

**ANALISIS EFISIENSI BOILER DAN NPHR DENGAN PENGGUNAAN
SOOTBLOWER DI PLTU BERKAPASITAS 315 MW**



TRI YOGA UTAMA

NIM: 41322120033

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA 2024

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PENINGKATAN EFISIENSI BOILER DAN PENURUNAN *NET PLANT HEAT RATE* (NPHR) DENGAN PENGGUNAAN *SOOTBLOWER* SECARA BERKALA DI PLTU LONTAR EXTENSION (1x315MW)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

Nama : Tri Yoga Utama
NIM : 41322120033
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)

JUNI 2024

HALAMAN PENGESAHAN


Laporan Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Tri Yoga Utama
NIM : 41322120033
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Laporan Skripsi : ANALISIS EFISIENSI BOILER DAN NPHR
DENGAN PENGGUNAAN *SOOTBLOWER* DI
PLTU BERKAPASITAS 315 MW.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Disahkan Oleh:

Pembimbing : Dr. Nanang Ruhyat, S.T., M.T. ()
NIDN : 0323027301

Penguji 1 : Henry Carles, S.T., M.T. ()
NIDN : 0301087304

Penguji 2 : Subekti, S.T., M.T. ()
NIDN : 0323117307

Jakarta, 25 Juni 2024

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.

NIDN. 0307037202



Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T.

NIDN. 0005087502

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tri Yoga Utama
NIM : 41322120033
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Laporan Skripsi : Analisis Efisiensi Boiler Dan NPHR Dengan Penggunaan *Sootblower* Di PLTU Berkapasitas 315 MW.

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana

Demikian Pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan

UNIVERSITAS Jakarta, 25 Juni 2024
MERCU BUANA



16163ALX230656193
(Tri Yoga Utama)

PENGHARGAAN

Puji Syukur kepada Tuhan yang Maha Esa Allah SWT, berkar Rahmat dan Anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul ***“Analisis Efisiensi Boiler Dan NPHR Dengan Penggunaan Sootblower Di PLTU Berkapasitas 315 MW.”*** Sebagai syarat pemenuhan kelulusan Strata 1 Program Studi Teknik Mesin di Universitas Mercu Buana.

Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis menyadari banyak mendapatkan dukungan, bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Andi Adriansyah, M. Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Ibu Dr. Ir. Zulfa Fitri Ikatrunasari, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana
4. Bapak Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana
5. Bapak Dr. Nanang Ruhyat, S.T., M.T., Dosen Pembimbing Tugas Akhir, atas kesabaran, arahan, dan motivasi yang diberikan dalam proses penulisan.
6. Almarhum Bapak Haryono dan Ibu Maryati, orang tua penulis, yang selalu memberikan dukungan moral, doa, dan motivasi dalam setiap langkah hidup.
7. Teman-teman kerja di lingkungan Proyek PLTU Lontar Extension yang pada akhir tahun 2024 ini akan berpisah dan semoga semakin sukses di tempat yang baru.
8. Teman-teman di Universitas Mercu Buana, atas kolaborasi, dukungan, dan bantuan selama perjalanan perkuliahan.

9. Semua pihak yang turut membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, meskipun tidak dapat disebutkan satu per satu, tetapi kontribusinya sangat berarti bagi kesuksesan penulisan ini.

Pada bagian terakhir ini, penulis ingin menegaskan kesadaran bahwa masih banyak kekurangan dalam laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat menghargai kritik dan saran dari semua pihak dan pembaca. Dengan penerimaan kritik dan saran tersebut, diharapkan laporan ini dapat terus berkembang dan menjadi lebih baik di masa mendatang.



Jakarta, 25 Juni 2024

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Yoga'.

Tri Yoga Utama

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Analisis Efisiensi Boiler Dan NPHR Dengan Penggunaan *Sootblower* Di PLTU Berkapasitas 315 MW

ABSTRAK

Dalam sektor pembangkit listrik, termasuk di Indonesia, masih mengandalkan pembangkit listrik tenaga batubara. Salah satu pembangkit yang signifikan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap Batubara (PLTU) Lontar Extension (1x315 MW), yang menjadi pilihan penting untuk memastikan pasokan energi listrik yang andal di wilayah Jakarta dan sekitarnya. Dalam operasinya PLTU Lontar Extension menghadapi tantangan terkait manajemen abu dalam *flue gas* yang dihasilkan selama proses pembakaran batubara. Fenomena *slagging* dan *fouling* yang terjadi akibat abu yang melekat pada permukaan tube boiler dapat mengganggu proses perpindahan panas dan menurunkan efisiensi boiler, dengan konsekuensi meningkatkan konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, analisis terhadap parameter kunci seperti *Net Plant Heat Rate* (NPHR) menjadi penting untuk meningkatkan kinerja operasional PLTU. Dalam tugas akhir ini, kami melakukan analisis mendalam terhadap *efisiensi boiler* dan *NPHR* serta parameter lainnya pada PLTU Lontar Extension dengan mempertimbangkan penggunaan *sootblower* untuk membersihkan *tube boiler* di *Heat Recovery Area* (HRA). Berdasarkan hasil penelitian di beban 100 % nilai efisiensi boiler mengalami kenaikan 0.71 % dan NPHR turun sebesar 33.91 kcal/kwh, sedangkan di beban 50 % efisiensi boiler mengalami kenaikan 0.63 % dan NPHR turun 47.16 %. Disamping itu, dengan pengoperasian *sootblower* juga berdampak pada kenaikan daya output *netto* dan penurunan konsumsi bahan bakar batubara.

Kata kunci: *efisiensi Boiler, Net Plant Heat Rate, Slagging, Fouling, Heat Recovery Area*

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Analysis of Boiler Efficiency and NPHR with Periodic Use of Sootblower at Power Plant 315 MW

ABSTRACT

In the power generation sector, including in Indonesia, coal-fired power plants are still relied upon. One significant plant is the Lontar Extension Coal-Fired Steam Power Plant (PLTU) (1x315 MW), which is a crucial choice to ensure a reliable electricity supply in the Jakarta area and its surroundings. In its operations, the Lontar Extension PLTU faces challenges related to ash management in the flue gas produced during the coal combustion process. The phenomena of slagging and fouling caused by ash adhering to the boiler tube surfaces can disrupt the heat transfer process and reduce boiler efficiency, consequently increasing fuel consumption. Therefore, the analysis of key parameters such as Net Plant Heat Rate (NPHR) is important to improve the operational performance of the PLTU. In this final project, we conduct an in-depth analysis of boiler efficiency and NPHR, along with other parameters at the Lontar Extension PLTU, considering the use of sootblowers to clean the boiler tubes in the Heat Recovery Area (HRA). Based on research results, at 100% load, the boiler efficiency increased by 0.71% and the NPHR decreased by 33.91 kcal/kWh, while at 50% load, the boiler efficiency increased by 0.63% and the BPHR decreased by 47.16%. Additionally, the operation of the sootblowers also led to an increase in net power output and a decrease in coal fuel consumption.

Keywords: *Boiler Efficiency, Net Plant Heat Rate, Slagging, Fouling, Heat Recovery Area*

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Uap	11
2.2.1 Sistem Uap	13
2.2.2 Sistem Air Kondensat	15
2.2.3 Sistem Air Pengisi	16
2.2.4 Siklus Termodinamika	16
2.3 Komponen PLTU	19
2.3.1 Boiler	19
2.3.2 Turbine	28
2.3.3 Kondensor	30
2.3.4 Generator	31

2.3.5	Komponen Bantu	32
2.4	<i>Slagging Dan Fouling</i>	33
2.5	Performa Boiler	35
2.6	<i>Heat Rate</i> PLTU	38
2.7	Dasar Perhitungan	39
2.7.1	<i>Boiler Efficiency Calculation</i>	41
2.7.2	<i>Steam Turbine Heat Balance</i>	41
2.7.3	<i>Turbine Heat Rate</i>	43
2.7.4	<i>Gross Plant Heat Rate</i>	44
2.7.5	<i>Net Plant Output Calculation</i>	44
2.7.6	<i>Net Plant Heat Rate Calculation</i>	44
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		45
3.1	Pendahuluan	45
3.2	Diagram Alir Penelitian	45
3.2.1	Mulai	46
3.2.2	Studi Literatur	47
3.2.3	Identifikasi Masalah	47
3.2.4	Pengambilan Data	47
3.2.5	Menentukan <i>Enthalpy</i>	49
3.2.6	Pengolahan Data dan Perhitungan Data	52
3.2.7	Analisa	54
3.2.8	Pembuatan Laporan	54
3.2.9	Penutup	55
3.3	Alat dan Bahan	55
3.3.1	Alat	55
3.3.2	Bahan	55
BAB IV PEMBAHASAN		59
4.1	Pendahuluan	59
4.2	Data Penelitian	59
4.3	Perhitungan Data	59
4.4	Analisa Hasil Perhitungan	72

4.4.1 Analisa Hasil Parameter Efisiensi Boiler dan NPHR	72
4.4.2 Analisa Daya Output dan Konsumsi Bahan Bakar	77
BAB V KESIMPULAN	83
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	86



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 PLTU Lontar Extension	1
Gambar 1.2 Akumulasi Jelaga <i>Sootblower Lontar Extension</i>	2
Gambar 1.3 Long Rectangle Soot Blower	3
Gambar 2.1 Proses Konversi Energi PLTU	12
Gambar 2.2 Diagram PLTU Lontar Extension (1x315 MW)	13
Gambar 2.3 Skema alur sistem uap	14
Gambar 2.4 Skema siklus air kondensat	15
Gambar 2.5 Siklus Rankine	17
Gambar 2.6 Siklus Rankine dengan Pemanasan Ulang	18
Gambar 2.7 Boiler PLTU Lontar Extension (1x315 MW)	20
Gambar 2.8 <i>Outer casing of furnace wall</i>	22
Gambar 2.9 Detail <i>Furnace Intermediate Header</i>	23
Gambar 2.10 Separator	24
Gambar 2.11 Mill (Pulveriser)	26
Gambar 2.12 <i>Watersootblower</i>	27
Gambar 2.13 Turbine Uap PLTU Lontar Extension (1x315 MW)	28
Gambar 2.14 Kondensor PLTU Lontar Extension (1x315 MW)	30
Gambar 2.15 Generator PLTU Lontar Extension (1x315 MW)	31
Gambar 2.16 Diagram Boiler Efisiensi	38
Gambar 2.17 Representasi <i>Heat Rate</i>	39
Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Penelitian	45
Gambar 3.2 <i>Display ChemicalLogic SteamTab Companion</i>	49
Gambar 3.3 Penentuan fluida <i>saturated/superheated</i>	50
Gambar 3.4 Input Parameter <i>temperature</i> dan <i>pressure</i>	51
Gambar 3.5 Hasil <i>enthalpy ChemicalLogic SteamTabCompanion</i>	52
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Efisiensi Boiler pada Beban 100 %	74
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Efisiensi Boiler pada Beban 50 %	75
Gambar 4.3 Parameter NPHR Pada Beban 100 %	76
Gambar 4.4 Parameter NPHR Pada Beban 50 %	77
Gambar 4.5 Parameter Daya Netto Beban 100 %	78
Gambar 4.6 Parameter Daya Netto Beban 50 %	79

Gambar 4.7 Konsumsi Bahan Bakar di Beban 100 %	80
Gambar 4.8 Konsumsi Bahan Bakar di Beban 50 %	80
Gambar 4.9 Grafik antara Kalori dan <i>flowrate</i> batubara 100 %	81
Gambar 4.10 Grafik antara Kalori dan <i>flowrate</i> batubara 50 %	81



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	7
Tabel 2.2 Performa Boiler	21
Tabel 2.3 Design Turbine PLTU Lontar Extension	29
Tabel 3.1 Data Pengujian	55
Tabel 3.2 <i>Perfomance test unit</i>	58
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Beban, Efisiensi Boiler, THR, GPHR dan NPHR di beban 100 %	72
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Beban, Efisiensi Boiler, THR, GPHR dan NPHR dibeban 50 %	73
Tabel 4.3 Parubahan Parameter Penggunaan <i>Sootblower</i>	74
Tabel 4.4 Estimasi Keuntungan Perusahaan	82



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
m_{sf}	<i>main steam flow (kg/h)</i>
h_1	<i>Enthalpy Main Steam (kJ/kg)</i>
m_{ffw}	<i>feedwater flow (kg/h)</i>
h_2	<i>Enthalpy feedwater (kJ/kg)</i>
m_{hr}	<i>hot reheat flow (kg/h)</i>
h_3	<i>Enthalpy hot reheat (kJ/kg)</i>
m_{cr}	<i>Cold reheat flow (kg/h)</i>
h_4	<i>Enthalpy Cold reheat (kJ/kg)</i>
η_B	<i>boiler efficiency (%)</i>
m_{bb}	<i>coal flow (kg/h)</i>
GCV	<i>heating high value coal (kJ/kg)</i>
M_{h1ext}	<i>Extraction Flow untuk HP heater 1, kg/hr</i>
M_{h2ext}	<i>Extraction Flow untuk HP heater 2, kg/hr</i>
M_{h3ext}	<i>Extraction Flow untuk HP heater 3, kg/hr</i>
M_{hdext}	<i>Extraction Flow untuk HP heater 4 (Deaerator), kg/hr</i>
H_{hzin}	<i>Feedwater Entalphy untuk masukan HP heater Z, dimana Z= 1,2,3 kJ/kg</i>
H_{hzext}	<i>Extraction Entalphy untuk masukan untuk HP heater Z, dimana Z= 1,2,3 kJ/kg</i>
H_{hzdrn}	<i>Heater Drain Entalphy untuk HP heater Z, dimana Z= 1,2,3 kJ/kg</i>
H_{do}	<i>Feedwater Entalphy untuk BFP, kJ/kg</i>
H_{dv}	<i>Deaerator tank saturated steam enthalpy, kJ/kg</i>
H_{con}	<i>Condensate water enthalpy to deaerator, kJ/kg</i>
M_{crh}	<i>Cold Reheat Flow pada HP Turbine Exhaust (or reheater Inlet), kg/hr</i>
M_{hpslk}	<i>Total Seal Leakage flow from HP Turbine, kg/hr</i>

G_{s3}	CV steam leak untuk SSH line, kg/hr
G_{s2}	CV steam leak untuk IP Extraction, kg/hr
G_2	#2 (Mid Span) steam packing leak-off flow, kg/hr
G_{11}	#1 gland steam packing leak-off flow, kg/hr
G_{12}	#1 gland steam seal flow, kg/hr
G_{s1}	CV steam leak untuk HP Extraction, kg/hr
M_{hrh}	Aliran Hot Reheat pada IP Turbine Inlet (atau reheater outlet), kg/hr
M_{rhs}	Aliran Reheat Desuperheating Spray dari BFP, kg/hr
T_{hr}	<i>Turbine Heat Rate, Kj/kwh</i>
P_{gross}	<i>Power output generator (kW)</i>
P_{net}	<i>Net Plant Output, kJ/hr</i>
P_{aux}	<i>Total Auxiliary Power Consumption untuk unit, kW</i>
P_{1GSUT}	<i>Total Loss untuk Generator Step Up Transformer, kW</i>
M_{aux}	<i>Auxiliary steam flow, kg/hr</i>
H_5	<i>Auxiliary steam enthalpy, kJ/kg</i>
M_{sh}	<i>Superheater spray flow, kg/hr</i>
H_6	<i>Superheater spray enthalpy, kJ/kg</i>
M_{rh}	<i>Reheater spray flow, kg/hr</i>
H_7	<i>Reheater spray enthalpy, kJ/kg</i>

MERCU BUANA

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
NPHR	<i>Net Plant Heat Rate</i>
THR	<i>Turbine Heat Rate</i>
GPHR	<i>Gross Plant Heat Rate</i>
PLTU	<i>Pusat Listrik Tenaga Uap</i>
GCV	<i>Gross Calorific Value</i>



UNIVERSITAS
MERCU BUANA