

**ANALISIS PENGARUH KEBOCORAN UDARA TERHADAP EFISIENSI  
AIR PREHEATER UNIT 2 PLTU BANTEN 3 LONTAR  
POMU SAAT *OVERHAUL***



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

DIMAS YUSUF BAHTIAR  
NIM : 41319120022

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2023

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH KEBOCORAN UDARA TERHADAP EFISIENSI  
*AIR PREHEATER* UNIT 2 PLTU BANTEN 3 LONTAR  
POMU SAAT *OVERHAUL*



Disusun Oleh :

Nama : Dimas Yusuf Bahtiar  
NIM : 41319120022  
Program Studi : Teknik Mesin

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

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Dimas Yusuf Bahtiar

NIM : 41319120022

Program Studi : Teknik Mesin

Judul laporan Skripsi : Analisis Pengaruh Kebocoran Udara Terhadap Efisiensi Air Preheater Unit 2 PLTU Banten 3 Lontar POMU Saat Overhaul

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

Disahkan oleh :

Pembimbing : Andi Firdaus Sudarma, S.T., M.T

NIDN : 0327118104

Penguji 1 : Muhamad Fitri, M.Si., Ph.D

NIDN : 1013126901

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

NIDN : 0327036601

Jakarta, 19 Desember 2023

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T

Ketua Program Studi



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

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dimas Yusuf Bahtiar

NIM : 41319120022

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Kebocoran Udara Terhadap Efisiensi Air  
*Preheater* Unit 2 PLTU Banten 3 Lontar Pomu Saat *Overhaul*

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya serta hasil penulisan laporan Tugas Akhir yang sudah penulis buat ini adalah hasil karya saya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia mendapatkan hukuman sesuai aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

MERCU BUANA

Jakarta, 19 Desember 2023



(Dimas Yusuf Bahtiar)

## PENGHARGAAN

Puji syukur selalu dan tidak lupa penulis panjatkan kepada ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, karena atas karunia-Nya penulis bisa menuntaskan Tugas Akhir dengan tepat waktu. Laporan Tugas Akhir merupakan salah satu syarat untuk menuntaskan seluruh rangkaian kegiatan pelaksanaan Tugas Akhir serta sebagai salah satu syarat untuk kelulusan jenjang Sarjana Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

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. Tuhan Yang Maha Esa, atas izin dan kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.T selaku koordinator tugas akhir sekaligus sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
5. Bapak Andi Firdaus Sudarma, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan nasehat selama jalannya proses tugas akhir ini.
6. Bapak Asep Ruhiyat selaku supervisor senior Regu C yang telah membantu dalam pengumpulan data operasi.
7. Bapak Edi selaku pihak Enjiniring yang telah membantu dalam proses perhitungan data efisiensi *air preheater*.
8. Kedua orang tua, Ayahanda Casto dan Ibunda Sri Aningsih yang selalu mendukung baik secara moral dan keuangan kepada penulis.

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, 19 Desember 2023

(Dimas Yusuf Bahtiar)



## ABSTRAK

Efisiensi *boiler* pada pembangkit listrik tenaga uap sangat bergantung pemanfaatan panas hasil dari gas buang oleh pemanas udara atau *air preheater*. Kinerja suatu peralatan akan mulai menurun seiring dengan bertambahnya usia pakai . Untuk meningkatkan efisiensi *air preheater* dapat dicapai dengan menaikkan performa yaitu meminimalisir kebocoran udara (AL) pada *air preheater*. Dampak dari kebocoran tersebut, sebagai akibatnya akan meningkatnya efisiensi *air preheater*. Penurunan performa pemanas udara akan menurunkan performa unit sehingga bisa memberikan dampak kerugian bagi suatu pembangkit. Tujuan penelitian ini adalah mengukur performa efisiensi dengan 3 variasi beban pada kondisi sebelum dan sesudah *overhaul* beserta memberikan rekomendasi perbaikan terhadap faktor – faktor yang menyebabkan penurunan kinerja *air preheater*. Metodologi penelitian yang digunakan adalah dengan membandingkan data aktual parameter sebelum dilakukannya *overhaul* dengan data aktual parameter setelah *overhaul* pada 3 variasi beban yang berbeda. Dari data tersebut akan dihitung menggunakan ASME PTC 4.3 (*American Society Of Mechanical Engineer* ). Perhitungan tersebut akan menghasilkan nilai *gas side efficiency* dan nilai *air leakage* yang kemudian akan dibandingkan pada kondisi sebelum dan sesudah *overhaul*. Tingkat efisiensi tertinggi pada beban 295 MW setelah *overhaul* sebesar 56,80% dan nilai *air leakage* mengalami penurunan sebesar 13,5%. Tingkat efisiensi terendah pada beban 210 MW setelah *overhaul* sebesar 55,27% dan kebocoran udara sebesar 13,69%. Dari penelitian diketahui penyebab menurunnya kinerja *air preheater* dikarenakan kebocoran udara, pengotor elemen, dan komposisi gas buang.

**Kata Kunci** : Efisiensi, *Overhaul*, *Air Preheater*, Pemanfaatan Gas Buang.

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF AIR LEAKAGE ON THE EFFICIENCY OF  
AIR PREHEATER UNIT 2 PLTU BANTEN 3 LONTAR  
POMU DURING OVERHAUL**

**ABSTRACT**

*The efficiency of boilers in steam power plants is highly dependent on the utilization of heat from flue gases by air heaters or air preheaters. The performance of a piece of equipment will begin to decline with age. To increase the efficiency of the air preheater can be achieved by increasing the performance, namely minimizing air leakage (AL) in the air preheater. The impact of these leaks, as a result, will increase the efficiency of the air preheater. A decrease in air preheater performance will reduce unit performance so that it can have a loss impact on a power plant. The purpose of this study is to measure efficiency performance with 3 load variations in conditions before and after overhaul and provide recommendations for improvements to factors that cause a decrease in air preheater performance. The research methodology used is to compare the actual data of parameters before overhaul with the actual data of parameters after overhaul at 3 different load variations. The data will be calculated using ASME PTC 4.3 or (American Society Of Mechanical Engineer). The calculation will produce a gas side efficiency value and air leakage value which will then be compared in the conditions before and after overhaul. The highest efficiency level at 295 MW load after overhaul was 56.80% and the air leakage value decreased by 13.5%. The lowest efficiency level at 210 MW load after overhaul was 55.27% and air leakage was 13.69%. From the research, it is known that the cause of the decline in air preheater performance is due to air leakage, elemental impurities, and flue gas composition.*

**Keywords:** *Efficiency, Overhaul, Air Preheater, Exhaust Gas Utilization.*



## DAFTAR ISI

|   |            |
|---|------------|
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b>                 | <b>i</b>   |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b>                 | <b>ii</b>  |
| <b>PENGHARGAAN</b>                        | <b>iii</b> |
| <b>ABSTRAK</b>                            | <b>v</b>   |
| <b><i>ABSTRACT</i></b>                    | <b>vi</b>  |
| <b>DAFTAR ISI</b>                         | <b>vii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>                      | <b>ix</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL</b>                       | <b>x</b>   |
| <b>DAFTAR SINGKATAN</b>                   | <b>xi</b>  |
| <br>                                      |            |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                  | <b>1</b>   |
| 1.1 LATAR BELAKANG                        | 1          |
| 1.2 RUMUSAN MASALAH                       | 2          |
| 1.3 TUJUAN                                | 2          |
| 1.4 MANFAAT                               | 3          |
| 1.5 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH     | 3          |
| 1.6 SISTEMATIKA PENULISAN                 | 4          |
| <br>                                      |            |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>            | <b>5</b>   |
| 2.1 PENELITIAN TERDAHULU                  | 5          |
| 2.2 TEORI DASAR SISTEM PLTU               | 7          |
| 2.2.1 Bagian Utama PLTU                   | <b>10</b>  |
| 2.2.2 Bagian-bagian <i>Auxiliary</i> PLTU | <b>13</b>  |
| 2.3 PRINSIP KERJA PLTU                    | 14         |
| 2.3.1 Siklus <i>Rankine</i>               | <b>14</b>  |
| 2.4 PROSES PERPINDAHAN PANAS              | 16         |
| 2.4.1 Konduksi                            | <b>16</b>  |
| 2.4.2 Konveksi                            | <b>16</b>  |
| 2.4.3 Radiasi                             | <b>17</b>  |
| 2.5 <i>AIR PREHEATER</i>                  | 17         |
| 2.5.1 Pengertian <i>Air Preheater</i>     | <b>17</b>  |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.5.2 Fungsi dan Prinsip Kerja APH  | 18        |
| 2.5.3 Jenis-jenis <i>Air Preheater</i>                                      | 19        |
| 2.5.4 Kelebihan dan Kekurangan APH  | 22        |
| 2.5.5 Komponen-komponen <i>Air Preheater</i>                                | 24        |
| 2.6 STANDAR ASME PERFORMANCE TEST CODE 4.3                                  | 27        |
| 2.7 KESETIMBANGAN ENERGI  | 30        |
| 2.8 OVERHAUL  | 32        |
| <b>BAB III METODOLOGI</b>   | <b>33</b> |
| 3.1 DIAGRAM ALIR  | 33        |
| 3.2 TEKNIK ANALISIS   | 35        |
| 3.2.1 Teknik Pengumpulan Data   | 35        |
| 3.2.2 Teknik Pengolahan Data  | 39        |
| 3.2.3 Teknik Analisis Data  | 40        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>  | <b>41</b> |
| 4.1 HASIL   | 41        |
| 4.2 Pengolahan Data   | 45        |
| 4.2.1 Perhitungan <i>Air Preheater</i> Sebelum <i>Overhaul</i> Beban 210 MW | 45        |
| 4.2.2 Perhitungan <i>Air Preheater</i> Sesudah <i>Overhaul</i> Beban 210 MW | 49        |
| 4.3 Pembahasan  | 53        |
| 4.3.1 Analisis Tingkat Efisiensi dan <i>Air Leakage</i>                     | 55        |
| 4.3.2 Analisis Laju Aliran Panas Udara ( $Q_c$ )                            | 57        |
| 4.3.3 Analisis laju aliran panas <i>flue gas</i> ( $Q_h$ )                  | 59        |
| 4.3.4 Analisis <i>Log Mean Temperature Difference</i> (LMTD)                | 60        |
| <b>BAB V PENUTUP</b>  | <b>62</b> |
| 5.1 KESIMPULAN  | 62        |
| 5.2 SARAN   | 63        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>   | <b>64</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>   | <b>67</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Siklus PLTU  | 8  |
| Gambar 2. 2 Tata Letak Komponen <i>Boiler</i>  | 10 |
| Gambar 2. 3 Turbin Uap pada PLTU   | 11 |
| Gambar 2. 4 Kondensor pada PLTU  | 12 |
| Gambar 2. 5 Generator pada PLTU  | 13 |
| Gambar 2. 6 Siklus <i>Rankine</i>  | 15 |
| Gambar 2. 7 APH Tipe <i>Ljungstrom Trisector Air Preheater</i>                             | 18 |
| Gambar 2. 8 <i>Air Preheater Tubular Tipe Vertikal</i>                                     | 20 |
| Gambar 2. 9 <i>Air Preheater Tipe Tri Sector, Tipe Quart-Sector, and Concentric-Sector</i> | 21 |
| Gambar 2. 10 <i>Fixed Matrix Air Preheater</i>   | 22 |
| Gambar 2. 11 <i>Hot and Cold Layer</i>   | 24 |
| Gambar 2. 12 Komponen - komponen APH   | 25 |
| Gambar 3. 1 <i>Flow Chart</i> Penelitian   | 33 |
| Gambar 3. 2 <i>Flow Chart</i> Pengumpulan Data   | 35 |
| Gambar 3. 3 Pengambilan Data DCS   | 36 |
| Gambar 3. 4 Pengambilan Sampel Batu bara   | 36 |
| Gambar 3. 5 Alat Pengukur Kualitas Batu Bara   | 36 |
| Gambar 4. 1 <i>Efficiency vs Air Leakage (Sebelum Overhaul)</i>                            | 55 |
| Gambar 4. 4 Grafik laju aliran panas udara   | 57 |
| Gambar 4. 5 Grafik laju aliran panas <i>flue gas</i>                                       | 59 |
| Gambar 4. 6 Grafik <i>Log Mean Temperature Difference</i>                                  | 60 |
| Gambar 4. 7 Diagram <i>Sankey</i> Setelah <i>Overhaul</i> Pada Beban 295 MW                | 61 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu  | 5  |
| Tabel 2. 2 Jenis-jenis <i>Air Preheater</i>                                  | 19 |
| Tabel 2. 3 Kelebihan dan Kekurangan <i>Air Preheater</i>                     | 22 |
| Tabel 2. 4 Spesifikasi <i>Air Preheater</i> PLTU Banten 3 Lontar POMU Unit 2 | 25 |
| Tabel 2. 5 Spesifikasi APH   | 27 |
| Tabel 3. 1 Data - data yang dibutuhkan (PLTU Banten 3 Lontar Unit 2)         | 36 |
| Tabel 4. 1 Data Operasi <i>Air Preheater Before Overhaul</i>                 | 41 |
| Tabel 4. 2 Data Operasi <i>Air Preheater After Overhaul</i>                  | 43 |
| Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan <i>Air Preheater</i> Unit 2                     | 53 |



## DAFTAR SINGKATAN

| SINGKATAN | KETERANGAN                                     |
|-----------|--|
| PLTU      | Pembangkit Listrik Tenaga Uap                  |
| APH       | <i>Air Preheater</i>                           |
| IDF       | <i>Induced Draft Fan</i>                       |
| PAF       | <i>Primary Air Fan</i>                         |
| FDF       | <i>Forced Draft Fan</i>                        |
| LP HEATER | <i>Low Pressure Heater</i>                     |
| HP HEATER | <i>High Pressure Heater</i>                    |
| HSD       | <i>High Speed Diesel</i>                       |
| CCR       | <i>Central Control Room</i>                    |
| OH        | <i>Overhaul</i>                                |
| ASME      | <i>American Society Of Mechanical Engineer</i> |
| BFP       | <i>Boiler Feed Pump</i>                        |
| GSC       | <i>Gland Steam Condenser</i>                   |
| CWP       | <i>Circulating Water Pump</i>                  |



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA