

**ANALISIS KINERJA *TRI-SECTOR ROTARY REGENERATIVE AIR HEATER*
BERDASARKAN ASME – PTC 4.3 DAN DAMPAKNYA TERHADAP
KINERJA PEMBANGKIT**



DIDIK SUMARSONO
NIM: 41321120055

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2023**

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA *TRI-SECTOR ROTARY REGENERATIVE AIR HEATER*
BERDASARKAN ASME – PTC 4.3 DAN DAMPAKNYA TERHADAP
KINERJA PEMBANGKIT



Disusun oleh:

Nama : Didik Sumarsono
NIM : 41321120055
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
DESEMBER 2023

HALAMAN PENGESAHAN

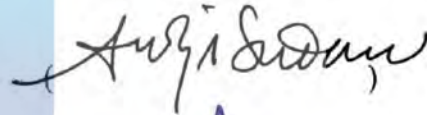
Laporan Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Didik Sumarsono
NIM : 41321120055
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Laporan Skripsi : Analisis Kinerja *Tri-Sector Rotary Regenerative Air heater* Berdasarkan ASME – PTC 4.3 dan Dampaknya Terhadap Kinerja Pembangkit

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian pernyataan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercubuana

Pembimbing : Andi Firdaus Sudarma, M.Eng.

NIDN : 0327118104



Penguji 1 : Muhammad Fitri, Ph.D.

NIDN : 1013126901



Penguji 2 : R. Ariosuko Dharmajati, M.T.

NIDN : 0327036601



3/12/24

Jakarta, Desember 2023

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfia Fitri Ikatrianasari, M.T.

Kaprodi Teknik Mesin



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

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Didik Sumarsono

NIM : 41321120055

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Kerja Praktik : Analisis Kinerja *Tri-Sector Rotary Regenerative Air heater*
Berdasarkan ASME – PTC 4.3 Dan Dampaknya Terhadap
Kinerja Pembangkit

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.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 29 September 2023



Didik Sumarsono

PENGHARGAAN

Segala puji bagi Tuhan YME yang telah memberikan kemudahan kepada saya sehingga saya mendapatkan kesempatan untuk menimba ilmu di jenjang yang lebih tinggi serta memberikan saya kekuatan untuk menyelesaikan penelitian dan penulisan tugas akhir ini.

Disamping itu, ucapan terima kasih ini dipersembahkan untuk orang-orang yang telah berjasa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng., selaku Rektor Universitas Mercubuana
2. Dr. Zulfia Fitri Ikatrianasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercubuana.
3. Dr.Eng. Imam Hidayat, ST.MT., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin
4. Gilang Awan Yudhistira ST.MT., selaku Sekretaris Koordinator tugas akhir Teknik Mesin Mercubuana
5. Bapak Andi Firdaus Sudarma, ST, M.Eng, 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. Ir. Dadang Suhendra Permana, M.Sc., selaku pembimbing awal tugas akhir saya.
7. Dr. Nanang Ruhyat sebagai penguji sidang kemajuan tugas akhir yang telah memberikan masukan untuk mendukung penyempurnaan penulisan naskah tugas akhir saya.
8. Bapak Muhamad Fitri, ST., M.Si., Ph.D., Bapak R Ariosuko Darmajati DH, S.T., M.T., dan Bapak Dafit Feriyanto, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku penguji sidang tugas akhir yang telah memberikan penilaian dan masukan untuk penulisan naskah tugas akhir saya sehingga menjadi jauh lebih baik lagi.
9. Seluruh jajaran dosen, staf dan karyawan Teknik Mesin Universitas Mercubuana yang selalu membantu dalam hal penyusunan tugas akhir.
10. Bapak Mudji (Alm) dan Ibu Rinem, Kedua orang tua yang telah membesarkan saya, serta memberikan pendidikan terbaik untuk saya dari masa kecil sampai saat ini.

11. Keluarga kecil saya, Bunda Sri Lestari, Mbak Ayska Tsaniyah Nur Aqila dan Adek Almeera Salsa Nur Ramadhani, yang selalu menjadi sumber semangat saya untuk terus memberikan yang terbaik,
12. 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.

Masih banyak lagi pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak tersebut.

Jakarta, Desember 2023

Didik Sumarsono



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	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Penelitian Terdahulu	6
2.2. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap	12
2.3. <i>Boiler</i> Pembangkit Listrik Tenaga Uap	13
2.3.1. Sistem Bahan Bakar	14
2.3.2. Sistem Udara dan Gas Buang	15
2.3.3. Sistem Air-Uap	16
2.4. <i>Maintenance Type C</i>	16
2.5. <i>American Society of Mechanical Engineering (ASME) PTC – 4.3</i>	16
2.6. <i>Regenerative Air heater</i>	17
2.4.1. Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja <i>Regenerative Air heater</i>	21

2.4.2.	<i>Air heater Leakage</i>	23
2.4.3.	<i>Gas Side Efficiency</i>	24
2.4.4.	<i>X-Ratio</i>	25
2.4.5.	<i>Air Side Pressure Drop</i>	25
2.4.6.	<i>Air heater Effectiveness</i>	26
2.7.	Efisiensi pembangkit (<i>Net Plant Heat Rate</i>)	27
2.8.	Pengaruh Kinerja <i>Air heater</i> Terhadap Efisiensi Pembangkit	28
2.9.	<i>Heat Balance Air Hater</i>	29
2.9.1.	Hilang Panas Akibat Kebocoran Udara	30
2.9.2.	Hilang Panas Yang Dilepaskan Udara <i>Athmosphere</i>	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		32
3.1.	Diagram Alir	32
3.1.1.	Diagram Alir Penelitian	32
3.1.2.	Diagram Alir Pengumpulan dan Pengolahan Data	34
3.2.	Spesifikasi <i>Air heater</i>	38
3.3.	Peralatan Penunjang Penelitian	39
3.2.1.	Alat Ukur	39
3.2.2.	Alat Pengumpulan Data	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1.	Pengumpulan Data	43
4.2.	Perhitungan Kinerja <i>Air heater</i>	46
4.2.1.	Perhitungan <i>Air heater Leakage</i>	46
4.2.2.	Perhitungan <i>Air heater Gas Side Efficiency</i>	47
4.2.3.	Perhitungan <i>X-Ratio</i>	48
4.2.4.	Perhitungan <i>Air Side Pressure Drop</i>	49
4.3.	Perhitungan <i>Net Plant Heat Rate</i> (NPHR)	51
4.4.	Perhitungan <i>Heat Balance Air heater</i>	52
4.4.1.	Perhitungan Hilang Panas Karena <i>Air heater Leakage</i>	52
4.4.2.	Perhitungan Hilang Panas Yang Lepaskan Ke Udara Atmosfer	53
4.5.	Perhitungan Dampak Perubahan Kinerja <i>Air heater</i> Terhadap Kinerja Pembangkit	56

BAB V PENUTUP	59
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	63
LAMPIRAN A. <i>AIR PROPERTIES TABLE</i>	64
LAMPIRAN B. DATA <i>DOWNLOAD</i> DCS 29 APRIL 2021	65
LAMPIRAN C. DATA <i>DOWNLOAD</i> DCS 20 JANUARI 2023	69
LAMPIRAN D. DATA <i>DOWNLOAD</i> DCS 8 MARET 2023	72
LAMPIRAN E. DATA <i>DOWNLOAD</i> DCS 13 JULI 2023	75
LAMPIRAN F. DATA <i>DOWNLOAD</i> DCS 22 NOVEMBER 2023	80
LAMPIRAN G. DATA <i>DOWNLOAD</i> METERING	85
LAMPIRAN H. PERHITUNGAN KINERJA <i>AIR HEATER</i>	86
LAMPIRAN I. PERHITUNGAN KINERJA PEMBANGKIT	92
LAMPIRAN J. PERHITUNGAN <i>HEAT BALANCE</i>	93
LAMPIRAN K. TABEL HASIL PERHITUNGAN	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema PLTU Umum	14
Gambar 2.2 Skema sistem bahan bakar PLTU	15
Gambar 2.3 Skema Sistem Udara dan Gas Buang	15
Gambar 2.4 Konstruksi Regenerative <i>Air heater</i>	17
Gambar 2.5 Profil Element FNC	19
Gambar 2.6 Profil Elemen NDU	19
Gambar 2.07 Profil Element NP	19
Gambar 2.8 Profil Elemen CU	20
Gambar 2.9 Profil Elemen HC	20
Gambar 2.10 Susunan dasar Regenerative <i>Air heater</i>	21
Gambar 2.11 Korosi pada cold end elemen <i>Air heater</i>	22
Gambar 2.12 Radial Seal <i>Air preheater</i>	23
Gambar 2.13 Aliran kebocoran <i>Air heater</i>	23
Gambar 2.14 Grafik Pengaruh Pressure drop Terhadap Efisiensi Unit	29
Gambar 2.15 Ilustrasi Kesetimbangan Panas Pada <i>Air heater</i>	29
Gambar 2.16 Susunan lapisan selubung <i>Air heater</i>	30
Gambar 3.8 Gambar 3.07 Panel DCS PLTU Serang 1000 MW	42
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelelitian	34
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan Data	36
Gambar 3.3 Tampilan DCS Untuk Penarikan Data Parameter Operasi	37
Gambar 3.4 Resistance Temperature Detector (RTD)	39
Gambar 3. 5 Alat Ukur Tekanan	40
Gambar 3. 6 <i>Differential Pressure Flow</i> Transmitter	40
Gambar 3.7 Sensor Kandungan oksigen	41
Gambar 3.8 Panel DCS PLTU Serang 1000 MW	42
Gambar 4.1 Grafik Perubahan <i>Air heater</i> Leakage	46
Gambar 4.2 Grafik Perubahan <i>Gas Side Efficicency</i>	48
Gambar 4.3 Grafik Perubahan <i>Air Side Pressure Drop</i>	50
Gambar 4.4 Grafik Hasil Perubahan <i>Air heater Effectiveness</i>	51
Gambar 4.5 Grafik Perubahan NPHR Pembangkit	52

Gambar 4.6 Diagram Sankey *Heat Balance Air heater*

55

Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Kinerja *Air heater*

57



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu Terkait Analisis <i>Air heater</i>	6
Tabel 2.2 Pengaruh kinerja <i>Air heater</i> terhadap Efisiensi Pembangkit	28
Tabel 3.1 Spesifikasi Teknis <i>Air heater</i> PLTU Serang 1000MW	38
Tabel 4. 1 Tabel Data Desain	43
Tabel 4.2 Data Parameter Operasi <i>Air heater</i>	44
Tabel 4.3 Data Parameter Operasi <i>Air heater</i> (Lanjutan)	44
Tabel 4.4 Data Konsumsi dan Nilai Kalor Batu bara	45
Tabel 4.5 Data Produksi Listrik Netto	45
Tabel 4.6 Perhitungan <i>Air heater</i> Leakage	46
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Gas <i>Side Efficiency</i>	47
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan <i>X-Ratio</i>	48
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan <i>Air Side Pressure Drop</i>	49
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan <i>Air heater Effectiveness</i>	50
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan <i>Net Plant Heat Rate</i>	51
Tabel 4.12 Perhitungan Hilang Panas Karena <i>Air heater Leakage</i>	53
Tabel 4.13 Data Perhitungan <i>Heat Loss</i> Konveksi dan Konduksi	53
Tabel 4.14 Tabel Perhitungan Koefisien Konveksi Gas Buang	54
Tabel 4.16 Tabel Perhitungan Panas Yang Dilepaskan Ke Atmosphere	54
Tabel 4.17 Perhitungan Dampak Kinerja <i>Air heater</i> Dari Komisioning Sampai Sebelum <i>Maintenance</i>	56
Tabel 4.18 Perhitungan Dampak Kinerja <i>Air heater</i> Dari Sebelum <i>Maintenance</i> Sampai Setelah <i>Maintenance</i>	57

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
AL	<i>Air heater Leakage</i>
O_2 out	<i>Prosentase O2 outlet gas Air heater</i>
O_2 in	<i>Prosentase O2 inlet gas Air heater</i>
η_G	<i>Gas Side Efficiency</i>
T	Temperature
$T_{A\ in}$	Temperatur Udara Masuk <i>Air heater</i>
$T_{G\ in}$	Temperatur Gas Buang <i>Air heater</i>
$T_{A\ out}$	Temperatur Udara Keluar <i>Air heater</i>
$T_{G\ out}$	Temperatur Gas Keluar <i>Air heater</i>
$T_{G\ out\ (NL)}$	Temperatur Gas Keluar <i>Air heater</i> Dalam Kondisi <i>No Leakage</i>
$C_{p\ av}$	Panas Spesifik dari temperatur rata-rata Temp. Gas out dan Temp. Gas in
$C_{p\ gas}$	Panas Spesifik temperatur gas buang
P_{in}	Tekanan udara masuk <i>Air heater</i> (udara primer)
P_{out}	Tekanan udara <i>outlet Air heater</i> (udara primer)
ΔP	Perbedaan Temperatur
NPHR	<i>Nett Plant Heat Rate</i>
m_{bb}	Kuantitas Batu bara
HHV	Nilai kalori batu bara
P_{netto}	Produksi listrik netto keluaran <i>Generator Transformer</i>

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap
USC	<i>Ultra Super-Critical</i>
FYI	<i>First-Year Inspection</i>
SEU	<i>Significant Energy Use</i>
PAF	<i>Primary Air Fan</i>
SAF	<i>Secondary Air Fan</i>
IDF	<i>Induced Draft Fan</i>
ASME	<i>American Society of Mechanical Engineering</i>
PTC	<i>Performance Test Code</i>
EPRI	<i>Electric Power Research Institute</i>
NPHR	<i>Net Plant Heat Rate</i>
HHV	<i>High Heating Value</i>
kWh	<i>Kilowatt hours</i>



UNIVERSITAS
MERCU BUANA