

## EVALUASI EFFISIENSI KONDENSOR UNIT 1 PADA PT PLN NUSANTARA POWER UP TANJUNG AWAR-AWAR

Baiq Mutiara Sabana Yuanditra<sup>1</sup>, Anang Takwanto<sup>1</sup>, Abdul Latif<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

<sup>2</sup>PT PLN Nusantara Power UP Tanjung Awar-Awar, Semangke, Wadung, Kec. Jenu, Kabupaten Tuban, Jawa Timur 62352, Indonesia

bqmutiarasabana@gmail.com ; [anang.takwanto@polinema.ac.id]

### ABSTRAK

Dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), kinerja kondensator sangat berpengaruh terhadap efisiensi termal pembangkit dan kestabilan operasi unit. Penurunan kinerja kondensator dapat menyebabkan meningkatnya kehilangan energi panas dan menurunkan performa turbin secara keseluruhan. Kondensator merupakan komponen penting dalam siklus Rankine pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang berfungsi mengembalikan uap bekas turbin menjadi air. Permasalahan umum yang terjadi adalah penurunan efisiensi akibat fouling, pembentukan kerak (scale), dan berkurangnya laju alir air pendingin. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi kondensator pada Unit 1 PLTU Nusantara Power UP Tanjung Awar-Awar, Tuban, Jawa Timur. Metode penelitian dilakukan melalui observasi langsung dan pengumpulan data real time terhadap parameter suhu uap dan air pendingin serta laju alir air pendingin, kemudian dianalisis menggunakan neraca massa dan neraca panas. Hasil perhitungan menunjukkan efisiensi kondensator sebesar 94,6%, menandakan kinerja kondensator masih dalam kategori sangat baik. Kesimpulannya, efisiensi kondensator pada PLTU Nusantara Power UP Tanjung Awar-Awar tergolong optimal, namun diperlukan pemeliharaan rutin dan pemantauan berkala untuk mencegah penurunan efisiensi di masa mendatang.

**Kata kunci:** efisiensi, kondensator, neraca massa, neraca panas, pemeliharaan, PLTU

### ABSTRACT

*The condenser is a crucial component in the Rankine cycle of a Steam Power Plant (PLTU), functioning to convert exhaust steam from the turbine back into condensate water for reuse in the cycle. A common problem encountered is the decline in efficiency due to fouling, scaling, and reduced cooling water flow rate, which can degrade overall plant performance. This study aims to evaluate the condenser efficiency of Unit 1 at PLTU Nusantara Power UP Tanjung Awar-Awar, Tuban, East Java. The research was conducted through direct field observation and real-time data collection on operational parameters, including steam temperature, cooling water temperature, and cooling water flow rate. The data were analyzed using mass and heat balance equations to determine the condenser's performance. The results show that the condenser efficiency reached 94.6%, indicating that the unit operates in excellent condition. It can be concluded that the condenser performance at PLTU Nusantara Power UP Tanjung Awar-Awar is still optimal; however, regular maintenance and periodic monitoring are necessary to prevent efficiency degradation in the future.*

**Keywords:** efficiency, condenser, mass balance, energy balance, maintenance, coal-fired power plant (PLTU)

### 1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah salah satu sumber utama listrik di Indonesia yang memanfaatkan proses perubahan energi panas menjadi energi listrik dengan menggunakan siklus Rankine [1] Salah satu komponen vital dalam siklus ini adalah kondensator,

yang berfungsi mengembalikan uap bekas turbin menjadi air untuk didaur ulang dalam sistem [2] [3]. Efisiensi kondensor sangat menentukan kinerja keseluruhan pembangkit, karena kehilangan panas yang tidak terkontrol dapat menurunkan efisiensi termal sistem [4].

Pada umumnya, kondensor pada PLTU memakai jenis shell and tube dan menggunakan air laut sebagai media pendinginnya [4]. Evaluasi ini memerlukan analisis Neraca massa dan neraca panas untuk memastikan proses perpindahan panas berjalan optimal karena karakteristik termal dan salinitas air laut mempengaruhi kemampuan kondensasi serta kebutuhan laju alir air pendingin. Dengan demikian, neraca massa dan panas digunakan untuk menghitung serta menentukan efisiensi kondensor dan kebutuhan air pendingin. Efisiensi kondensor dapat dihitung dengan membandingkan panas yang dilepas oleh uap dengan panas yang diserap oleh air pendingin [5] [6]. Penurunan efisiensi biasanya disebabkan oleh fouling, kebocoran, atau penurunan laju alir air pendingin.

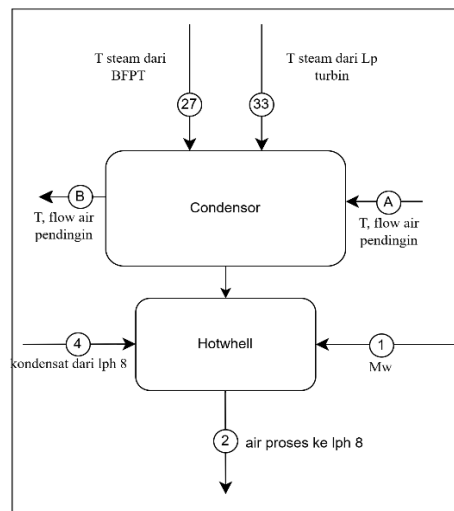
Berdasarkan pengamatan sebelumnya, perhitungan kebutuhan air pendingin pada kondensor telah dilakukan. Mengingat kondensor merupakan peralatan penting dalam sistem pembangkit, maka kelayakan dan kinerjanya harus selalu dijaga agar dapat bekerja secara optimal dan mendukung efektivitas unit operasi. Kondensor yang bekerja dengan efisiensi rendah dapat menyebabkan kehilangan panas yang besar, sehingga energi yang dihasilkan turbin tidak dimanfaatkan secara optimal.

Evaluasi kondensor penting dilakukan karena kinerja termalnya sangat memengaruhi efisiensi keseluruhan siklus Rankine. Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa penurunan efisiensi kondensor dapat menyebabkan kenaikan konsumsi bahan bakar dan peningkatan emisi karbon. Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa penurunan efisiensi kondensor dapat menyebabkan kenaikan konsumsi bahan bakar dan peningkatan emisi karbon [7]. Seperti penelitian yang dilakukan di PLTU Janeponto melakukan evaluasi kinerja kondensor tipe *shell and tube* pada PLTU menggunakan pendekatan analisis efektivitas-NTU, dan hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi menurun hingga 12% akibat penumpukan fouling pada sisi air pendingin [8]. Sementara itu penelitian efisiensi kondensor juga dilakukan dengan menggunakan pendekatan simulasi termodinamika untuk menganalisis efisiensi dari berbagai jenis sistem kondensor yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), khususnya dengan media pendingin udara (*air-cooled*), air (*water-cooled*), dan gabungan udara-air (*hybrid*) [9].

Dengan mengacu pada hasil-hasil penelitian tersebut, evaluasi terhadap efisiensi kondensor dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja aktual kondensor pada PLTU yang menjadi objek studi serta menentukan faktor-faktor yang memengaruhinya, seperti laju aliran air pendingin dan kondisi fouling. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisis efisiensi kondensor melalui pendekatan neraca massa dan neraca panas guna memberikan rekomendasi operasional yang dapat meningkatkan performa sistem pendinginan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai evaluasi teknis, tetapi juga sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pemeliharaan prediktif dan peningkatan efisiensi energi pembangkit di PLTU Nusantara Power UP Tanjung Awar-Awar, Tuban, Jawa Timur, dimana evaluasi ini difokuskan pada perhitungan neraca massa, neraca panas, dan efisiensi kondensor yang nantinya dapat memberikan gambaran nyata mengenai kinerja kondensor dan upaya peningkatan efisiensinya melalui pemeliharaan rutin.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Evaluasi ini menggunakan metode observasi langsung di lapangan dan pengumpulan data secara real time pada layar di ruang control PLTU Tanjung awar-awar melalui pengukuran parameter operasional kondensor. Data yang dikumpulkan meliputi suhu uap saat masuk dan keluar kondensor, suhu air pendingin pada saat masuk dan keluar, serta kecepatan aliran air pendingin. Untuk memberikan Gambaran yang lebih jelas mengenai lokasi pengambilan data, titik-titik tersebut di visualisasikan dalam bentuk skema sederhana sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Diagram alir kondensor

Skema ini menunjukkan aliran uap dari turbin menuju kondensator, laju air pendingin dari cooling water pump menuju sisi tube kondensator hingga aliran keluar menuju laut. Selanjutnya data hasil pengukuran dari titik-titik tersebut disajikan dalam **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Data hasil Pengukuran Kondensator

No	Parameter	
1.	$M_A$	58,176 t/h
2.	$M_B$	58,176 t/h
3.	$M_1$	28 t/h
4.	$M_2$	898,192 t/h
5.	$M_4$	131,327 t/h
6.	$M_{27}$	46,25 t/h
7.	$M_{33}$	692,615 t/h
8.	$M_{steam}$	692,615 kg/h
9.	$M_{water}$	1163520 kg/h
10.	$T_{in} (shell)$	142 C
11.	$T_{out} (shell)$	46,6 C
12.	$\Delta T$	94,3 C
13.	$C_p = 94,3 C$	4212,73 kJ/kg.K
14.	$\lambda = 94,3 C$	2666,98 kJ/kg
15.	$T_{in} (tube)$	29,7 C
16.	$T_{out} (tube)$	64 C
17.	$\Delta T$	46,85 C
18.	$C_p = 46,85 C$	4182,37 kJ/kg.K

Menyelesaikan perhitungan efisiensi kondensor memerlukan beberapa langkah dan tahapan seperti perhitungan neraca massa dan neraca panas sebagai bahan dasar untuk menilai efisiensi kondensor. Neraca massa dilakukan dengan membandingkan massa yang masuk ke dalam sistem kondensor dengan massa yang keluar, serta memperhitungkan adanya massa yang terakumulasi jika ada. Dalam kondisi operasi normal, dimana tidak terdapat akumulasi massa, maka total massa masuk dianggap sama dengan total massa keluar. Persamaan neraca massa dapat dirumuskan pada persamaan 1 [10] :

$$\text{Massa masuk} = \text{massa keluar} + \text{massa terakumulasi} \quad (1)$$

$$M_A + M_{27} + M_{33} + M_1 + M_4 = M_B + M_2 + M_{\text{akumulasi}} \quad (2)$$

Apabila tidak terdapat akumulasi maka, menjadi persamaan 3:

$$M_A + M_{27} + M_{33} + M_1 + M_4 = M_B + M_2 \quad (3)$$

Keterangan :

- $M_A$  : laju massa fluida masuk (A)
- $M_{27}$  : laju massa fluida masuk (27)
- $M_{33}$  : laju massa fluida massa masuk (33)
- $M_1$  : laju massa fluida massa masuk (1)
- $M_4$  : laju massa fluida massa masuk (4)
- $M_B$  : laju massa fluida massa masuk (B)
- $M_2$  : laju massa fluida massa masuk (2)
- $M_{\text{akumulasi}}$  : laju massa fluida masa terakumulasi

Selanjutnya menyelesaikan perhitungan neraca panas dengan memperhatikan neraca panas yang masuk dan keluar sistem, termasuk panas yang terakumulasi dan energi yang digunakan oleh sistem, serta menghitung panas yang dilepaskan oleh uap serta panas yang diserap oleh air pendingin, dengan mempertimbangkan kapasitas panas dan perubahan suhu.

Persamaan neraca panas dapat dirumuskan pada persamaan 4[10]:

$$E_{\text{masuk}} + E_{\text{dihasilkan}} = E_{\text{akumulasi}} + E_{\text{keluar}} + E_{\text{digunakan}}$$

Maka :

$$E_1 + Q + \Delta E + E_2 + W \quad [10] \quad (4)$$

Keterangan :

- $E_1$  : Energi masuk system (kJ/jam)
- $Q$  : Enthalpy (kJ/jam)
- $\Delta E$  : Energi Akumulasi (kJ/jam)
- $E_2$  : Energi keluar system (kJ/jam)
- $W$  : Energi yang dipakai system (kJ/jam)

Setelah perhitungan neraca massa dan neraca panas dilakukan perhitungan untuk menentukan besarnya panas yang dilepaskan oleh uap ( $Q_{\text{steam}}$ ) dan panas yang di serap oleh

air pendingin ( $Q_{water}$ ). Perhitungan  $Q_{steam}$  dilakukan dengan mengalirkan massa uap yang masuk ke kondensor dengan kapasitas panas spesifik uap, perubahan suhu, serta kalor laten penguapan. Secara matematis, dan dapat dirumuskan pada persamaan 5:

$$Q_{steam} = m_{steam} \times CP \times \Delta T \times \lambda \quad [7] \quad (5)$$

Keterangan:

$m_{steam}$  : laju massa steam (kg/h)

CP : kapasitas panas spesifik pada tekanan konstan (kJ/mol)

$\lambda$  : kalor laten penguapan uap (kJ/kg)

$\Delta T$  : perbedaan suhu antara fluida masuk dan keluar pada proses (K)

Panas ini merepresentasikan energi yang dilepaskan oleh uap saat berubah menjadi air di dalam kondensor. Sementara itu untuk perhitungan  $Q_{water}$  dilakukan dengan mengalirkan massa air pendingin yang mengalir melalui tabung kondensor dengan kapasitas panas air dan perubahan suhu air pendingin dari inlet ke outlet dapat dirumuskan pada persamaan 6 :

$$Q_{water} = m_{water} \times CP \times \Delta T \quad [7] \quad (6)$$

Keterangan:

$m_{water}$  : laju massa air (kg/h)

CP : kapasitas panas spesifik pada tekanan konstan (kJ/mol)

$\Delta T$  : perbedaan suhu antara fluida masuk dan keluar pada proses (K)

Nilai ini menunjukkan panas yang diserap oleh air pendingin selama proses pendinginan uap di kondensor. Setelah memperoleh nilai  $Q_{steam}$  dan  $Q_{water}$ , efisiensi kondensor dihitung dengan membandingkan panas yang diserap oleh air pendingin terhadap panas yang dilepaskan oleh uap dan dapat dirumuskan pada persamaan 7 :

$$\text{Efisiensi} = \frac{Q_{steam}}{Q_{water}} \times 100\% \quad [7] \quad (7)$$

Keterangan:

$Q_{steam}$  : Enthalpy steam (kJ/jam)

$Q_{water}$  : Enthalpy water (kJ/jam)

Hasil perhitungan ini menunjukkan seberapa efektif kondensor dalam mentransfer panas dari uap ke air pendingin.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan efisiensi Kondensor dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut ini.

**Tabel 2.** Hasil perhitungan efisiensi kondensor

No	Parameter	Hasil Perhitungan
1.	Mass balance kondensor	898,192 kg/h
2.	Heat balance kondensor	285.782.305,77 kg/h
3.	% heat losses	5%
4.	Q steam	15725411568 kJ/s
5.	Q water	166913100184 kJ/s
6.	Effisiensi kondensor	94,6%

Kondensor memiliki peranan penting pada proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). PLTU Nusantara Power Up Tanjung Awar-Awar menggunakan kondensor jenis shell and tube yang mana fluida panas mengalir pada sisi shell dan fluida dingin mengalir pada sisi tube, hal ini didasarkan pada prinsip perpindahan panas, yaitu proses bagaimana interaksi antar partikel menyebabkan energi berpindah dari area berenergi tinggi ke rendah dalam media tertentu [11]. Suhu air yang bervariasi sesuai dengan kondisi lingkungan menyebabkan proses perpindahan panas pada kondensor menjadi sangat fluktuatif [12]. Juga terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan efisiensi diantaranya fouling, penurunan laju alir air pendingin (air laut) dan scale.

Hasil analisis efisiensi kondensor pada PLTU Nusantara Power UP Tanjung Awar-Awar menunjukkan nilai efisiensi sebesar 94,6%. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem kondensasi bekerja sangat baik, karena masih berada dalam kisaran efisiensi ideal kondensor, yaitu 90-100% menurut teori dan standar industri [13]. Dengan efisiensi tersebut, dapat disimpulkan bahwa proses perpindahan panas berjalan optimal dan kehilangan energi akibat kondensasi tergolong kecil, sehingga menunjukkan kinerja kondensor yang positif terhadap performa keseluruhan pembangkit.

Nilai yang dihasilkan ini dibandingkan dengan hasil evaluasi di PLTU lain maupun standar industri untuk menilai performa kondensor secara kritis. Pada PLTU Jeneponto, efisiensi kondensor meningkat secara signifikan dari 39,93% menjadi 65,02% setelah dilakukan pembersihan tabung (tube) dan filter, hal ini menandakan pentingnya pemeliharaan rutin untuk menjaga kebersihan permukaan perpindahan panas [14]. Peningkatan efisiensi ini terjadi karena proses perpindahan panas menjadi lebih optimal akibat berkurangnya fouling pada tabung kondensor.

Penelitian di PLTU PT. Semen Tonasa juga mengungkapkan bahwa fouling (pengendapan) merupakan penyebab utama penurunan kinerja kondensor, karena menghambat proses perpindahan panas dan menyebabkan penurunan tekanan serta efektivitas kondensor secara keseluruhan [8]. Efektivitas kondensor pada penelitian tersebut dihitung berdasarkan parameter seperti uap masuk dan keluar, tekanan, serta laju aliran air pendingin, dengan hasil yang menunjukkan bahwa fouling sangat mempengaruhi nilai Number of Transfer Unit (NTU), capacity ratio, dan Log Mean Temperature Difference (LMTD) [8]. Sedangkan untuk studi pada pembangkit panas bumi menunjukkan bahwa kondensor idealnya berkisar antara 90-100% [13], sehingga efisiensi 94,6% pada perhitungan evaluasi efisiensi ini tergolong sangat baik dan berada di atas rata-rata efisiensi desain kondensor pada umumnya [13]. Efisiensi kondensor yang tinggi ini dapat dipengaruhi oleh unit baru, kebersihan tabung, tekanan vakum, dan suhu air pendingin [15]. Dengan mempertahankan efisiensi kondensor pada tingkat optimal, PLTU mampu mengurangi energi yang terbuang dan meningkatkan kestabilan operasional [11]. Pemantauan berkala dan pemeliharaan preventif sangat disarankan untuk mencegah kerusakan dan penurunan kinerja kondensor [16], [17].

#### **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan, efisiensi kondensor pada PLTU Nusantara Power UP Tanjung Awar-Awar diperoleh sebesar 94,6% yang menunjukkan bahwa kinerja kondensor berada dalam kategori sangat baik dan masih sesuai dengan standar efisiensi ideal kondensor PLTU (90-100%). Nilai efisiensi yang tinggi ini menandakan bahwa

proses perpindahan panas pada system kondensasi berlangsung optimal, dengan kehilangan energi yang relative rendah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa system pendinginan beroperasi secara efisien dan mendukung kinerja turbin serta kestabilan pembangkit Listrik secara keseluruhan.

Faktor utama yang mempengaruhi efisiensi kondensor antara lain adalah suhu air pendinginan, laju alir *steam*, serta kebersihan permukaan tabung kondensor. Kinerja yang baik juga mengindikasikan bahwa kegiatan pemeliharaan dan pemantauan operasional yang diterapkan sudah berjalan efektif dalam menjaga kestabilan sistem.

Pemeliharaan rutin, khususnya pembersihan tabung kondensor dan pengecekan laju alir air pendingin perlu dilakukan secara kontinyu dan pelatihan bagi operator untuk meningkatkan pemahaman tentang pentingnya efisiensi kondensor dalam sistem pembangkit juga perlu dilakukan secara berkala untuk menjaga kestabilan sistem.

## REFERENSI

- [1] E. Megawati, "Optimasi Flowrate dan Beban Generator Terhadap Efisiensi Turbin C60-8.883/535 di PLTU PT. XYZ Unit 3 Kapasitas 1x60 MW," *PETROGAS: Journal of Energy and Technology*, vol. 6, no. 1, 2024.
- [2] A. FN Vienza, "Analisis Unjuk Kerja Siklus Rankine Sebelum Dan Sesudah Overhaul Pada Pltu Unit 2 Pt. Pjb Up Gresik," 2017.
- [3] T. M. Rizki, M. Ismail Yusuf, A. Hiendro, K. Hie Kwee, dan J. Elektro, "Analisis Konsumsi Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Pltu) Ketapang 2x10 MW," *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, vol. 10, no. 2, 2022.
- [4] J. Power Plant dan A. Reza Effendi, "Analisis Perubahan Tekanan Vakum Kondensor Terhadap Kerja Turbin Dan Produksi Listrik PLTU Unit 1 Sebalang Menggunakan Simulasi Cycle Tempo," *Jurnal Power Plant*, vol. 8, no. 1, 2020
- [5] A. Dedy, E. Rahmanto, S. Diah, dan A. Febriani, "Pendinginan Refrigerasi Untuk Air Pendingin Kondensor Sebagai Upaya Penghematan Penggunaan Air," *Seminar Nasional Hasil Penelitian*, hal. 978–602, 2017.
- [6] A. L. S. Haans, A. K. Razak, H. Habibi, N. Ilham, dan D. Gracecia, "Rancang Bangun Mesin Pengupas Sabut Kelapa," *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, vol. 16, no. 1, hal. 1–3, 2019.
- [7] A. Dwi Ifvournamasari, S. Najla, M. Sukmawanta, Y. Maryanty, dan E. Yulianto, "Perhitungan Efisiensi High Pressure Heater Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT POMI UNIT 3," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 2, hal. 308–314, 2022.
- [8] M. A. Maulana dan Irfan, "Analisis Efektivitas Kondensor Di Pltu Pt. Semen Tonasa Btg Unit I 2x25 Mw," *Politeknik Negeri Ujung Pandang*, 2018.
- [9] F. Andriyuda dan D. Rusirawan, "Evaluasi Evaluasi Kondensor Berpendingin Udara dan Air pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap," *Jurnal Tekno Insentif*, vol. 18, no. 2, hal. 89–103, 2024.
- [10] M. A. B. Yunus A. Cengel, "*Thermodynamics: An Engineering Approach, 7th Edition*," New York: McGraw-Hill Education, New York, 2011.
- [11] A. R. Manopol, "Analisis Perpindahan Panas Pada Kondensor Sebelum Dan Sesudah Overhaul Pada Pltu Blok III Pt.Pjb Up Gresik," *Surabaya*, 2019.

- [12] Y. Septiawan Angandrowa Bate dan A. Syuriadi, "Analisis Pengaruh Temperatur Air Laut Terhadap Efektivitas Perpindahan Panas Condenser".
- [13] C. Sihombing, "Analisa Efisiensi Termal Turbin, Kondensor dan Menara Pendingin pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi," *Majalah Ilmiah Swara Patra*, vol. 10, 2020.
- [14] M. Anshar, Y. Klistafani, dan M. N. Pratiwi, "Evaluasi Performa Kondensor Pltu Jenepono Unit 1 Eksisting 2 X 125 MW," *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, vol. 10, no. 1, Jul 2019.
- [15] Jantri dan P. Armelia, "Analisa Penurunan Kinerja Kondensor Pada Turbin Pltu Unit 4 Di Pt. Pln (Persero) Unit Pembangkitan (Upk) Belawan," *Jurnal Teknologi Mesin UDA*, vol. 2, hlm. 27, Jun 2021.
- [16] R. Fitriyan, "Analisis Risiko Kerusakan Peralatan Dengan Menggunakan Metode Fmea Untuk Meningkatkan Kinerja Pemeliharaan Prediktif Pada Pembangkit Listrik," Institut Negeri Sepuluh November, 2016.
- [17] I. S. Firmanyah, "Peningkatan Sistem Manajemen Pemeliharaan Overhaul Berdasarkan Analisa Kegagalan Operasi Sistem Pembangkit Dengan Menggunakan Metode Fmea," 2020.