

## **Evaluasi Kinerja Pembangkit Listrik tenaga uap ultra-Supercritical 1000 MW menggunakan GADS dan OEE untuk meningkatkan Efisiensi**

**Herji Hasnanto<sup>1</sup>; Wahyudi Budi Pramono<sup>1</sup>**

1. Universitas Islam Indonesia, Fakultas Teknologi Industri

Program Studi Magister Rekayasa Elektro

Jln. Kaliurang KM 14,5, Ngemplak, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55584 Indonesia

*\*Email: 32925001@students.ac.id*

*Received: 8 April 2025 | Accepted: 7 Januari 2026 | Published: 7 Januari 2026*

### **ABSTRACT**

*With the advancement of time, the demand for electrical energy has become a primary necessity that is inseparable from Indonesian society. However, electricity cannot be produced instantly; rather, it requires a meticulous production process. The Cilacap Steam Power Plant (PLTU) implements the BERKAH guidelines (Happy, Efficient, Reliable, Competent, Adaptive, and Harmonious), with one of its important aspects being adaptability to changing times. Cilacap PLTU continues to upgrade its efficiency from the 2x300MW (Sub-Critical) power plant established in 2006, to the 1x660MW (Supercritical) in 2013, and the 1x1000MW (Ultra Supercritical) in 2019. Nevertheless, the newest unit, the 1x1000MW PLTU, still experiences disruptions such as Force Outage (FO) and Force Derating (FD), resulting in decreased efficiency. Over the past three years, there has been no trend indicating whether the plant's condition falls within the efficient category or not. It is hoped that the EFOR disruptions can remain below 7% and the EAF above 80%, in accordance with the contract with PLN.*

*This study aims to evaluate the plant's performance using Generating Availability Data System (GADS)[2] data that complies with the standards of the North America Electric Reliability Council (NERC) and analyze disruptions using the Overall Equipment Effectiveness (OEE) method [3]. This research measures various parameters such as Equivalent Force Derating Hour (EFDH), Equivalent Plant Derating Hour (EPDH), Equivalent Availability Factor (EAF), and Force Outage Factor (EFOR). The results of this study are expected to provide a reference for improving plant performance and reducing the number of unit failures over the last three years. This research will also produce graphs of GADS and OEE values as a baseline for planning in the upcoming year, which can be valuable information and input for the company.*

**Keywords:** GADS, OEE, Power Plant Performance

### **ABSTRAK**

Dengan perkembangan zaman, kebutuhan tenaga listrik telah menjadi kebutuhan utama yang tak terpisahkan bagi masyarakat Indonesia. Namun demikian, tenaga listrik tidak dapat dihasilkan secara instan, melainkan melalui proses produksi yang teliti [1]. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menerapkan pedoman BERKAH (Bahagia, Efisien, Reliabel, Kompeten, Adaptif, dan Harmonis), dengan salah satu aspek pentingnya adalah adaptif terhadap perkembangan zaman. PLTU XX terus memperbarui efisiensinya dari PLTU 2x300MW (Sub-Critical) yang berdiri pada tahun 2006, PLTU 1x660MW (Supercritical) pada tahun 2013, hingga PLTU 1x1000MW (Ultra Supercritical) pada tahun

2019. Meskipun demikian, unit terbaru PLTU 1x1000MW masih mengalami gangguan seperti Force Outage (FO) dan Force Derating (FD), yang mengakibatkan penurunan efisiensi. Dalam tiga tahun terakhir, belum ada tren yang menunjukkan bahwa kondisi pembangkit termasuk kategori efisien atau tidak, dan diharapkan gangguan EFOR dapat berada di bawah 7% dan EAF diatas 80% sesuai Kontrak ke PLN.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja pembangkit dengan menggunakan data Generating Availability Data System (GADS)[2] yang sesuai dengan standar North America Electric Reliability Council (NERC) dan menganalisis gangguan dengan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)[3]. Penelitian ini mengukur berbagai parameter seperti Equivalent Force Derating Hour (EFDH), Equivalent Plant Derating Hour (EPDH), Equivalent Availability Factor (EAF), Force Outage Factor (EFOR)[4]. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan acuan bagi perbaikan kinerja pembangkit serta mengurangi jumlah kegagalan unit dalam periode tiga tahun terakhir. Penelitian ini juga akan menghasilkan grafik nilai GADS dan OEE sebagai baseline untuk perencanaan tahun berikutnya, yang dapat menjadi informasi dan masukan yang berharga bagi perusahaan.

**Kata kunci:** GADS, OEE, Kinerja Pembangkit

## **1. PENDAHULUAN**

Peningkatan permintaan global terhadap energi telah menyoroti urgensi optimalisasi operasional dan pemeliharaan pembangkit listrik, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). PLTU bukan hanya elemen yang tak terpisahkan dalam memenuhi kebutuhan listrik, tetapi juga berperan sentral dalam mendukung pembangunan ekonomi dan pelayanan masyarakat [1]. Sebagai pengelola PLTU, Perusahaan telah mengadopsi pedoman BERKAH dengan didalamnya terdapat budaya ADAFTIF yang selalu berupaya berinovasi mengikuti perkembangan terbaru yang fokus penyesuaian terhadap perkembangan teknologi, PLTU XX menghasilkan total kapasitas 2260 MW melalui instalasi berjenjang dari PLTU Sub-Critical 2x300MW (2006), Supercritical (2016) hingga PLTU Ultra Supercritical 1000MW (2019). Efisiensi dan ketersediaan PLTU menjadi penentu utama dalam memastikan pemberian energi yang berkelanjutan. Oleh karena itu, Analisis kinerja PLTU sangat penting dilakukan untuk pengembangan strategi pemeliharaan cerdas dengan memanfaatkan teknologi Generating Availability Data System (GADS)[2] dan Overall Equipment Effectiveness (OEE) [3] untuk meningkatkan kinerja pembangkit, meningkatkan efisiensi, menjaga kehandalan dan mendukung pasokan listrik yang berkelanjutan. Analisis yang tidak akurat mengakibatkan gangguan /kendala seperti Forced Outage (FO) dan Forced Derate (FD) [4] bisa menyebabkan penurunan efisiensi. Dalam tiga tahun terakhir, belum ada tren yang menunjukkan bahwa kondisi pembangkit termasuk kategori efisien atau tidak, dan diharapkan gangguan EFOR dapat berada di bawah 7% dan EAF diatas 80% sesuai Kontrak ke PLN. Fokus penelitian ini terpusat pada Unit Ultra Supercritical 1000MW, yang masih mengalami FO dan FD. Dengan ketergantungan yang semakin meningkat pada PLTU sebagai sumber utama energi listrik, perhatian yang serius terhadap kinerja operasional dan keandalan unit menjadi suatu keharusan. Dalam konteks ini, perkembangan teknologi dan kebijakan energi nasional menunjukkan perlunya optimalisasi efisiensi, menjaga keandalan operasional, dan mengurangi dampak lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi kinerja operasional dan keandalan PLTU sebagai langkah strategis untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi potensi gangguan atau kegagalan [5]. Analisis mendalam terhadap faktor-faktor yang memengaruhi kinerja operasional dan keandalan PLTU akan memberikan wawasan berharga bagi manajemen dan upaya perbaikan berkelanjutan. Dengan mengatasi tantangan-tantangan yang dihadapi oleh PLTU, penelitian ini akan mengeksplorasi aspek-aspek kunci seperti pemantauan kinerja, identifikasi penyebab gangguan, perbaikan proaktif, dan penerapan teknologi terkini. Diharapkan hasil penelitian ini akan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengembangan industri energi listrik, memastikan penyediaan energi yang berkelanjutan, dan menjaga keandalan pembangkit listrik guna memenuhi kebutuhan masyarakat [6]. Penelitian ini akan mengembangkan pemeliharaan cerdas dengan pendekatan Generating Availability Data System (GADS) dan Overall Equipment Effectiveness (OEE). Dengan pengembangan cerdas ini, diharapkan keandalan unit akan meningkat dan pada akhirnya meningkatkan merit order.

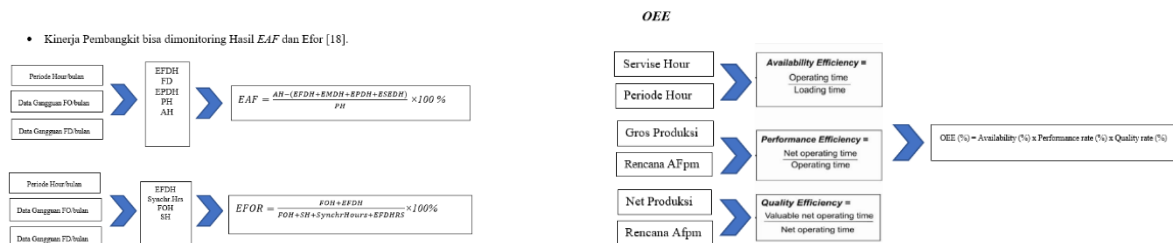
## 2. KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan disajikan tinjauan pustaka berkaitan dengan berbagai aspek yang berkaitan dengan optimalisasi operasional dan pemeliharaan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Tinjauan ini berfokus pada pemahaman teori dan praktik terkait Generating Availability Data System (GADS), Overall Equipment Effectiveness (OEE), serta tantangan dan strategi dalam mengatasi Force Outage (FO) dan Forced Derating (FD) di PLTU:

- *Generating Availability Data System (GADS)* [2][4][9]  
 GADS adalah sistem yang dikembangkan oleh North American Electric Reliability Corporation (NERC) untuk mengumpulkan data ketersediaan dan keandalan dari pembangkit listrik. Data yang dikumpulkan meliputi jam operasi, jam outage, dan penyebab outage. Informasi ini digunakan untuk menganalisis performa pembangkit, mengidentifikasi tren gangguan, dan merumuskan strategi peningkatan keandalan.
- *Overall Equipment Effectiveness (OEE)* [3][11][12][15]  
 OEE adalah metrik yang digunakan untuk mengukur efisiensi operasional dari suatu peralatan atau sistem. OEE dihitung berdasarkan tiga komponen utama:
  - Availability: Mengukur waktu operasional efektif dibandingkan dengan waktu yang direncanakan.
  - Performance: Mengukur Produksi Gross dibandingkan dengan Produksi yang direncanakan.
  - Quality: Mengukur Produksi Net yang terjual dibandingkan dengan total output Produksi yang direncanakan.
- *Force Outage (FO) dan Forced Derating (FD)* [16]  
 FO adalah kondisi di mana unit pembangkit tidak dapat beroperasi karena kegagalan teknis yang tidak terencana, sementara FD adalah kondisi di mana unit beroperasi di bawah kapasitas penuh karena pembatasan teknis atau operasional. Kedua kondisi ini mengurangi efisiensi dan ketersediaan unit pembangkit, mengakibatkan peningkatan biaya operasi dan penurunan pendapatan.

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif analitis untuk mengevaluasi kinerja pembangkit, dimulai dari identifikasi tujuan penelitian hingga rekomendasi untuk peningkatan kinerja berdasarkan hasil analisis.



**Gambar 1.** Diagram Blok GADS dan OEE

#### 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

**Tabel 1.** Hasil data olahan dari Rekapitulasi FO dan FD tahun 2021

|             | 1     | 2      | 3    | 4     | 5     | 6     | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12    | Akum   |
|-------------|-------|--------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| PH (hours)  | 744   | 672    | 744  | 720   | 744   | 720   | 744    | 744    | 720    | 744    | 720    | 744   | 8760   |
| FOH (hours) | -     | -      | -    | -     | -     | -     | 1,70   | 159,15 | -      | 162,75 | -      | -     | 323,60 |
| EFDH(hours) | 61,53 | 289,57 | 4,98 | 15,99 | 39,67 | 67,98 | 279,22 | 189,55 | 178,65 | 1,91   | 181,83 | 69,53 | 1380,4 |
| POH (hours) | -     | -      | -    | -     | -     | -     | -      | -      | -      | 562,00 | 308,23 | -     | 870,23 |

**Tabel 2.** Hasil data olahan dari Rekapitulasi FO dan FD tahun 2022

|              | 1     | 2    | 3   | 4    | 5    | 6   | 7     | 8     | 9      | 10     | 11   | 12     | Akum   |
|--------------|-------|------|-----|------|------|-----|-------|-------|--------|--------|------|--------|--------|
| PH (hours)   | 744   | 672  | 744 | 720  | 744  | 720 | 744   | 744   | 720    | 744    | 720  | 744    | 8760   |
| FOH (hours)  | -     | -    | -   | -    | -    | -   | -     | 75,90 | -      | -      | -    | -      | 75,90  |
| EFDH (hours) | 12,21 | 1,74 | -   | 8,38 | 1,59 | -   | 15,51 | 9,26  | 347,82 | 370,26 | 7,09 | 5,68   | 779,54 |
| POH (hours)  | -     | -    | -   | -    | -    | -   | -     | 50,82 | -      | -      | -    | 321,98 | 372,80 |

**Tabel 3.** Hasil data olahan dari Rekapitulasi FO dan FD tahun 2023

|              | 1      | 2    | 3    | 4     | 5      | 6    | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12     | Akum   |
|--------------|--------|------|------|-------|--------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| PH(hours)    | 744    | 672  | 744  | 720   | 744    | 720  | 744   | 744   | 720   | 744   | 720   | 744    | 8760   |
| FOH (hours)  | -      | -    | -    | -     | 222,08 | -    | 53,97 | 90,88 | 37,17 | 23,75 | 9,33  | -      | 437,18 |
| EFDH (hours) | 10,05  | 0,10 | 9,28 | 19,98 | 9,65   | 0,31 | 36,68 | 21,70 | 31,05 | 32,95 | 15,72 | 35,93  | 223,41 |
| POH (hours)  | 136,60 | -    | -    | 90,27 | 110,88 | -    | -     | -     | -     | -     | -     | 225,62 | 563,37 |

Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi ketersediaan, kinerja, dan kualitas operasi pembangkit listrik tenaga uap.

**Tabel 4.** Factor –factor yang mempengaruhi kinerja operasi tahun 2021

|              | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          | 7          | 8          | 9          | 10    | 11         | 12         | Akum        |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|------------|------------|-------------|
| PH (hours)   | 744        | 672        | 744        | 720        | 744        | 720        | 744        | 744        | 720        | 744   | 720        | 744        | 8760        |
| SH (hours)   | 744.0<br>0 | 672.0<br>0 | 744.0<br>0 | 720.0<br>0 | 744.0<br>0 | 720.0<br>0 | 742.3<br>0 | 584.8<br>5 | 720.0<br>0 | 19.25 | 411.7<br>7 | 744.0<br>0 | 7,566.<br>2 |
| RSH (Hours)  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -     | -          | -          | -           |
| EFDH (hours) | 61,53      | 289,5<br>7 | 4,98       | 15,99      | 39,67      | 67,98      | 279,2<br>2 | 189,5<br>5 | 178,6<br>5 | 1,91  | 181,8<br>3 | 69,53      | 1380,<br>4  |
| EPDH (hours) | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -     | -          | -          | -           |

**Tabel 5.** Factor –factor yang mempengaruhi kinerja operasi tahun 2022

|              | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          | 7          | 8          | 9          | 10         | 11         | 12         | Akum        |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| PH (hours)   | 744        | 672        | 744        | 720        | 744        | 720        | 744        | 744        | 720        | 744        | 720        | 744        | 8760        |
| SH (hours)   | 744.0<br>0 | 672.0<br>0 | 744.0<br>0 | 720.0<br>0 | 744.0<br>0 | 720.0<br>0 | 744.0<br>0 | 617.2<br>8 | 720.0<br>0 | 744.0<br>0 | 720.0<br>0 | 422.0<br>2 | 8,311.<br>3 |
| RSH (Hours)  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -           |
| EFDH (hours) | 12,21      | 1,74       | -          | 8,38       | 1,59       | -          | 15,51      | 9,26       | 347,8<br>2 | 370,2<br>6 | 7,09       | 5,68       | 779,5<br>4  |
| EPDH (hours) | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -           |

**Tabel 6.** Factor –factor yang mempengaruhi kinerja operasi tahun 2023

|              | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          | 7          | 8          | 9          | 10         | 11         | 12         | Akum        |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| PH (hours)   | 744        | 672        | 744        | 720        | 744        | 720        | 744        | 744        | 720        | 744        | 720        | 744        | 8760        |
| SH (hours)   | 607.4<br>0 | 672.0<br>0 | 744.0<br>0 | 629.7<br>3 | 411.0<br>3 | 720.0<br>0 | 690.0<br>3 | 653.1<br>2 | 682.8<br>3 | 720.2<br>5 | 710.6<br>7 | 518.3<br>8 | 7,759.<br>5 |
| RSH (Hours)  | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -           |
| EFDH (hours) | 10,05      | 0,10       | 9,28       | 19,98      | 9,65       | 0,31       | 36,68      | 21,70      | 31,05      | 32,95      | 15,72      | 35,93      | 223,4<br>1  |
| EPDH (hours) | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -           |

#### 4.2. Analisis Kinerja Berdasarkan OEE

**Tabel 7.** Factor –factor yang mempengaruhi kinerja operasi tahun 2021

|                | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          | 7          | 8          | 9          | 10         | 11         | 12         | Akum         |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| PH (hours)     | 744        | 672        | 744        | 720        | 744        | 720        | 744        | 744        | 720        | 744        | 720        | 744        | 8760         |
| SH (hours)     | 744.00     | 672.00     | 744.00     | 720.00     | 744.00     | 720.00     | 742.30     | 584.85     | 720.00     | 19.25      | 411.77     | 744.00     | 7,566.17     |
| POH (Hours)    | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | 562.00     | 308.23     | -          | 870.23       |
| Gross Produksi | 646,785.00 | 366,460.20 | 638,176.80 | 644,329.20 | 629,629.20 | 623,214.00 | 452,757.00 | 375,840.00 | 458,892.60 | 11,129.40  | 222,766.20 | 601,410.60 | 5,671,390.20 |
| Net Produksi   | 611,420.88 | 343,081.36 | 602,732.57 | 609,572.62 | 594,360.62 | 589,341.21 | 424,769.05 | 355,744.85 | 433,819.65 | 10,536.79  | 207,556.49 | 567,628.16 | 5,350,564.24 |
| AFPM (kWh)     | 627,829.35 | 349,653.02 | 627,829.35 | 635,092.16 | 656,261.90 | 635,092.16 | 656,261.90 | 656,261.90 | 494,507.92 | 169,154.02 | 461,937.17 | 652,662.13 | 6,622,543    |

**Tabel 8.** Factor –factor yang mempengaruhi kinerja operasi tahun 2022

|                | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          | 7          | 8          | 9          | 10         | 11         | 12         | Akum         |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| PH (hours)     | 744.00     | 672.00     | 744.00     | 720.00     | 744.00     | 720.00     | 744.00     | 744.00     | 720.00     | 744.00     | 720.00     | 744.00     | 8,760.00     |
| SH (hours)     | 744.00     | 672.00     | 744.00     | 720.00     | 744.00     | 720.00     | 744.00     | 617.28     | 720.00     | 744.00     | 720.00     | 422.02     | 8,311.30     |
| POH (Hours)    | -          | -          | -          | -          | -          | -          | -          | 50.82      | -          | -          | -          | 321.98     | 372.80       |
| Gross Produksi | 593,665.80 | 570,799.80 | 601,279.20 | 606,220.20 | 597,812.50 | 625,673.40 | 630,276.14 | 520,331.91 | 376,730.40 | 383,386.50 | 584,631.60 | 292,695.60 | 6,383,503.05 |
| Net Produksi   | 559,455.39 | 538,821.89 | 567,316.77 | 572,331.94 | 563,520.65 | 592,120.51 | 594,925.78 | 492,399.03 | 349,202.91 | 355,450.13 | 551,798.41 | 275,143.07 | 6,012,486.48 |
| AFPM (kWh)     | 609,197.73 | 550,243.11 | 609,197.73 | 589,546.19 | 609,197.73 | 589,546.19 | 609,197.73 | 573,399.00 | 555,151.97 | 471,633.09 | 579,721.21 | 275,122.23 | 6,621,154    |

**Tabel 9.** Factor –factor yang mempengaruhi kinerja operasi tahun 2023

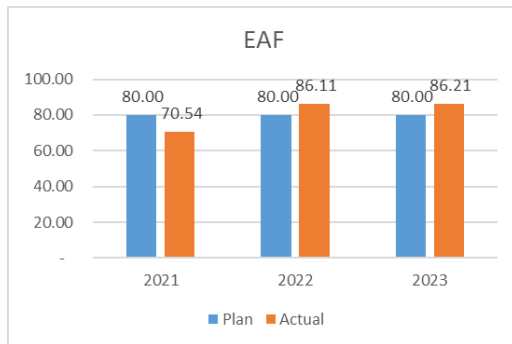
|                | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          | 7          | 8          | 9          | 10         | 11         | 12         | Akum         |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| PH (hours)     | 744.00     | 672.00     | 744.00     | 720.00     | 744.00     | 720.00     | 744.00     | 744.00     | 720.00     | 744.00     | 720.00     | 744.00     | 8,760.00     |
| SH (hours)     | 607.40     | 672.00     | 744.00     | 629.73     | 411.03     | 720.00     | 690.03     | 653.12     | 682.83     | 720.25     | 710.67     | 518.38     | 7,759.45     |
| POH (Hours)    | 136.60     | -          | -          | 90.27      | 110.88     | -          | -          | -          | -          | -          | -          | 225.62     | 563.37       |
| Gross Produksi | 456,564.60 | 537,094.00 | 603,526.80 | 478,687.65 | 324,632.79 | 585,296.65 | 553,075.17 | 548,755.09 | 535,162.75 | 573,064.50 | 559,083.38 | 407,164.94 | 6,162,108.32 |
| Net Produksi   | 429,701.36 | 506,453.99 | 568,455.81 | 450,140.72 | 305,996.08 | 550,525.26 | 521,673.21 | 517,936.72 | 504,259.71 | 539,841.44 | 526,450.60 | 383,587.07 | 5,805,021.95 |
| AFPM (kWh)     | 445,555.86 | 530,614.02 | 591,374.65 | 571,120.96 | 591,374.65 | 571,120.96 | 591,374.65 | 591,374.65 | 571,120.96 | 591,374.65 | 571,120.96 | 405,051.42 | 6,622,578    |

**Tabel 10.** Hasil Perhitungan GADS dan OEE periode Tahun 2021 s/d 2023

| EAF              | 2021   | 2022   | 2023   |
|------------------|--------|--------|--------|
| Plan             | 80,0 % | 80,0 % | 80,0 % |
| Actual           | 70,5 % | 86,1 % | 86,2 % |
| EFOR             | 2021   | 2022   | 2023   |
| Plan             | 7,0 %  | 7,0 %  | 7,0 %  |
| Actual           | 19,6 % | 9,7 %  | 8,1 %  |
| Availibility (%) | 2021   | 2022   | 2023   |
| Plan             | 80,0%  | 80,0%  | 80,0%  |
| Actual           | 95,9%  | 99,1%  | 94,6%  |

| Performance (%) | 2021  | 2022  | 2023  |
|-----------------|-------|-------|-------|
| Plan            | 80,0% | 80,0% | 80,0% |
| Actual          | 96,4% | 96,4% | 93,0% |
| Quality (%)     | 2021  | 2022  | 2023  |
| Plan            | 80,0% | 80,0% | 80,0% |
| Actual          | 85,6% | 90,8% | 87,6% |

## GADS

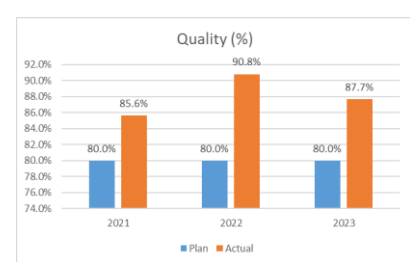
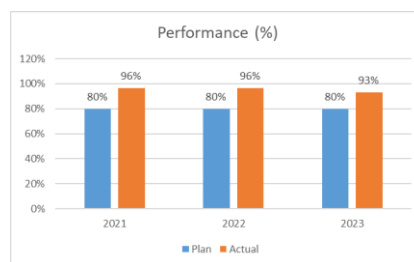
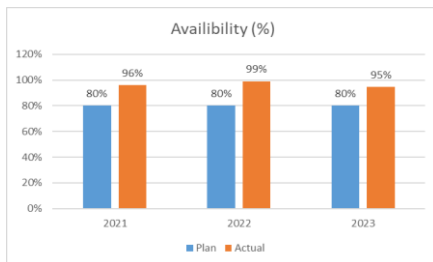


Gambar 2. Grafik EAF



Gambar 3. Grafik EFOR

## OEE



## 4.3 Pembahasan dan Evaluasi

Tabel 11. GADS Tahun 2021 – 2023

| GADS | Nilai EAF | Nilai EFOR | Category                                                                                                                                                      |
|------|-----------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2021 | 70,5 %    | 19,6 %     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Target Produksi/ EAF tidak tercapai (Target di atas 80%)</li> <li>- EFOR tidak tercapai (target &lt; 7 %)</li> </ul> |
| 2022 | 86,1 %    | 9,7 %      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Target Produksi/ EAF tercapai (Target di atas 80%)</li> <li>- EFOR tidak tercapai (target &lt; 7 %)</li> </ul>       |
| 2023 | 86,2 %    | 8,1 %      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Target Produksi/ EAF tercapai (Target di atas 80%)</li> <li>- EFOR tidak tercapai (target &lt; 7 %)</li> </ul>       |

**Tabel 12.** OEE Tahun 2021-2023:OEE (%) = *Availability* (%) x *Performance* (%) x *Quality* (%).

| OEE  | Nilai OEE | Category                                                                |
|------|-----------|-------------------------------------------------------------------------|
| 2021 | 79,2 %    | - Produksi dianggap wajar, namun masih terdapat ruang untuk improvement |
| 2022 | 86,8 %    | - Produksi termasuk world Class sesuai dengan goal jangka panjang.      |
| 2023 | 77,2 %    | - Produksi dianggap wajar, namun masih terdapat ruang untuk improvement |

Dari EFOR Unit di atas untuk gangguan terbesar presentasi % bisa di lihat dari gangguan FD dan EFDH periode tahun 2021-2023 adalah :

**Tabel 13.** Data Presentase FD dan EFDH Equipment Utama

| Hour           | Presentasi Gangguan Jam |      |      |
|----------------|-------------------------|------|------|
|                | 2021                    | 2022 | 2023 |
| Eletrik Sistem | 0%                      | 0%   | 0%   |
| Boiler Sistem  | 26%                     | 94%  | 94%  |
| Turbin Sistem  | 16%                     | 6%   | 0%   |
| CH Sistem      | 0%                      | 0%   | 6%   |
| External BB    | 58%                     | 0%   | 0%   |

| EFDH           | Presentasi gangguan EFDH |      |      |
|----------------|--------------------------|------|------|
|                | 2021                     | 2022 | 2023 |
| Eletrik Sistem | 0%                       | 0%   | 0%   |
| Boiler Sistem  | 19%                      | 96%  | 81%  |
| Turbin Sistem  | 16%                      | 4%   | 0%   |
| CH Sistem      | 0%                       | 0%   | 19%  |
| External BB    | 65%                      | 0%   | 0%   |

Dari tabel 4.13 di atas bisa di lihat dengan grafik ukur presentasi gangguan.





**Gambar 4.** Persentasi Gangguan Tahun 2021-2023

Berdasarkan hasil analisis, beberapa rekomendasi diberikan untuk meningkatkan efisiensi pembangkit, termasuk:

- Mencari gangguan EFOR tertinggi untuk di perbaiki EFOR di tahun berikutnya dengan mode ranking presentase dengan metode RCFA gangguan EFOR.
- Perbaikan Prosedur Pemeliharaan: Optimalisasi jadwal pemeliharaan agar mengurangi durasi MO dan FO.
- Peningkatan Teknologi Monitoring: Implementasi sistem monitoring berbasis digital untuk mendeteksi gangguan secara real-time.
- Pengelolaan Sumber Daya: Pelatihan intensif bagi operator untuk meningkatkan respons terhadap gangguan operasional. Mengevaluasi efektivitas strategi pemeliharaan cerdas berbasis data dan analisis kinerja dalam mengurangi downtime dan meningkatkan keandalan sistem pembangkit listrik.
- Dari data output Evaluasi di atas bisa di analisa lanjutan dengan Solusi metode RCFA dan FMEA untuk mengetahui point gangguan dan nilai rupiah biaya gangguan [19][20]. Dengan program peningkatan kehandalan guna menurunkan EFOR di bawah 7%, peneliti merekomendasikan beberapa perbaikan yang harus dilakukan pada sistem boiler, yang sering mengalami gangguan fouling di pipa superheater, reheater, dan LTSH. Rekomendasi tersebut meliputi:
- Melakukan pemantauan temperatur pada main steam: melalui pengamatan proses shot blower dengan mencermati pola naik-turun (up-down) serta arah sebaliknya [34].
- Pemilihan kualitas batubara : yang lebih baik dari segi slaging dan fouling untuk mengurangi dampak negatif terhadap kinerja sistem [35].
- Penerapan perlakuan segitiga api (triangular flame treatment) pada sistem untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi risiko fouling [36].

Selain itu, penggunaan metode perhitungan GADS dan OEE dapat berfungsi sebagai alat monitoring berkelanjutan yang lebih efektif untuk perusahaan, serta dapat diterapkan pada Unit 1&2 dan Unit 3 [37].

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menganalisis kinerja PLTU menggunakan pendekatan GADS dan OEE. Hasilnya menunjukkan adanya variasi dalam efisiensi dan ketersediaan operasional, serta faktor-faktor yang memengaruhinya. Berdasarkan temuan tersebut, disusun strategi pemeliharaan cerdas berbasis data untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan PLTU.

Disarankan agar monitoring dan evaluasi dilakukan secara rutin menggunakan metode GADS dan OEE agar potensi masalah dapat terdeteksi lebih cepat dan tepat. Strategi pemeliharaan berbasis data harus menjadi prioritas, meliputi perbaikan yang proaktif, perencanaan pemeliharaan yang lebih baik, dan pemanfaatan teknologi terkini. Perlu juga dilakukan studi kasus untuk mengevaluasi efektivitas strategi yang telah diterapkan. Komitmen dari perusahaan dan pihak terkait sangat penting untuk menerapkan hasil penelitian ini demi menjaga keandalan pembangkit listrik dan memastikan ketersediaan energi yang berkelanjutan bagi masyarakat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Sudarmaji, "Studi dan Analisis Heat Rate Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Batubara," 2019.
- [2] North American Electric Reliability Council, "Generating Availability Data System (GADS), Data Reporting Instruction," [Online]. Available: <http://www.nerc.gads@nerc.com>.
- [3] A. J. De Ron and J. E. Rooda, "Equipment effectiveness: OEE revisited," IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, vol. 18, no. 1, pp. 190-196, Feb. 2005.
- [4] U. N. Harahap and N. Atikah, "An evaluation of turbine and generator performance at PT Inalum power plant using GADS, exponential distribution FMEA analysis," INFOKUM, vol. 10, no. 5, pp. 1006-1011, 2022.
- [5] R. Fitriyan and B. Syairudin, "Analisis risiko kerusakan peralatan dengan menggunakan metode FMEA untuk meningkatkan kinerja pemeliharaan prediktif pada pembangkit listrik," in Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXV, Program Studi MMT-ITS, 2016.
- [6] D. Mulyani and D. Hartono, "Pengaruh efisiensi energi listrik pada sektor industri dan komersial terhadap permintaan listrik di Indonesia," Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan, vol. 11, no. 1, pp. 1-17, 2018.
- [7] N. Khoirun, M. Madi, P. Yunesti, M. R. Zen, R. M. Wicaksono, A. P. Kusuma, H. Hasbiyalloh, and R. Rafi, "Pelatihan manajemen operasi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLMTH) di Desa Batu Saeng Tanggamus Lampung," TeknoKreatif: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, vol. 1, no. 2, pp. 59-70, 2021.
- [8] A. S. Jalil, "Analisis kegagalan start pada main generator di MV Ocean Venture," Ph.D. dissertation, Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, 2023.
- [9] B. P. Adriwiyono, "Analisa kinerja pembangkit turbin gas PT PJB Unit Pembangkitan Muara Tawar menggunakan Generating Availability Data System," . " Jurnal Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering 10, no. 3 pp. 304-320, 2018.
- [10] T. A. W. Sabubu, "Pengaturan Pembangkit Listrik Tenaga Uap Batubara Dalam Peraturan Perundang-Undangan (Analisis dari Perspektif Hak Atas Lingkungan Yang Baik dan Sehat)," 2020.

- [11] A. Satrio, F. H. R. Azmi, and Y. A. Hanifah, "Analisa kerja hasil produksi dan Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas PT Lamong Energi Indonesia," 2022.
- [12] G. E. Talaba, M. L. Pattiapon, and B. J. Camerling, "Analisis efektivitas maintenance mesin Vertimill dengan perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) pada PT. Nusa Halmahera Minerals (NHM)," i tabaos, vol. 3, no. 1, pp. 17-22, 2023.
- [13] S. H. Harefa, "Analisis tingkat keandalan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) berdasarkan nilai indeks kinerja pembangkit pada Unit PLTG MPP 1x25 MW Gunungsitoli," Ph.D. dissertation, Fakultas Sains dan Teknologi, 2022.
- [14] Lesmana, Ridwan. "Analisis Kinerja Unit Pembangkit Akibat Outage Berdasarkan Equivalent Availability Factor Dan Net Capacity Factor Di Plta Lamajan Pangalengan." Phd Diss., Universitas Pendidikan Indonesia, 2023
- [15] Z. Maskur, R. Prabowo, and S. Syamsuri, "Integrasi reliability engineering dan energy management untuk mengukur Overall Equipment Effectiveness (Studi Kasus: PLTU Batubara Rembang)," presented at the Seminar Nasional Sains dan Teknologi III, 2019.
- [16] I. Firmansyah, I. Syarah, and S. Suparno, "Improvement of overhaul maintenance management system based on failure method operation failure analysis using the FMEA method," IPTEK Journal of Proceedings Series, vol. 3, pp. 273-278, 2021.
- [17] XXXXX, Dokumen Internal Terkendali.
- [18] Z. Maskur, R. Prabowo, and S. Syamsuri, "Integrasi reliability engineering dan energy management untuk mengukur overall equipment effectiveness (studi kasus: PLTU Batubara Rembang)," in Seminar Nasional Sains dan Teknologi III, Oct. 2019.
- [19] F. H. Sholihah, A. A. Pratama, and H. E. G. Prasetya, "Analysis of Causes ETS Generator Protection Failure Using Root Causes Failure Analysis and Root Causes Problem Solving Methods and Their Effect on the EAF Value of PLTU Anggrek," 2023.
- [20] B. Muslim, D. I. Handayani, and Y. Suhandini, "Manajemen Risiko pada Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan Menggunakan Failure Mode and Effect Analysis di PLTU Paiton Unit 9," Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi, vol. 1, no. 2, pp. 10-20, 2023.
- [21] T. Santosa, "The Impact of Population Growth on Energy Demand in Indonesia," Journal of Energy Research, vol. 40, no. 3, pp. 123-135, 2020.
- [22] A. W. Prabowo and H. Susanto, "Efficiency Analysis of Coal-Fired Power Plants," Indonesian Journal of Power and Energy, vol. 18, no. 2, pp. 75-84, 2021.
- [23] R. K. Setiawan, "Ultra-Supercritical Technology in Power Generation," International Journal of Energy and Environmental Engineering, vol. 9, no. 1, pp. 1-10, 2018.
- [24] S. Sunaryo, Analisis Boiler Subcritical dan Supercritical Berbasis Algoritma Genetika, Ph.D. dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Semarang, Indonesia, 2020.
- [25] Mechanical Brothers, "Pemilihan Material pada Boiler Ultra Supercritical," Mechanical Brothers Blog, Jan. 9, 2017. [Online]. Available: <https://mechanicalbrothers.wordpress.com/2017/01/09/pemilihan-material-pada-boiler-ultra-supercritical/>. [Accessed: Dec. 5, 2024].
- [26] J. D. Smith, "Utilization of GADS in Power Plant Performance Analysis," Journal of Electricity and Energy, vol. 15, no. 4, pp. 678-690, 2020.

- [27] M. R. Agustiana and S. W. Sutrisno, "Evaluating Power Plant Performance Using GADS and OEE," *Journal of Engineering and Technology*, vol. 19, no. 5, pp. 300-310, 2022.
- [28] A. I. Lestari, "Implementing OEE in Thermal Power Plant Operations," *Jurnal Teknik Energi*, vol. 15, no. 3, pp. 201-210, 2021.
- [29] D. H. Putra, "The Implementation of BERKAH in Power Plant Management," *Jurnal Manajemen Energi*, vol. 12, no. 1, pp. 15-25, 2019.
- [30] I. R. Gunawan, "Performance Challenges of Ultra Supercritical Power Plants," *Journal of Applied Energy*, vol. 220, pp. 123-131, 2018.
- [31] F. M. Haq dan K. Y. Alam, "Reducing Greenhouse Gas Emissions from Coal-Fired Power Plants," *Environmental Science and Policy*, vol. 30, pp. 45-56, 2021.
- [32] T. R. Prabowo, "Improving Operational Efficiency through OEE Measurement," *Indonesian Journal of Industrial Engineering*, vol. 27, no. 2, pp. 90-98, 2020.
- [33] R. K. Setiawan, "Performance Improvement Strategies in Coal-Fired Power Plants," *International Journal of Power and Energy Engineering*, vol. 32, no. 5, pp. 450-460, 2022.
- [34] R. K. Setiawan, "Optimization of Boiler System Performance through Effective Monitoring Strategies," *Jurnal Teknik Energi*, vol. 18, no. 1, pp. 45-52, 2022.
- [35] M. R. Agustiana dan S. W. Sutrisno, "Impact of Coal Quality on the Performance of Thermal Power Plants," *International Journal of Coal Science & Technology*, vol. 8, no. 2, pp. 115-125, 2021.
- [36] A. I. Lestari, "Improving Combustion Efficiency Using Triangular Flame Technique in Thermal Power Generation," *Jurnal Energi dan Lingkungan*, vol. 5, no. 4, pp. 255-263, 2020.
- [37] J. D. Smith, "Utilization of GADS and OEE for Continuous Performance Improvement in Power Plants," *Journal of Power Sources*, vol. 45, no. 3, pp. 310-320, 2021.