum Dilakukan Overhaul.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel II.2	Faktor Perubahan NPHR Akibat Perubahan Nilai Parameter Operasi (Southern Company, 2004).....	Error! Bookmark not defined.
Tabel II.3	Tabel Informasi Harga Pekerjaan Serious Inspection PLTU XYZ #2	Error! Bookmark not defined.
Tabel III.1	Rencana Waktu Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Tabel III.2	Tabel Perhitungan Efisiensi Metode <i>Input-Output</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel III.3	Tabel Perhitungan Efisiensi Metode <i>Heat Loss</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel III.4	Hasil Analisis Deviasi NPHR	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1	Hasil Analisis Ultimate dan Proximate Pada batubara sebelum overhaul	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.2	Hasil Analisis Ultimate dan Proximate Pada batubara setelah overhaul	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.3	Hasil rata rata parameter operasi utama sebelum dan sesudah overhaul beban 50%	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.4	Hasil rata rata parameter operasi utama sebelum dan sesudah overhaul beban 75%	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.5	Hasil rata rata parameter operasi utama sebelum dan sesudah overhaul beban 100%	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.6	Hasil perhitungan nilai efisiensi boiler metode langsung pada beban 100%	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.7	Hasil perhitungan nilai efisiensi boiler metode tidak langsung pada beban 50%	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.8	Hasil perhitungan nilai efisiensi boiler metode tidak langsung pada beban 75%	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.9	Hasil perhitungan nilai efisiensi boiler metode tidak langsung pada beban 100%	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.10	Hasil perhitungan turbine heat rate sebelum dan sesudah pada beban 50%	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.11	Hasil perhitungan turbine heat rate sebelum dan sesudah pada beban 75%	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.12	Hasil perhitungan turbine heat rate sebelum dan sesudah pada beban 100%	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.13	Hasil perhitungan Net plant heat rate sebelum dan sesudah pada beban 50%	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.14	Hasil perhitungan Net plant heat rate sebelum dan sesudah pada beban 75%	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.15	Hasil perhitungan Net plant heat rate sebelum dan sesudah pada beban 100%	Error! Bookmark not defined.
Table 4.16	data pengukuran dan Analisis nilai air heater leakage	Error! Bookmark not defined.

Table 4.17 data analisis temperature koreksi gas buang pada outlet air heater tanpa kebocoran udara.....**Error! Bookmark not defined.**

Table 4.18 data analisis nilai air heater effectiveness.....**Error! Bookmark not defined.**

Table 4.19 data performance test pasca Overhaul dan pada saat komisioning**Error! Bookmark not defined.**

Table 4.20 data temperature nilai outlet flue gas sebelum dan sesudah overhaul**Error! Bookmark not defined.**

Table 4.21 data hasil uji one sample statistics**Error! Bookmark not defined.**

Table 4.22 data hasil uji one sample test**Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.23 Tabel rekomendasi perbaikan**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kebutuhan Energi Dunia.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. Prediksi kebutuhan Energi Indonesia.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. Lokasi Air Heater PLTU 25 MW	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4 .Sistem Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5. Boiler Circulating Fluidized Bed	Error! Bookmark not defined.
Gambar 6. Komponen Utama Boiler CFB.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 7. Bagian Furnace Boiler CFB	Error! Bookmark not defined.
Gambar 8. Komponen Cyclone Boiler CFB	Error! Bookmark not defined.
Gambar 9. Komponen Backpass Boiler CFB	Error! Bookmark not defined.
Gambar 10. Air Heater dengan Tipe Recuperatif	Error! Bookmark not defined.
Gambar 11. Air Heater dengan Tipe Regenerative.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 12. Skema Daya Neto dan Daya Gross Power Plant.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 13. Efisiensi Thermal Boiler	Error! Bookmark not defined.
Gambar 14. Ruang Lingkup Perhitungan NPHR dan GPHR Serta Efisiensi Boiler	Error! Bookmark not defined.
Gambar 15. Uji T	Error! Bookmark not defined.
Gambar 16. Diagram Alur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 17. Tampilan DCS PLTU XYZ	Error! Bookmark not defined.
Gambar 18. Grafik antara waktu pengujian dan temperature outlet flue gas sebelum dan sesudah overhaul beban 50%	Error! Bookmark not defined.
Gambar 19. Grafik antara waktu pengujian dan temperature outlet flue gas sebelum dan sesudah overhaul beban 75%	Error! Bookmark not defined.
Gambar 20. Grafik antara waktu pengujian dan temperature outlet flue gas sebelum dan sesudah overhaul beban 100%	Error! Bookmark not defined.
Gambar 20. Siklus uap 1 turbin	Error! Bookmark not defined.
Gambar 21 . diagram pareto <i>heat rate loss</i>	Error! Bookmark not defined.

INTISARI

Semua negara didunia memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap energi. Prediksi kebutuhan energi terus meningkat dari tahun tahunnya pada semua negara sehingga diperlukan langkah langkah penghematan. Salah satu langkah penghematan yang bisa dilakukan pada industry pembangkit listrik adalah *overhaul*. *Overhaul* merupakan kegiatan pemeliharaan yang wajib dilakukan secara periodik untuk mempertahankan performa NPHR pembangkit listrik mendekati seperti pada saat kondisi awal dibangun. Penelitian ini menguji bagaimanakah performance PLTU *Circulating fluidized bed* sebelum dan sesudah *overhaul* dengan pekerjaan tambahan upgrade tube air heater sebanyak 365 tube. Penelitian ini juga meneliti bagaimanakah analisis tekno ekonomi pada pekerjaan overhaul ini. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui performa pembangkit listrik sebelum dan sesudah overhaul, (2) mengetahui bagaimana *performance* PLTU pada beban 50%, 75%, dan 100%. , (3) Memberikan rekomendasi perbaikan kinerja efisiensi energi , (4) Menganalisis tekno ekonomi kegiatan *overhaul* dengan type *serious inspection*. Hasil dari penelitian ini menjelaskan bahwa ketiga perlakuan pola pembebanan pasca overhaul memberikan dampak yang baik bagi PLTU yakni berupa menurunnya NPHR pasca pekerjaan overhaul. Dampak dari menurunnya nilai NPHR pasca *overhaul* pada PLTU ini adalah dapat menghemat biaya kebutuhan bahan bakar sebesar 17,5 Miliar rupiah per tahunnya. Biaya untuk pekerjaan overhaul ini adalah 14,9 Miliar rupiah sehingga dalam 1 tahun bisa menghemat sekitar 2,6 Miliar rupiah.

Kata Kunci: *Overhaul, PLTU, NPHR, Circulating fluidized bed boiler, Air heater, Penghematan*

ABSTRACT

All countries in the world have a high dependence on energy. Prediction of energy demand continues to increase from year to year in all countries so that savings measures are needed. One of the savings measures that can be taken in the power generation industry is overhauling. Overhaul is a maintenance activity that must be carried out periodically to maintain the NPHR performance of the power plant close to what it was when the initial conditions were built. This study examines how the performance of the Circulating fluidized bed Power plant before and after the overhaul with the additional work of upgrading the tube air heater as many as 365 tubes. This study also examines how the techno-economic analysis of this overhaul works. This study aims to (1) determine the performance of the power plant before and after overhaul, (2) determine how the performance of the PLTU is at 50%, 75% and 100% load. , (3) Providing recommendations for improving energy efficiency performance, (4) Analyzing the techno-economics of overhaul activities with a type of serious inspection. The results of this study explain that the three treatments of the post-overhaul loading pattern have a good impact on the PLTU, namely in the form of a decrease in the NPHR after the overhaul work. The impact of the reduced post-overhaul NPHR value at this PLTU is that it can save fuel costs of 17.5 billion rupiah per year. The cost for this overhaul work is 14.9 billion rupiah so that in 1 year it can save around 2.6 billion rupiah.

Keywords: *Overhaul, Power Plant , NPHR, Circulating fluidized bed boiler, Air heater, Savings*