

**STUDI PENGARUH PENGGANTIAN *HEATING ELEMENT* TERHADAP
KINERJA *PRIMARY AIR PREHEATER* DI PLTU SURALAYA UNIT 4**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

M SHOLIKHUL MUHDI SYAMS

NIM : 41323110027

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2024**

LAPORAN TUGAS AKHIR

STUDI PENGARUH PENGGANTIAN *HEATING ELEMENT* TERHADAP
KINERJA *PRIMARY AIR PREHEATER* DI PLTU SURALAYA UNIT 4



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
Disusun Oleh :

Nama : M Sholikhul Muhdi Syams
NIM : 41323110027
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
AGUSTUS 2024

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : M Sholikhul Muhdi Syams

NIM : 41323110027

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Laporan Skripsi: Studi Pengaruh Penggantian *Heating Element* Terhadap Kinerja *Primary Air Preheater* Di PLTU Suralaya Unit 4

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

Disahkan oleh :

Pembimbing : Henry Carles, S.T., M.T.

NIDN : 0301087304



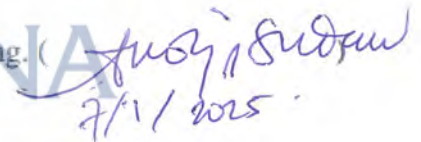
Penguji 1 : Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T. (

NIDN : 0005087502



Penguji 2 : Andi Firdaus Sudarma, ST., M. Eng. (

NIDN : 0327118104



2/1/2025

Jakarta, 07 Januari 2025

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfia Fitri Ikatrianasari, M.T.

NIDN : 0307037202

Kaprodi Teknik Mesin



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

NIDN : 0005087502

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : M Sholikhul Muhdi Syams

NIM : 41323110027

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Laporan Skripsi: Studi Pengaruh Penggantian *Heating Element* Terhadap Kinerja *Primary Air Preheater* Di PLTU Suralaya Unit 4

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 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.

Jakarta, 07 Januari 2025

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



M Sholikhul Muhdi Syams

PENGHARGAAN

Puji syukur selalu dan tidak lupa penulis panjatkan kepada ke hadirat Allah Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan kemudahan penulis sehingga bisa menuntaskan Tugas Akhir dengan tepat waktu.

Dalam proses melaksanakan kegiatan serta penyusunan Laporan Tugas Akhir, penulis menyadari begitu banyak bantuan serta dukungan dari berbagai pihak, baik secara moral maupun langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin memberikan ucapan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng., selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrianasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi sekaligus Koordinator Tugas Akhir Teknik Mesin.
4. Bapak Dr. Nurato, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin
5. Bapak Henry Carles, S.T., M.T., selaku pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktu dan memberikan arahan kepada saya dari awal pelaksanaan penelitian sampai selesainya penulisan laporan tugas akhir ini.
6. Ibu Nur Indah S.ST., M.T., sebagai penguji sidang kemajuan tugas akhir yang telah memberikan masukan untuk mendukung penyempurnaan penulisan naskah tugas akhir saya.
7. Bapak Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T., dan Bapak Andi Firdaus Sudarma, ST., M. Eng., sebagai penguji sidang tugas akhir yang telah memberikan penilaian dan masukan untuk penulisan naskah tugas akhir saya sehingga menjadi jauh lebih baik lagi.
8. Seluruh jajaran dosen, staf dan karyawan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang selalu membantu dalam hal penyusunan tugas akhir.
9. Kedua orang tua yang telah membesarkan saya, serta memberikan pendidikan terbaik untuk saya dari masa kecil sampai saat ini.

10. Istri tercinta Ailsa Khairany, serta anak-anak tersayang Kakak Tsaqif Basyir Syams, dan Adek Tsabita Faqihah Syams yang menjadi sumber semangat saya untuk selalu memberikan yang terbaik.
11. Rekan-rekan saya di tempat kerja, yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, yang sering menjadi rekan untuk bertukar pikiran sehingga melancarkan penelitian saya

Penulis sangat menyadari masih terdapat banyak kekurangan pada laporan ini. Hal tersebut tidak lain sebab keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Melalui lembar penghargaan ini penulis menyampaikan permohonan maaf atas segala kekurangan dalam penyusunan laporan kerja Tugas Akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat bagi semua pihak yang membaca.

Jakarta, Januari 2025

M Sholikhul Muhdi Syams



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRAK

Air preheater adalah peralatan penunjang pada *boiler* yang secara umum berfungsi untuk meningkatkan efisiensi dengan menyerap panas pada gas buang. Pengoperasian *air preheater* di PLTU Suralaya Unit 4 secara terus-menerus dalam jangka waktu lama menyebabkan penurunan kinerja peralatan sehingga perlu dilakukan perbaikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab terjadinya penurunan kinerja *air preheater* dan mengevaluasi dampak perbaikan berupa penggantian elemen pemanas. Analisis ini dilakukan melalui perhitungan dan perbandingan kinerja *air preheater* sebelum dan setelah penggantian elemen pemanas dengan menggunakan standar *American Society of Mechanical Engineers-Performance Test Code Air Heater 4.3* (ASME-PTC 4.3) dengan kinerja *air preheater* yang dihitung yaitu *Air Heater Leakage*, *Gas Side Efficiency*, dan *X-Ratio*. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa terjadi perubahan kinerja *primary air heater* setelah dilakukan penggantian elemen pemanas berupa penurunan *air heater leakage* rata-rata dari 55,56% menjadi 32,37% yang berdampak pada peningkatan *Gas Side Efficiency* dari 53,56% menjadi 66,23% dan peningkatan *X-Ratio* dari 0,735 menjadi 0,868. Dari parameter tersebut penggantian elemen pemanas memiliki pengaruh yang signifikan memperbaiki kinerja *air heater*. Dari analisa kinerja *air heater* dapat diketahui penyebab menurunnnya kinerja elemen pemanas *air heater* berupa kebocoran udara, *fouling*, *slagging*, korosi, dan erosi.

Kata kunci : *Air preheater*, Elemen Pemanas, Kinerja



STUDY OF THE EFFECT OF HEATING ELEMENT REPLACEMENT ON THE PERFORMANCE OF PRIMARY AIR PREHEATER IN PLTU SURALAYA UNIT 4

ABSTRACT

Air preheaters are auxiliary boiler equipment that enhances efficiency by absorbing heat from flue gases. Continuous operation of the air preheater at PLTU Suralaya Unit 4 over a long period decreases equipment performance, so repairs need to be made. This study aims to analyze the causes of the air preheater's performance degradation and evaluate the impact of repairs by replacing the heating element. The analysis is conducted through calculations and comparisons of the air preheater's performance before and after the replacement of the heating element using the American Society of Mechanical Engineers-Performance Test Code Air Heater 4.3 (ASME-PTC 4.3) standard, with the calculated air preheater performance, namely Air Leakage, Gas Side Efficiency, and X-Ratio. From the calculation results, it is known that there is a change in the performance of the primary air heater after replacing the heating element in the form of a decrease in the average air heater leakage from 55.56% to 32.37%, which has an impact on increasing the Gas Side Efficiency from 53.56% to 66.23% and increasing the X-Ratio from 0.735 to 0.868. From these parameters, the replacement of the heating element has a significant effect on improving the performance of the air heater. From the analysis of the performance of the air preheater, it can be seen that the cause of the decline in the performance of the air heater heating element is air leakage, fouling, slagging, corrosion, and erosion.

Keywords: *Air preheater, Heating Element, Performance*



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN PENELITIAN	3
1.4. MANFAAT	3
1.5. BATASAN DAN RUANG LINGKUP PENELITIAN	4
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP	15
2.3. <i>BOILER</i> PLTU	17
2.3.1. Sistem Air dan Uap	18
2.3.2. Sistem Udara dan Gas Buang	19
2.3.3. Sistem Bahan Bakar	20

2.4.	<i>AIR PREHEATER</i>	21
2.4.1.	Tipe-tipe <i>Air Preheater</i>	21
2.4.2.	Komponen <i>Air Preheater</i>	24
2.4.3.	Faktor yang Mempengaruhi Kinerja <i>Air Preheater</i>	30
2.5.	<i>OVERHAUL</i>	33
2.6.	<i>AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERING (ASME) PTC-4.3</i>	33
2.6.1.	<i>Air Heater Leakage</i>	34
2.6.2.	<i>Gas Side Efficiency (GSE)</i>	35
2.6.3.	<i>X-Ratio</i>	36
2.6.4.	<i>Air Heater Effectiveness</i>	37
2.7.	<i>HEAT BALANCE AIR HEATER</i>	38
2.7.1.	Hilang Panas Akibat Kebocoran Udara	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		40
3.1.	DIAGRAM ALIR	40
3.1.1.	Diagram Alir Penelitian	40
3.1.2.	Diagram Alir Pengumpulan dan Pengolahan Data	43
3.2.	SPEKIFIKASI <i>PRIMARY AIR PREHEATER</i> PLTU SURALAYA UNIT 4	46
3.3.	ALAT DAN BAHAN	47
3.3.1.	Alat Ukur	48
3.3.2.	Alat Pengumpulan Data	53
3.3.3.	Bahan	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		55
4.1.	PENGUMPULAN DATA	55
4.2.	PERHITUNGAN KINERJA <i>AIR PREHEATER</i>	58
4.2.1.	Perhitungan <i>Air Heater Leakage</i>	58
4.2.2.	Perhitungan <i>Gas Side Efficiency</i>	60

4.2.3.	Perhitungan <i>X-Ratio</i>	63
4.2.4.	Perhitungan <i>Air Heater Effectiveness</i>	65
4.3.	PERHITUNGAN <i>HEAT BALANCE AIR HEATER</i>	67
4.3.1.	Perhitungan Hilang Panas Karena Kebocoran Udara	67
4.4.	PEMBAHASAN	69
4.4.1.	Kinerja <i>Primary Air Heater</i>	69
4.4.2.	<i>Differential Pressure Air Heater</i>	71
4.4.3.	Kinerja Fan	74
4.4.4.	Penyebab Penurunan Kinerja Elemen Pemanas	76
BAB V	PENUTUP	79
5.1.	KESIMPULAN	79
5.2.	SARAN	80
	DAFTAR PUSTAKA	81
	LAMPIRAN	85



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Siklus PLTU dan Diagram T-S	16
Gambar 2.2. Proses konversi energi pada PLTU	17
Gambar 2.3. Struktur <i>Boiler</i> PLTU	18
Gambar 2.4. Siklus air dan uap di <i>boiler</i>	19
Gambar 2.5. Sistem udara dan gas buang	20
Gambar 2.6. Sistem bahan bakar PLTU	20
Gambar 2.7. Jenis konstruksi <i>air preheater</i>	22
Gambar 2.8. <i>Regenerative air preheater</i>	23
Gambar 2.9. <i>Ljungstrom air preheater</i>	24
Gambar 2.10. <i>Motor Drive</i> dan <i>Gearbox</i>	25
Gambar 2.11. Pompa pelumas <i>bearing</i>	25
Gambar 2.12. <i>Basket</i> element pemanas	26
Gambar 2.13. Susunan <i>layer</i> elemen pemanas <i>air preheater</i>	26
Gambar 2.14. Profil DU	27
Gambar 2.15. Profil DN/DL	27
Gambar 2.16. Profil FNC	28
Gambar 2. 17. Profil NF	28
Gambar 2.18. Profil NU	29
Gambar 2.19. Profil CU	29
Gambar 2.20. <i>Sealing air preheater</i>	30
Gambar 2.21. Korosi pada elemen pemanas	31
Gambar 2.22. Endapan abu pada elemen pemanas	32
Gambar 2.23. Kebocoran udara pada <i>air preheater</i>	33
Gambar 2.24. Aliran kebocoran pada <i>air preheater</i>	34
Gambar 2.25. Ilustrasi kesetimbangan panas pada <i>air heater</i>	38
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	42
Gambar 3.2. Diagram alir proses pengumpulan dan pengolahan data	44
Gambar 3.3. Tampilan data logger untuk penarikan data parameter operasi	45
Gambar 3.4. Titik pemasangan alat ukur (<i>Tapping point</i>) pada <i>air heater</i>	48
Gambar 3.5. <i>Resistance Temperature Detector</i> (RTD)	49
Gambar 3.6. <i>Pressure transmitter</i>	50

Gambar 3.7. <i>Differential pressure flow transmitter</i>	50
Gambar 3.8. <i>Portable flue gas analyzer</i>	51
Gambar 3.9. HIS DCS PLTU Suralaya Unit 4	53
Gambar 3.10. Elemen pemanas <i>air preheater</i>	54
Gambar 4.1. Grafik perubahan <i>air leakage primary air heater</i>	60
Gambar 4.2. Grafik perubahan <i>Gas side efficiency</i>	62
Gambar 4.3. Grafik perubahan <i>X-Ratio</i>	64
Gambar 4.4. Grafik perubahan <i>Air heater effectiveness primary air heater</i>	66
Gambar 4.5. Diagram <i>Sankey</i> kesetimbangan panas setelah penggantian elemen pemanas	68
Gambar 4.6. Grafik perubahan kinerja <i>primary air heater</i>	70
Gambar 4.7. Grafik perubahan <i>differential pressure primary air heater</i>	72
Gambar 4.8. Fouling yang menempel pada elemen pemanas	73
Gambar 4.9. Elemen pemanas baru sisi <i>hot end</i> dan <i>cold end</i>	73
Gambar 4.10. Grafik perubahan <i>header pressure</i> sebelum dan setelah penggantian elemen pemanas	74
Gambar 4.11. Grafik perubahan arus motor <i>fan</i> sebelum dan setelah penggantian elemen pemanas	75
Gambar 4.12. <i>Slagging</i> pada elemen <i>primary air heater</i>	77
Gambar 4.13. Kerusakan elemen pemanas karena korosi dan erosi	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	6
Tabel 3.1. Spesifikasi <i>primary air preheater</i> PLTU Suralaya Unit 4	46
Tabel 4.1. Data Desain	55
Tabel 4.2. Data <i>commisioning primary air heater</i>	56
Tabel 4.3. Data sebelum dilakukan penggantian elemen pemanas	57
Tabel 4.4. Data setelah dilakukan penggantian elemen pemanas	57
Tabel 4.5. Data analisis gas buang	58
Tabel 4.6. Hasil perhitungan <i>air heater leakage primary air heater</i>	59
Tabel 4.7. Hasil perhitungan <i>gas side effeciency primary air heater</i>	62
Tabel 4.8. Hasil perhitungan <i>X-Ratio primary air heater</i>	64
Tabel 4.9. Hasil perhitungan <i>air heater effectiveness primary air heater</i>	66
Tabel 4.10. Data perhitungan hilang panas karena kebocoran udara	67
Tabel 4.11. Hasil perhitungan kesetimbangan panas	68
Tabel 4.12. Data <i>Air differential pressure primary air heater</i>	72
Tabel 4.13. Data parameter <i>header pressure</i> dan arus motor <i>Fan</i>	74

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. TABEL <i>APPENDIX PROPERTY AND CHART</i>	85
LAMPIRAN B. DATA <i>LOGGER AIR HEATER</i> SEBELUM PENGGANTIAN ELEMEN PEMANAS - 29/04/2024	86
LAMPIRAN C. DATA <i>LOGGER AIR HEATER</i> SETELAH PENGGANTIAN ELEMEN PEMANAS – 02/09/2024	92
LAMPIRAN D. DATA <i>LOGGER AIR HEATER</i> SETELAH PENGGANTIAN ELEMEN PEMANAS – 09/10/2024	98
LAMPIRAN E. DATA ANALISIS KANDUNGAN GAS BUANG – 29/04/2024	104
LAMPIRAN F. DATA ANALISIS KANDUNGAN GAS BUANG – 02/09/2024	105
LAMPIRAN G. DATA ANALISIS KANDUNGAN GAS BUANG – 09/10/2024	106



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
AL	<i>Air heater leakage</i>
$O_2 \text{ out}$	Presentase O_2 outlet gas air heater
$O_2 \text{ in}$	Presentase O_2 inlet gas air heater
η_G	<i>Gas side efficiency</i>
T	Temperatur
$T_{A \text{ in}}$	<i>Weighted air inlet temperature</i> air heater
$T_{A \text{ out}}$	<i>Weighted air outlet temperature</i> air heater
$T_{G \text{ in}}$	Temperatur gas buang masuk <i>air heater</i>
$T_{G \text{ out}}$	Temperatur gas buang keluar <i>air heater</i>
$T_{G \text{ out}} (NL)$	Temperatur gas buang keluar <i>air heater</i> kondisi <i>No Leakage</i>

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap
PLN	Perusahaan Listrik Negara
GWh	<i>Giga Watt hour</i>
ASME	<i>American Society of Mechanical Engineers</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
PTC	<i>Performance Test Code</i>
MW	<i>Mega Watt</i>
EPRI	<i>Electric Power Research Institute</i>
PAH	<i>Primary Air Heater</i>
SAH	<i>Secondary Air Heater</i>
DP	<i>Differential Pressure</i>
AL	<i>Air heater leakage</i>
GSE	<i>Gas Side Efficiency</i>
MCR	<i>Maximum Capacity Rate</i>
BFP	<i>Boiler Feed Pump</i>
HPH	<i>High-Pressure Heater</i>
PAF	<i>Primary Air Fan</i>
HSLA	<i>High strength low alloy steel</i>
DU	<i>Double undulated</i>
DN	<i>Double notched</i>
DL	<i>Double notched Loose Packed</i>
FNC	<i>Flat notched crossed</i>
NF	<i>Notched flat</i>
NU	<i>Notched undulated</i>
CU	<i>Corrugated undulated</i>
SI	<i>Simple Inspection</i>

ME	<i>Medium/Mean Inspection</i>
SE	<i>Serious Inspection</i>
CRLS	<i>Corrosion Resistance Low alloy Steel</i>
RTD	<i>Resistance Temperature Detector</i>
DCS	<i>Distributed Control System</i>
HIS	<i>Human Interface System</i>
TC	<i>Thermocouple</i>
PT	<i>Pressure Transmitter</i>
FT	<i>Flow Transmitter</i>
FGA	<i>Flue Gas Analyzer</i>



UNIVERSITAS
MERCU BUANA