



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Analisis Pengaruh Kebocoran *Air Preheater* Terhadap Efisiensi *Boiler* Dan Konsumsi Daya *Auxiliary Fan* Di PLTU Pelabuhan Ratu

SKRIPSI

Oleh:

Akbar M. Reza
NIM. 2202421036

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

ii

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Analisis Pengaruh Kebocoran *Air Preheater* Terhadap Efisiensi *Boiler* Dan Konsumsi Daya *Auxiliary Fan* Di PLTU Pelabuhan Ratu

SKRIPSI

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin

Oleh
Akbar M. Reza
NIM. 2202421036

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2026**

ii



“Skripsi ini kupersembahkan untuk ayah, mama, bangsa dan almamater”

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**Analisis Pengaruh Kebocoran *Air Preheater* Terhadap Efisiensi *Boiler* Dan
Konsumsi Daya *Auxiliary Fan* DI PLTU Pelabuhan Ratu**

Oleh

Akbar M. Reza

Nim. 2202421036

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T
NIP. 199403092019031013

Pembimbing 2

Fitri Wijayanti, S.Si., M.Eng.
NIP. 198509042014042001

Kepala Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T.
NIP. 19660519199031002



HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Analisis Pengaruh Kebocoran *Air Preheater* Terhadap Efisiensi *Boiler* Dan Konsumsi Daya *Auxiliary Fan* DI PLTU Pelabuhan Ratu

Oleh

Akbar M. Reza

NIM.2202421036

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 14 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T NIP.199403092019031013	Ketua		
2.	Dr., Paulus Sukusno, S.T., M.T NIP. 196108011989031001	Anggota		
3.	Dr., Gun Gun Ramdhan Gunadi, M.T. NIP.197111142006041001	Anggota		

Depok, 14 Juli 2026

Disahkan Oleh :

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.

NIP. 197602252000121002



LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Akbar M. Reza

NIM : 2202421036

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam skripsi telah saya kutip, dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Depok, 2 Juli 2026

Akbar M. Reza

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



ANALISIS PENGARUH KEBOCORAN *AIR PREHEATER* TERHADAP EFISIENSI *BOILER* DAN KONSUMSI DAYA *AUXILIARY FAN* DI PLTU PELABUHAN RATU UNIT 2

Akbar M. Reza¹⁾, Yuli Mafendro Eka Saputra¹⁾, Fitri Wijayanti²⁾

¹⁾Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: akbar.m.reza.tm22@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kebocoran udara pada *Air Preheater* terhadap efisiensi boiler dan konsumsi daya *auxiliary fan* di Unit 2 PLTU Pelabuhan Ratu. Metode yang digunakan adalah Metode kuantitatif deskriptif dengan komparasi data operasional sebelum dan sesudah *overhaul* berdasarkan standar ASME PTC 4.3 dan perhitungan metode *heat loss*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelaksanaan *overhaul* berhasil menurunkan persentase kebocoran udara APH dari 16,62% menjadi 7,21%. Penurunan kebocoran ini berdampak langsung pada peningkatan efisiensi termal boiler dari 83,67% menjadi 84,61%. Selain itu, konsumsi daya rata-rata peralatan turut mengalami penghematan, di mana beban daya *Primary Air Fan* (PA Fan) turun sebesar 9,97% dan *Forced Draft Fan* (FD Fan) turun sebesar 4,33%. Dapat disimpulkan bahwa perbaikan APH efektif memulihkan efisiensi sistem dan menekan pemakaian daya listrik pembangkit.

Kata Kunci: *Air Leakage*, *Air Preheater*, *Auxiliary Fan*, Efisiensi Boiler, *Overhaul*.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



ANALYSIS OF THE EFFECT OF AIR PREHEATER LEAKAGE ON BOILER EFFICIENCY AND AUXILIARY FAN POWER CONSUMPTION AT PELABUHAN RATU POWER PLANT UNIT 2

Akbar M. Reza¹⁾, Yuli Mafendro Eka Saputra¹⁾, Fitri Wijayanti²⁾

¹⁾Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: akbar.m.reza.tm22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of air leakage in the Air Preheater on boiler efficiency and auxiliary fan power consumption at Unit 2 of the Pelabuhan Ratu Coal-Fired Power Plant (PLTU). A descriptive quantitative method was employed, comparing operational data before and after the overhaul based on the ASME PTC 4.3 standard and the heat loss calculation method. The results indicated that the overhaul successfully reduced the APH air leakage from 16.62% to 7.21%. This reduction in leakage directly contributed to an increase in the thermal efficiency of the boiler, rising from 83.67% to 84.61%. Furthermore, the average power consumption of the auxiliary equipment also demonstrated significant savings, with the power load of the Primary Air Fan (PA Fan) and Forced Draft Fan (FD Fan) decreasing by 9.97% and 4.33%, respectively. In conclusion, the maintenance and repair of the APH are highly effective in restoring overall system efficiency and reducing the internal power consumption of the power plant.

Keywords: Air Leakage, Air Preheater, Auxiliary Fan, Boiler Efficiency, Overhaul.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat-Nya, skripsi yang berjudul “Analisis Kebocoran *Air Preheater* terhadap Efisiensi *Boiler* dan Konsumsi *Daya Auxiliary Fan*” dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun guna memenuhi sebagian persyaratan kelulusan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa kelancaran penulisan skripsi ini terwujud berkat bantuan, arahan, dan dukungan dari banyak pihak. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas setiap arahan dan dukungan moral yang diberikan.
2. Bapak Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. sebagai Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi. Bantuan administratif dan dorongan semangat dari beliau sangat berarti dalam proses penyelesaian skripsi ini
3. Bapak Yuli Mafendro Eka Saputra, S.Pd., M.T., selaku Dosen Pembimbing I. Terima kasih yang sebesar-besarnya atas kesabaran beliau dalam memandu, mengarahkan, serta memberikan masukan yang konstruktif hingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Kepada Ibu Fitri Wijayanti, S.Si., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas saran dan pandangan berharga beliau yang telah memandu alur dan arah perancangan penulisan tugas akhir ini.
5. Almarhum Firdaus Edy Zaedimar, ayah tercinta sekaligus *role model* abadi bagi penulis. Sosok paling utama yang kepadanya skripsi ini penulis persembahkan, hingga rasanya ingin ucapkan secara langsung, “*I did it, satu janji sudah ditepati ya, Yah.*” Terima kasih atas setiap wejangan dan motivasi yang dulu pernah ditanamkan. Meski ragamu telah tiada, setiap

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

katamu tetap hidup dan menjadi bahan bakar utama bagi penulis untuk terus berjuang hingga titik ini.

6. Vera Astuti selaku mamah tercinta, atas setiap bait doa yang dilangitkan, restu yang melapangkan langkah, serta dukungan tanpa batas yang senantiasa mengalir. Kehangatanmu adalah kekuatan terbesar penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
7. Fahmi Adam, Hilmia Erianto, Karina Erianto, dan Naufal Faiz, saudara-saudara tercinta. Terima kasih atas uluran doa, kebaikan, dan kehangatan dukungan yang tak pernah putus. Kehadiran kalian adalah sandaran yang sangat berarti dalam perjalanan penulis merampungkan tugas akhir ini.
8. Kepada rekan-rekan seperjuangan Energi Power 22, terima kasih atas kebersamaan dan bantuan kalian dalam setiap kegiatan perkuliahan, kehadiran kalian menjadikan perjalanan studi ini terasa jauh lebih menyenangkan dan penuh kesan.
9. Teruntuk teman-teman semasa SMA, terima kasih atas kesetiaan kalian dalam memberikan dukungan semangat serta selipan doa yang tak pernah putus hingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Depok, 2 Juli 2026

Akbar M. Reza



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	2
1.3 Pertanyaan Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Landasan Teori.....	5
2.1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap	5
2.1.2 Siklus Udara	6
2.1.3 Auxiliary Fan	6
2.1.4 Boiler.....	9
2.1.5 Air Preheater	10
2.1.5.1 Jenis-Jenis Air Preheater	11
2.1.5.2 Komponen Utama Air Preheater	14

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	xii
2.1.5.3 Prinsip Kerja <i>Air Preheater</i>	16
2.1.6 <i>Overhaul</i> pada <i>Air Preheater</i>	17
2.1.7 <i>Air Preheater</i> Mengalami Kebocoran	18
2.1.8 Perhitungan Performa <i>Air Preheater</i>	19
2.1.9 Efisiensi <i>Boiler</i>	21
2.2 Kajian Literatur	26
2.3 Kerangka Pemikiran	30
BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 Jenis Penelitian	32
3.2 Objek Penelitian	32
3.2.1 <i>Air Preheater</i>	32
3.2.2 <i>Boiler</i>	34
3.2.3 <i>Auxiliary Fan</i>	35
3.3 Metode Pengambilan Sampel	37
3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian	38
3.5 Metode Pengumpulan Data Penelitian	39
3.6 Metode Analisis Data	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Identifikasi Masalah	43
4.2 Data Operasional	46
4.2.1 Data Operasi <i>Air Preheater</i>	46
4.2.2 Data Operasi <i>Boiler</i>	47
4.2.3 Data Operasional Pemakaian Daya Pembangkit	48
4.2.4 Data <i>Proximate</i> Dan <i>Ultimate Analysis Coal</i>	50
4.3 Analisis Data	51
4.3.1 Perhitungan <i>Air Leakage</i>	51
4.3.2 Perhitungan Efisiensi <i>Boiler</i> Metode <i>Heat Loss</i>	52



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

xiii

4.3.3 Perhitungan Konsumsi Daya <i>Auxiliary Fan</i>	58
4.4 Hasil Perhitungan	59
4.4.1 Hasil Perhitungan <i>Air Preheater</i>	59
4.4.2 Hasil Perhitungan Efisiensi <i>Boiler</i>	61
4.4.4 Hasil Perhitungan Konsumsi Daya <i>Auxiliary Fan</i>	63
4.5 Pembahasan	65
4.5.1 Analisis Pengaruh <i>Air Leakage</i> Terhadap Efisiensi <i>Air Preheater</i>	65
4.5.2 Analisis Pengaruh <i>Air Leakage</i> Terhadap Efisiensi <i>Boiler</i>	66
4.5.3 Analisis Pengaruh <i>Leakage</i> Terhadap Konsumsi Daya <i>Auxiliary Fan</i>	67
BAB V PENUTUP	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	5
Gambar 2. 2 <i>Forced Draft Fan</i>	7
Gambar 2. 3 <i>Primary Air Fan</i>	7
Gambar 2. 4 <i>Induced Draft Fan</i>	8
Gambar 2. 5 <i>Boiler</i>	9
Gambar 2. 6 <i>Air Preheater</i>	10
Gambar 2. 7 <i>Tubular Air Preheater</i>	11
Gambar 2. 8 <i>Regenerative Air Preheater</i>	13
Gambar 2. 9 Komponen utama <i>Air Preheater</i>	14
Gambar 2. 10 Ilustri Cara Kerja <i>Air Preheater</i>	16
Gambar 2. 11 <i>Overhaul Air Preheater</i>	17
Gambar 2. 12 Kebocoran <i>Air Preheater</i>	18
Gambar 3. 1 <i>Air Preheater</i>	33
Gambar 3. 2 <i>Boiler</i>	34
Gambar 3. 3 <i>Auxiliary Fan</i>	35
Gambar 3. 4 Alur Penelitian	41
Gambar 4. 1 <i>Heating element</i> sebelum <i>Overhaul</i>	43
Gambar 4. 2 <i>Seal</i> Sebelum <i>overhaul</i>	44
Gambar 4. 3 <i>Heating Element</i> Setelah <i>Overhaul</i>	45
Gambar 4. 4 <i>Seal</i> Setelah <i>Overhaul</i>	45
Gambar 4. 5 Pengaruh <i>Air Leakage</i> Terhadap Efisiensi <i>Air Preheater</i>	65
Gambar 4. 6 Pengaruh <i>Air Leakage</i> Terhadap Efisiensi <i>Boiler</i>	66
Gambar 4. 7 Pengaruh <i>Air Leakage</i> terhadap daya <i>auxiliary fan</i>	68

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 2 Spesifikasi <i>Air Preheater</i>	33
Tabel 3. 3 Spesifikasi <i>Boiler</i>	35
Tabel 3. 4 Spesifikasi <i>Primary Air Fan</i>	36
Tabel 3. 5 Pengambilan data	37
Tabel 4. 1 Data <i>Air Preheater</i>	46
Tabel 4. 2 Data Operasi <i>Boiler</i>	47
Tabel 4. 3 Konsumsi Daya Pembangkit	49
Tabel 4. 4 Data <i>Proximate Dan Ultimate</i>	50
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Efisiensi <i>Boiler</i>	57
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan <i>Air Preheater</i> Sebelum <i>Overhaul</i>	59
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan <i>Air Preheater</i> Setelah <i>Overhaul</i>	60
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Efisiensi <i>Boiler</i> Sebelum <i>Overhaul</i>	61
Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Efisiensi <i>Boiler</i> Setelah <i>Overhaul</i>	62
Tabel 4. 10 Konsumsi Daya <i>Auxiliary Fan</i> Sebelum <i>Overhaul</i>	63
Tabel 4. 11 Konsumsi Daya <i>Auxiliary Fan</i> Setelah <i>Overhaul</i>	64

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

PLTU Pelabuhan Ratu yang berlokasi di Jawa Barat merupakan pembangkit listrik tenaga uap dengan kapasitas terpasang sebesar 3 x 350 Megawatt[1]. Pembangkit ini menggunakan sistem pembakaran batu bara yang dilengkapi dengan berbagai peralatan pendukung guna meningkatkan efisiensi termal dan mengendalikan emisi, salah satunya adalah *Air Preheater* (APH). Perangkat ini berfungsi untuk memanaskan udara pembakaran yang disuplai oleh *Primary Air Fan* (PA Fan) dan *Forced Draft Fan* (FD Fan) dengan memanfaatkan energi panas sisa dari gas buang (*flue gas*). Proses pemulihan panas ini tidak hanya meningkatkan efisiensi boiler dan menekan konsumsi bahan bakar, tetapi juga menurunkan temperatur gas buang sebelum masuk ke *Electrostatic Precipitator* (ESP) dan *Induced Draft Fan* (ID Fan), sehingga meringankan beban kerja peralatan tersebut [2].

Seiring dengan lamanya waktu operasi, kinerja APH dapat mengalami degradasi. Berdasarkan laporan hasil inspeksi pada saat pemeliharaan tahunan (*overhaul*) di PLTU Pelabuhan Ratu Unit 2, ditemukan indikasi kerusakan pada komponen utama APH, meliputi seal dan heating elemen. Kerusakan khususnya pada sistem *seal* ini memicu terjadinya kebocoran udara (*air leakage*) dari sisi udara bertekanan tinggi ke sisi gas buang yang bertekanan lebih rendah [2]. Kondisi empiris ini diperkuat oleh data operasional yang menunjukkan ketidakefektifan proses perpindahan panas antara gas buang dan udara pembakaran, yang mengindikasikan adanya penurunan performa termal pada APH.

Fenomena kebocoran udara pada APH ini memberikan dampak langsung terhadap penurunan efisiensi *boiler*. masuknya udara dingin yang bocor ke saluran gas buang menyebabkan peningkatan kerugian panas (*dry flue gas heat loss*) yang terbuang melalui cerobong [3]. Akibatnya, efisiensi termal *boiler* mengalami penurunan karena sebagian besar energi panas tidak dimanfaatkan dengan optimal untuk siklus utama.

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Selain menurunkan efisiensi *boiler*, kebocoran APH juga memicu lonjakan konsumsi daya listrik pada *auxiliary fan* [4]. Merujuk pada hasil analisis dan pemodelan dari jurnal penelitian terdahulu, unit pembangkit idealnya harus mempertahankan rasio udara sebesar $8,35 \frac{kg \text{ air}}{kg \text{ coal}}$ untuk menjaga kestabilan beban operasi [5]. Namun, fenomena kebocoran pada *Air Preheater* menyebabkan pemenuhan rasio tersebut terganggu karena sebagian volume udara bersih terbangun sebelum mencapai *furnace*. Kondisi ini memaksa FD Fan dan PA Fan bekerja ekstra keras guna mengompensasi massa udara yang hilang demi menjaga parameter pembakaran tetap terpenuhi. Di sisi lain, udara yang bocor tersebut masuk ke jalur pembuangan dan bercampur dengan gas buang, sehingga secara drastis meningkatkan total volume gas yang harus diisap oleh ID Fan. Kenaikan beban kerja secara simultan pada ketiga *auxiliary fan* ini pada akhirnya memicu pembengkakan pemakaian listrik sendiri (*station service*) dan berujung pada peningkatan *Net Plant Heat Rate* (NPHR) pembangkit.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Degradasi kinerja *Air Preheater* (APH) yang dipicu oleh tingginya tingkat kebocoran udara (*air leakage*) memiliki dampak krusial terhadap penurunan efisiensi termal *boiler* dan peningkatan beban kerja *auxiliary fan*. Berdasarkan hal tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini difokuskan untuk mengevaluasi efektivitas *overhaul* dalam mengembalikan performa APH Unit 2 PLTU Pelabuhan Ratu. Upaya pemecahan masalah ini dilakukan melalui komparasi kinerja APH fase pra dan pasca *overhaul* dengan menerapkan metode perhitungan standar ASME PTC 4.3. Evaluasi komprehensif ini bertujuan untuk membuktikan keberhasilan penurunan tingkat kebocoran udara agar kembali beroperasi di dalam rentang batas toleransi.



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Pertanyaan Penelitian

1. Berapa besar nilai persentase kebocoran udara serta nilai parameter kinerja termal *Air Preheater* Unit 2 sebelum dan sesudah dilakukan *overhaul* menggunakan metode standar perhitungan ASME PTC 4.3?
2. Berapa besar peningkatan nilai efisiensi termal *boiler* setelah dilakukannya perbaikan *Air Preheater* melalui *overhaul*?
3. Berapa besar penghematan konsumsi daya listrik pada *auxiliary fan* (FD Fan dan PA Fan) setelah dilakukannya *overhaul* pada APH?

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menghitung persentase kebocoran udara (*air leakage*) serta mengevaluasi kinerja termal *Air Preheater* (meliputi *Gas Side Efficiency* dan *Temperatur Gas No Leakage*) sebelum dan sesudah dilakukan *overhaul*.
2. Menghitung dan menganalisis besar peningkatan efisiensi termal *boiler* yang diakibatkan oleh perbaikan kebocoran *Air Preheater* setelah *overhaul*.
3. Menghitung selisih penghematan konsumsi daya listrik pada *auxiliary fan* (FD Fan, dan PA Fan) sebagai dampak dari perbaikan APH setelah *overhaul*.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan kompetensi praktis dan teoretis mahasiswa mengenai sistem *air preheater*. Lebih lanjut, hasil penelitian ini juga memberikan pemahaman yang lebih mendalam terkait bagaimana kebocoran udara pada *air preheater* memengaruhi efisiensi *boiler* dan penggunaan daya *auxiliary fan* di lingkungan PLTU Pelabuhan Ratu.
2. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan dampak positif bagi Politeknik Negeri Jakarta, yakni sebagai tambahan referensi dan wawasan keilmuan mengenai sistem pembangkit listrik, terutama pada komponen *air preheater*.
3. Penelitian ini juga diharapkan mampu memberikan sumbangsih bagi PT PLN Indonesia Power UBP JABAR 2 Pelabuhan Ratu berupa referensi dan landasan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

evaluasi terhadap performa serta keandalan operasional di lingkungan pembangkit listrik, terutama pada unit *air preheater*

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

BAB I PENDAHULUAN

Bab pertama ini difokuskan pada penyajian landasan penelitian, yang terdiri atas latar belakang, rumusan maupun batasan masalah, tujuan dan manfaat kajian, beserta susunan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teori dan tinjauan literatur yang relevan, disusun guna mendukung kerangka berpikir serta analisis topik utama yang diangkat dalam penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan metodologi penelitian yang menjadi acuan penyelesaian masalah. Komponen yang dibahas meliputi prosedur kerja, langkah-langkah pengumpulan dan pengolahan data, serta metode analisis yang digunakan.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat penjabaran hasil penelitian yang terdiri atas perolehan data efisiensi *air preheater*, data efisiensi operasional *boiler*, dan data perbandingan kinerja auxiliary air fan.

BAB V PENUTUP

Bab penutup ini memuat simpulan utama yang ditarik dari keseluruhan proses penelitian, disertai dengan rekomendasi atau saran yang relevan sebagai tindak lanjut dari temuan kajian tersebut.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, perhitungan, serta pembahasan mengenai pengaruh kebocoran (*air leakage*) Air Preheater terhadap efisiensi *boiler* dan konsumsi daya *auxiliary fan* di Unit 2 PLTU Pelabuhan Ratu pada periode sebelum dan sesudah *overhaul*, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pelaksanaan *overhaul* pergantian komponen *seal* dan *heating element* air preheater terbukti efektif menurunkan *air leakage* dari 16,62% menjadi 7,21%. Nilai kebocoran yang dihitung menggunakan metode ASME PTC 4.3 ini telah memenuhi standar toleransi desain global pada buku Babcock & Wilcox untuk air preheater tipe *regenerative*, yakni sebesar 5% – 15%. Penurunan tingkat kebocoran tersebut secara langsung memicu lonjakan *Gas Side Efficiency* dari 35,11% menjadi 54,73%.
2. Berkurangnya tingkat kebocoran udara pada Air Preheater memberikan pengaruh positif dan proporsional terhadap naiknya efisiensi termal *boiler*. Berkurangnya udara dingin yang menyeberang dan mencampuri sisi gas buang meminimalkan energi panas yang terbuang sia-sia, sehingga secara drastis menekan kerugian panas akibat gas buang kering (*dry flue gas heat loss*). Kondisi ini berhasil mendongkrak efisiensi pembakaran *boiler* sebesar 0,94%, yakni dari 83,67% sebelum *overhaul* meningkat menjadi 84,61% sesudah *overhaul*.
3. Perbaikan kebocoran pada Air Preheater menekan secara drastis pemborosan sirkulasi udara pembakaran, sehingga menurunkan beban kerja *auxiliary fan* yang sebelumnya harus bekerja ekstra untuk mempertahankan pasokan udara teoritis. Hal ini menghasilkan penghematan konsumsi daya listrik yang signifikan. Konsumsi daya rata-rata pada *Primary Air Fan* (PA Fan) mengalami penurunan paling tinggi, yaitu sebesar 9,97% dari 1.612,94 kW menjadi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.452,13 kW. Sementara itu, beban konsumsi daya pada *Forced Draft Fan* (FD Fan) juga mencatatkan penurunan sebesar 4,33%, yakni dari 1.715,88 Kwh menjadi 1.641,59 kWh.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian dan hasil evaluasi performa operasional sistem pembangkit, terdapat beberapa saran yang direkomendasikan untuk mempertahankan tingkat keandalan operasional di masa mendatang, diantaranya:

1. Diperlukan *monitoring* harian yang ketat melalui layar *Distributed Control System* (DCS) dengan memperhatikan selisih nilai persentase Oksigen O_2 di saluran gas buang sebelum masuk (*inlet*) dan setelah keluar (*outlet*) APH. Jika selisih O_2 melonjak secara drastis, hal tersebut bisa dijadikan sebagai sistem deteksi dini adanya peningkatan kebocoran udara.
2. Peningkatan spesifikasi material pada *heating element* dan *sealing* di *Air Preheater* (APH) sangat direkomendasikan guna memperpanjang umur pakai (*lifetime*) operasional. Penggunaan material yang lebih tahan terhadap korosi, abrasi, serta keausan mekanis akan meminimalisasi laju kerusakan fisik komponen. Dengan demikian, efektivitas perpindahan panas akan tetap stabil, dan pelebaran celah akibat kerusakan *seal* yang memicu *air leakage* dapat ditekan secara maksimal.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk berfokus pada analisis keekonomian (*cost-benefit analysis*). Penelitian dapat mengomparasikan total biaya nyata pelaksanaan *overhaul Air Preheater* terhadap penghematan finansial (Rupiah) dari efisiensi konsumsi batu bara dan penurunan pemakaian daya *auxiliary fan*. Evaluasi ini akan memberikan justifikasi finansial yang kuat bagi pihak manajemen pembangkit

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “HMSO\JAS D[JABDPA.”
- [2] P. K. . Nag, *Power plant engineering*. Tata McGraw-Hill, 2001.
- [3] “Airgn Stgdj Mgegrdtkrs Airgn Stgdj Mgegrdtkrs Rgrakrjdecg ^gst Ckngs Rgrakrjdecg ^gst Ckngs.”
- [4] A. S. Vidhate and A. K. Sharma, “Computation of Air-Ingress in Air-Preheater,” *Power Research - A Journal of CPRI*, pp. 177–180, Mar. 2025, doi: 10.33686/pwj.v20i2.1175.
- [5] R. Dwi Ari Zulfikar, B. Suharto, and P. Negeri Bandung Jalan Gegerkalong Hilir, “Pengaruh Variasi Udara Pembakaran Terhadap Efisiensi Boiler dengan Menggunakan Perhitungan Metode Langsung dan Tidak Langsung,” vol. 11, no. 1, pp. 444–448, 2024.
- [6] E. Sarwono and I. Saputra, “PEMAKAIAN METODE ASME PTC 4.1 PADA EVALUASI PERFORMA (EFISIENSI) BOILER PULVERIZED FIRING DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU),” *Jurnal Ilmiah Sains & Rekayasa*, vol. 1, no. 1, 2023, [Online]. Available: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- [7] T. Pelajaran, “Simple Inspiring Performing Phenomenal Simple Inspiring Performing Phenomenal ii ii DAFTAR ISI DAFTAR ISI.”
- [8] A. Ghani Safitra, A. Rosnauli, and S. Nugroho, “ANALISA DAYA HISAP ID FAN PADA PLTU KAPASITAS 400 MW,” *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-6 ISAS Publishing Series: Engineering and Science*, vol. 6, no. 1, 2020.
- [9] J. B. . Kitto and S. C. . Stultz, *Steam, its generation and use*. Babcock & Wilcox, 2005.
- [10] “10. BAB II”.
- [11] L. A. Preheater, “Ljungström Air Preheater Operation &Maintenance Manual (770047-5-8462) LJUNGSTRÖM AIR PREHEATER OPERATION &

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

MAINTENANCE MANUAL PROUDUCT TYPE 2-29VI(T)-78"(82") SMRC
PRODUCT NAME.”

- [12] I. Subhan Fathurrahman, A. Ekayuliana, and D. P. Sukusno, “Analisis Variasi Kecepatan Rotasi Rotor Air Preheater Terhadap Efektifitas pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap,” 2024. [Online]. Available: <http://prosiding.pnj.ac.id>
- [13] “3 x350 MW Indonesia PalabuhanRatu Coal Fired Power Project LJUNGSTRÖM AIR PREHEATER OPERATION & MAINTENANCE MANUAL.”
- [14] N. Maulana Wardoyo and E. Prabowow, “Analisis Air Leakage Terhadap Unjuk Kerja Air Preheater A Sebelum Dan Sesudah Overhaul Di Pltu Adipala 1 X 660 Mw PT. PLN (Persero),” *Jurnal Power Plant*, vol. 8, no. 2, 2020, doi: 10.33322/powerplant.v8i2.1542.
- [15] Y. Li, H. Wei, C. Fan, and W. Shi, “A Novel Numerical Simulation Study of Air Leakage in Rotary Air Preheaters Based on Rotor Thermal Deformation,” *Processes*, vol. 12, no. 3, Mar. 2024, doi: 10.3390/pr12030505.
- [16] A. Society Of Mechanical Engineers, “Fired Steam Generators A N A M E R I C A N N A T I O N A L S T A N D A R D Performance Test Codes.”
- [17] “Sitasi kajian literatur 1”.
- [18] H. Cipta Di Lindungi Undang-Undang -----
-----, “ANALISIS PENGARUH UNJUK KERJA AIR PRIHEATER TERHADAP EFISIENSI BOILER SKRIPSI OLEH: SYAH RINAL EFENDI 168130052 PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN 2021.”
- [19] M. Habibuddin, M. Anshar, and F. Firman, “Analisis Efisiensi Boiler Menggunakan Metode Direct dan Indirect pada PLTU Jeneponto 2×135 MW,” *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, vol. 22, no. 1, pp. 132–142, Sep. 2024, doi: 10.31963/sinergi.v22i1.5002.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

- [20] M. Rochim and R. Oktaviansyah, "Perhitungan Efisiensi Boiler TWA dengan Metode secara Tidak Langsung," *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi MigasZoom*, vol. 6, no. 2, pp. 85–92, Nov. 2024, doi: 10.37525/mz/2024-2/610.
- [21] J. Fisika, W. T. Alhijri, and T. H. Ariwibowo, "Wildan Tajudin Alhijri / Evaluasi Kinerja Rotary Air Preheater dengan Metode ϵ -NTU pada Pengaruh Sudut Seal Evaluasi Kinerja Rotary Air Preheater dengan Metode ϵ -NTU pada Pengaruh Sudut Seal," no. 55, 2015.
- [22] "pdf-p-classtruncatedtext-module-lineclamped-85ulhh-style-max-lines5efisiensi-boiler-melalui-pemeliharaan-air-heater-p_compress".
- [23] S. P. Wicaksana, A. Rahmatulloh, and R. Subandi, "ANALISIS EFISIENSI BOILER FIRE-TUBE PADA PRODUKSI STPP DI PT PETROCENTRAL GRESIK MENGGUNAKAN METODE LANGSUNG DAN TIDAK LANGSUNG," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 9, no. 3, pp. 258–265, Sep. 2023, doi: 10.33795/distilat.v9i3.3777.
- [24] H. Mutiara Fitri and S. Wardoyo, "Sistem Kendali Tekanan Udara Sekunder Pada Force Draft Fan (FDF) Pembangkit Listrik Tenaga Uap," *JURNAL AMPLIFIER: JURNAL ILMIAH BIDANG TEKNIK ELEKTRO DAN KOMPUTER*, vol. 14, no. 2, pp. 125–133, Oct. 2024, doi: 10.33369/jamplifier.v14i2.37331.
- [25] M. F. Anugrah, L. S. Patras, and H. Tumaliang, "Optimization Primary Air Fan System to Enhance Combustion Efficiency Boiler Optimalisasi Sistem Primary Air Fan Untuk Meningkatkan Efisiensi Pembakaran Pada Boiler."
- [26] H. Zhu *et al.*, "Experimental and numerical investigations on the local direct leakage process of rotary regenerative air preheater," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 4, Feb. 2020, doi: 10.3390/app10041523.
- [27] G.-N. Stamatelopoulos, J.-C. Samedard, and S. Darling, "OPERATIONAL EXPERIENCE FROM THE FIRST 300 MW OPERATIONAL EXPERIENCE FROM THE FIRST 300 MW EL EL CFB CFB PLANT IN THE P. R. OF CHINA PLANT IN THE P. R. OF CHINA."

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [28] K. Dan, “METODE PENELITIAN KUANTITATIF.”
- [29] I. Viktor Malau and D. Ir Viktor Malau, “BOILER BOILER EFFICIENCY EFFICIENCY (ASME PTC 4-1) (ASME PTC 4-1) Performance Test Code Performance Test Code,” 2016.

