



Optimasi Kinerja *Steam Turbine Generator 4* Pada *Power Plant 2* dengan Peningkatan Aliran Uap Masuk (Studi Kasus PT. X)

Performance Optimization of Steam Turbine Generator 4 at Power Plant 2 by Increasing Steam Inlet Flow (Case Study: PT. X)

I Ketut Warsa¹, Sahrul Rhomadan¹, Eka Megawati^{1*}

¹Program Studi Pengolahan Minyak dan Gas, Sekolah Tinggi Teknologi Migas
Transad KM.08 Kelurahan Karang Joang, Balikpapan, Indonesia 76125

*Corresponding Author: ekamegawati89@yahoo.com

Received: 14th August 2024; Revised: 17th December 2024; Accepted: 11th January 2025

ABSTRAK

Energi listrik memiliki peran penting bagi kebutuhan di rumah seperti mesin cuci dan setrika, serta bagi sektor industri seperti pembangkit listrik dan infrastruktur lainnya. Untuk menciptakan energi listrik, diperlukan sebuah sistem yang dikenal dengan nama pembangkit listrik. Pada PT. X energi listrik dihasilkan dari *Power Plant* yang dimana didalamnya terdapat alat-alat penunjang salah satunya adalah *Steam Turbine Generator*. *Steam Turbine generator* adalah mesin yang menghasilkan energi listrik dari pemanfaatan uap panas diubah menjadi energi mekanis yang dihubungkan oleh poros turbin pada generator. Pada proses operasi kilang sangatlah penting untuk mengetahui kinerja optimal dari *Steam Turbine Generator*. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh nilai optimasi *Steam Flow Steam Turbine Generator 4* pada *Power Plant 2* dan untuk menganalisa perbandingan optimasi kinerja yang dihasilkan. Optimasi kinerja *Steam Turbine Generator 4 Power Plant 2* dilakukan dengan menaikkan *Steam Flow* dari 23,80 Ton/hari sampai 63,80 Ton/hari. Optimal kinerja pada *Steam Turbine Generator 4 Power Plant 2* didapatkan pada *Steam Flow* 63,80 Ton/hari dengan daya listrik sebesar 12,6 MW akan menghasilkan nilai efisiensi 80,76 %.

Kata kunci: Optimasi, Aliran Uap, Turbin Generator, Pembangkit Listrik, Energi Listrik

ABSTRACT

Electrical energy has an important role for home needs such as washing machines and irons, as well as for the industrial sector such as power plants and other infrastructure. To create electrical energy, a system is needed which is known as a power plant.. At PT. X electrical energy is produced from the Power Plant which contains supporting equipment, one of which is the Steam Turbine Generator. A Steam Turbine generator is a machine that produces electrical energy from the use of hot steam converted into mechanical energy which is connected by the turbine shaft to the generator. In the refinery operation process, it is very important to know the optimal performance of the Steam Turbine Generator. The research aims to obtain the optimization value of Steam Flow Steam Turbine Generator 4 at Power Plant 2 and to analyze the resulting performance optimization comparison. Optimizing the performance of Steam Turbine Generator 4 Power Plant 2 was carried out by increasing the Steam Flow by 5 Ton/day from 23.80 Ton/day to 63.80 Ton/day. Optimal performance on Steam Turbine Generator 4 Power Plant 2 is obtained at a Steam Flow of 63.80 Tons/day with an electrical power of 12.6 MW which will produce an efficiency value of 80.76%.

Keywords: Optimization, Steam Flow, Generator Turbines, Power Generation, Electrical Energy

Copyright © 2025 by Authors, Published by JITK. This is an open-access article under the CC BY-SA License (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>).

How to cite: Megawati, E. Optimasi Kinerja *Steam Turbine Generator 4* Pada *Power Plant 2* Utilities dengan Menaikkan Inlet *Steam Flow* (Studi Kasus PT. X). *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 9(1).

Permalink/DOI: 10.32493/jitk.v9i1.42520



PENDAHULUAN

Listrik kini menjadi sumber energi yang paling umum digunakan oleh manusia dalam menunjang aktivitas sehari-hari. Kebutuhan akan energi listrik meliputi berbagai aspek kehidupan, mulai dari industri, layanan publik, hingga keperluan rumah tangga. Energi listrik ini dihasilkan melalui berbagai jenis pembangkit, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) (Setiawan et al., 2022).

Mesin yang ada di Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang mengubah energi panas menjadi energi gerak adalah turbin uap. Energi gerak yang dihasilkan oleh turbin kemudian diubah menjadi energi listrik dengan bantuan generator. Penggunaan secara terus menerus dapat mempengaruhi kinerja turbin uap. Performa dari suatu turbin dapat diketahui dengan menghitung aliran uap, efisiensi isentropik, efisiensi termal turbin dan turbin *heat rate*. Pada sistem turbin uap generator, uap yang dihasilkan oleh boiler digunakan pada turbin uap generator, hingga akhirnya uap tersisa mencapai kondensor. Uap tersebut dikondensasikan dengan cara mendinginkannya dengan air laut, yang dikumpulkan di bawah kondensor, yang disebut *hot well*. Kondensat dipompa kemudian kembali ke boiler untuk diubah kembali menjadi uap, proses ini berlangsung terus menerus.

Salah satu kebutuhan terpenting yang diabaikan dalam kehidupan sehari-hari, dan dalam industri, administrasi publik, sektor swasta dan domestik, adalah listrik. Permintaan energi meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk (Apriandi & Mursadin, 2016). Komponen utama pembangkit listrik tenaga uap yaitu peralatan utama dan peralatan bantu (*accessories*) seperti turbin uap, boiler, generator, sistem udara pembakaran, sistem bahan bakar, sistem abu batubara, sistem air pendingin dan sistem air boiler (Zakaria & Suryaman, 2020).

Turbin uap adalah sebuah alat yang mengubah energi yang ada pada uap menjadi energi mekanik, yang selanjutnya dikombinasikan menjadi tenaga untuk pergerakan (Santoso, 2018). Turbin uap

beroperasi pada suhu yang tinggi dan untuk durasi yang cukup lama, sehingga diperlukan kestabilan operasional yang baik dari kondisi tanpa beban hingga mencapai beban penuh (Fadila & Permana, 2024).

Generator merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan menggunakan proses induksi elektromagnetik. Generator merupakan komponen utama yang sangat penting dalam produksi Listrik (Zulkarnaini, 2019).

Penelitian mengenai efektivitas turbin uap berdasarkan pengujian kinerja di PLTU PT. Indocement P12 Tarjun menunjukkan bahwa sejak awal operasional hingga dilakukannya pengujian kinerja pada tahun 2018, efektivitas turbin uap mengalami penurunan yang cukup besar dari 39,3% menjadi 37,46%. Penurunan efektivitas ini juga disertai dengan kenaikan *heat rate* pada turbin uap (Saputro, 2021).

Penelitian mengenai dampak variasi beban pada generator terhadap efisiensi operasional PLTU menghasilkan nilai efisiensi kinerja pembangkit. Nilai efisiensi tertinggi dicapai pada beban 155 MW dan 160,3 MW, yang masing-masing adalah 34,90% dan 34,21%. Sementara itu, nilai efisiensi terendah tercatat pada beban 129,1 MW dan 144,2 MW, yang masing-masing adalah 30,53% dan 30,95% (Lintang, 2016).

Berdasarkan studi sebelumnya, analisis menunjukkan bahwa data terkait laju uap, daya nyata, kerja, dan *heat rate* turbin menghasilkan efisiensi maksimum sebesar 90,5% dan minimum 56,1%. Hasil analisis data penelitian yang telah dilaksanakan mengungkapkan bahwa fluktuasi efisiensi pada turbin uap dipengaruhi oleh aliran massa uap, serta oleh faktor-faktor seperti: tekanan, suhu, dan entalpi (Suriaman & Suprayitno, 2022).

Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki aliran uap yang masuk ke dalam *Steam Turbine Generator* di PT. X. Kesamaan antara penelitian yang lalu dan yang sedang dilakukan terletak pada objek yang dianalisa, yaitu turbin generator.



BAHAN DAN METODE

Objek yang dilakukan pengujian kinerja pada penelitian ini adalah *Steam Turbine Generator 4 Power Plant 2* yang terletak didalam gedung *Power Plant 2 Utilities* PT. X.

Alat

Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini adalah seluruh alat ukur sensor yang terpasang di ruang kontrol dan alat ukur yang terpasang di lapangan dan *Logsheet* yang merupakan kumpulan dari catatan atau informasi yang dirangkum ke dalam sebuah tabel yang dilakukan dengan cara mencatat semua perlakuan terhadap peralatan pada saat bekerja.

Studi Pustaka

Metode ini diterapkan di PT. XY dengan memeriksa referensi berupa manual *heat index Handbook* atau buku perencanaan dan pengendalian operasional terkait sistem pembangkit uap serta mencari sumber informasi lain sebagai landasan teori.

Pengambilan Data

Data yang diambil adalah data *Logsheet* Harian (*Electrical Power, Steam Flow, Inlet Steam Pressure, Inlet Steam Temperature, Condensor Pressure, Temperature Condensor*) dan data desain. Metode penelitian yang digunakan adalah dengan mengelompokkan sumber data yang diperlukan, seperti kondisi boiler dan turbin serta pola produksi uap dan mengidentifikasi data tersebut. Kami kemudian akan melakukan analisis data dan memutuskan metode pengumpulan data dalam waktu 1-2 bulan sehingga data dapat dievaluasi selama fase penelitian komprehensif.

Analisis Data

Data yang diolah adalah data terendah dalam satu bulan berdasarkan daya yang dibangkitkan (3/11/2022). Data yang adalah nilai *Turbine Heat Rate* dan Efisiensi dan data diuji dengan menaikkan *Inlet Steam Flow* sebesar 5 Ton/jam dan dilakukan 8 kali kenaikan.

Turbine Heat Rate (THR) adalah rasio total energi yang digunakan untuk menghasilkan 1 kWh. (Saputro, 2021). *Turbine heat rate* merupakan energi yang dibutuhkan turbin yang diperoleh dari proses transfer panas untuk menghasilkan 1 kWh *electricity* (Komarudin et al., 2020). Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$THR = \frac{Q_1 - Q_2}{P} \quad (1)$$

Dimana:

THR : *Turbine Heat Rate* (kJ/kWh)

Q_1 : Energi panas mengalir masuk ke Turbin (kJ/hari)

Q_2 : Energi panas mengalir keluar dari Turbin (kJ/hari)

P : Daya yang dihasilkan oleh generator (kW)

Q_1 (energi panas yang mengalir ke turbin) adalah total energi yang digunakan atau masuk ke turbin. Turbin Q_1 memiliki energi panas pada saluran masuk (Arrazi et al., 2023).

$$Q_1 = m_i \times h_i \quad (2)$$

Dimana:

m_i : Aliran *steam inlet* (kg/hari)

h_i : *Enthalpy* pada *steam inlet* (kJ/kg)

Q_2 (energi panas turbin) adalah energi yang diperoleh dari keluaran (gas buang) turbin uap.

$$Q_2 = m_o \times h_o \quad (3)$$

Dimana:

m_o : Aliran *steam outlet* (kg/hari)

h_o : *Enthalpy* pada *steam outlet* (kJ/kg)

Pada nilai entalpi digunakan *Steam Table Saturated & Superheated* untuk mengetahui nilai dari entalpi dengan suhu dan tekanan yang diketahui. Pada suhu yang tidak terbaca pada tabel *Steam Table Saturated Water & Superheated Water* dilakukannya interpolasi untuk mencari nilai entalpi.

$$\frac{T_1 - T}{T_1 - T_2} = \frac{h_1 - h}{h_1 - h_2} \quad (4)$$

Dimana :

T = Suhu yang diketahui dari data operasional (°C)

T_1 = Suhu yang terbaca di *Steam Table* lebih dari T (°C)



T_2 = Suhu yang terbaca di *Steam Table* kurang dari T ($^{\circ}\text{C}$)
 h_1 = *Enthalpy* yang terbaca di *Steam Tabel* berdasarkan T_1 (kJ/kg)

Rasio kinerja/efisiensi turbin uap adalah tingkat keberhasilan sistem turbin uap relatif terhadap energi panas 1 kWh dikalikan indeks termal turbin dikalikan 100% (Saputro, 2021).

$$\eta_{\text{turbin}} = \frac{Q}{\text{THR}} \times 100\% \quad (5)$$

Dimana:

- η turbine : *Efficiency Turbine* (%)
- Q : Energi Kalor dalam 1 kWh (3600 kJ/kWh)
- THR : *Turbine Heat Rate* (kJ/kWh)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai energi panas *Steam Inlet* (Q_1) yang digunakan dalam perhitungan ini adalah nilai data operasi terendah menurut *Steam Flow* dengan Tekanan (p_i) 17,91 Bar, Temperature (T_i) $324,00^{\circ}\text{C}$ dan *Steam Flow* (m_i) 63,80 Ton/hari = (63,80 x 1000) kg/hr = 63.800 kg/hr.

h_i pada tekanan 17,91 bar temperatur $324,00^{\circ}\text{C}$

$$h \text{ pada } 20 \text{ bar dan } 324^{\circ}\text{C} = 3.240,12 \text{ kJ/kg}$$

$$h \text{ pada } 15 \text{ bar dan } 324^{\circ}\text{C} = 3.247,77 \text{ kJ/kg}$$

maka,

$$\frac{p_1 - p_i}{p_1 - p_2} = \frac{h_1 - h_i}{20 \text{ bar} - 17,91 \text{ bar}}$$

$$\frac{20 \text{ bar} - 15 \text{ bar}}{20 \text{ bar} - 17,91 \text{ bar}} = \frac{3.240,12 \text{ kJ/kg} - h_i}{3.240,12 \text{ kJ/kg} - 3.247,77 \text{ kJ/kg}}$$

$$\frac{5}{2,09} = \frac{-7,65 \text{ kJ/kg}}{(2,09 \times (-7,65)) \text{ kJ/kg}} + 3.240,12$$

$$h_i = (-3,20) \text{ kJ/kg} + 3.240,12$$

$$h_i = 3.084,27 \text{ kJ/kg}$$

Nilai panas yang dihasilkan (Q_1) :

$$Q_1 = m_i \times h_i$$

$$Q_1 = 63.800 \text{ kg/hr} \times 3.084,27 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_1 = 196.776.426 \text{ kJ/hr}$$

Nilai energi panas *Steam Outlet* (Q_2) yang digunakan dalam perhitungan ini adalah nilai data operasi terendah menurut *Steam Flow* dengan Tekanan (p_o) -0,90 Bar, Temperature (T_o) $42,20^{\circ}\text{C}$ dan *Steam Flow* (m_o) = 63,80 Ton/hari = (63,30 x 1000) kg/hr = 63.800 kg/hr.

Menentukan *enthalpy*

$$p_{\text{abs}} = p_g + p_{\text{atm}}$$

$$p_{\text{abs}} = -0,90 \text{ Bar}_g + 1,013 \text{ Bar}_{\text{abs}}$$

$$P_{\text{abs}} = 0,11 \text{ Bar}_{\text{abs}}$$

$$T = 42,20^{\circ}\text{C}$$

Untuk mendapatkan nilai h_o perlu mengetahui kualitas uap pada *Steam Outlet*, agar diketahui kualitas uap yang berada pada *Steam Outlet*.

$$sf_{g_o} = sg_o - sf_o$$

$$sf_{g_o} = 8,15 \text{ kJ/kg.K} - 0,65 \text{ kJ/kg.K}$$

$$sf_{g_o} = 7,50 \text{ kJ/kg.K}$$

$$x_o = \frac{s_o - sf_o}{sf_{g_o}}$$

$$x_o = \frac{7,26 \text{ kJ/kg.K} - 0,65 \text{ kJ/kg.K}}{7,50 \text{ kJ/kg.K}}$$

$$x_o = \frac{6,62 \text{ kJ/kg.K}}{7,50 \text{ kJ/kg.K}}$$

$$x_o = 0,88$$

$$hfg_o = hg_o - hfo$$

$$hfg_o = 2.584,7 \text{ kJ/kg} - 191,83 \text{ kJ/kg}$$

$$hfg_o = 2.392,87 \text{ kJ/kg}$$

$$h_o = hfo + x_o \cdot hfg_o$$

$$h_o = 191,83 \text{ kJ/kg} + 0,88 \times 2.392,87 \text{ kJ/kg}$$

$$h_o = 191,83 \text{ kJ/kg} + 2.105,73 \text{ kJ/kg}$$

$$h_o = 2.203,89 \text{ kJ/kg}$$

Nilai panas yang dihasilkan (Q_2):

$$Q_2 = m_o \times h_o$$

$$Q_2 = 63.800 \text{ kg/hr} \times 2.203,89 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_2 = 140.608.182 \text{ kJ/hr}$$

Turbine Heat Rate (THR) dengan menghitung nilai selisih energi panas (ΔQ)



dibagi Daya yang dihasilkan oleh Generator (P).

$$P = 12,60 \text{ MW} = (12,60 \times 1000) \text{ kW} = 12.600 \text{ kW}$$

$$THR = \frac{Q_1 - Q_2}{P}$$

$$THR = \frac{(196.776.426 - 140.608.182) \text{ kJ/hr}}{12.600 \text{ kW}}$$

$$THR = \frac{56.168.224 \text{ kJ/hr}}{12.600 \text{ kW}}$$

$$THR = 4.457,80 \text{ kJ/kWh}$$

Nilai Efisiensi, dimana nilai energi panas dalam 1 kWh (Q) yaitu 3.600 kJ/kWh.

$$\eta = \frac{Q}{THR} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{3.600 \text{ kJ/kWh}}{4.457,80 \text{ kJ/kWh}} \times 100\%$$

$$\eta = 80,76\%$$

Tabel 1. Nilai Optimasi Steam Flow Steam Turbine Generator 4 Pada Power Plant 2

No	Steam Flow (Ton/hari)	Efisiensi (%)
Sebelum Optimasi	23,80	79,03
Titik 1	28,80	79,51
Titik 2	33,80	79,85
Titik 3	38,80	80,10
Titik 4	43,80	80,29
Titik 5	48,80	80,44
Titik 6	53,80	80,57
Titik 7	58,80	80,67
Titik 8	63,80	80,76

Data yang digunakan dalam perhitungan adalah data terendah berdasarkan nilai efisiensi yang dihasilkan yaitu terdapat pada tanggal 3 November 2022 kemudian data tersebut dilakukannya optimasi kinerja dengan meningkatkan Steam Flow sebesar 5 Ton/hari yang masuk kedalam Turbin. Berdasarkan data terendah pada Tanggal 3 November 2022 Steam Turbine Generator 4 membangkitkan daya listrik sebesar 4,60 MW, Steam Flow sebanyak 23,80 Ton/hari dengan efisiensi sebesar 79,03%, dan kualitas uap pada Q2 (Steam Outlet) adalah 0,8 = bersifat gas dan 0,2 = bersifat cair.

Pada percobaan 1, dilakukannya kenaikan steam flow sebesar 5 Ton/hari maka steam flow yang masuk sebesar 28,80 Ton/hari dan membangkitkan daya listrik sebesar 5,60 MW kemudian didapatkan nilai efisiensi sebesar 79,51 %. Pada percobaan 2 dilakukannya kenaikan steam flow sebesar 5 Ton/hari maka steam flow yang masuk sebesar 33,80 Ton/hari dan membangkitkan daya listrik sebesar 6,60 MW kemudian didapatkan nilai efisiensi sebesar 79,85 %. Pada percobaan 3 dilakukannya kenaikan steam flow sebesar 5 Ton/hari maka steam flow yang masuk sebesar 38,80 Ton/hari dan membangkitkan daya listrik sebesar 7,60 MW dan didapatkan nilai efisiensi sebesar 80,10 %.

Pada Percobaan 4, steam flow ditingkatkan sebesar 5 ton/jam, sehingga steam flow masuk sebesar 43,80 ton/jam sehingga menghasilkan listrik sebesar 8,60 MW dan efisiensi sebesar 80,29%. Pada percobaan 5, steam flow ditingkatkan sebesar 5 ton/jam sehingga steam flow yang masuk sebesar 48,80 ton/jam sehingga menghasilkan listrik sebesar 9,60 MW dan efisiensi sebesar 80,44%. Pada percobaan 6 dilakukannya kenaikan steam flow sebesar 5 Ton/hari maka, steam flow yang masuk adalah 53,80 Ton/hari untuk membangkitkan daya listrik sebesar 10,60 MW kemudian didapatkan nilai efisiensi 80,57 %. Pada percobaan 7 dilakukannya kenaikan steam flow sebesar 5 Ton/hari maka steam flow yang masuk adalah 58,80 Ton/hari untuk membangkitkan daya listrik sebesar 11,60 MW kemudian didapatkan nilai efisiensi 80,67 %.

Pada percobaan 8 dilakukannya kenaikan steam flow sebesar 5 Ton/hari maka steam flow yang masuk adalah 63,80 Ton/hari untuk membangkitkan daya listrik sebesar 12,60 MW kemudian didapatkan nilai efisiensi 80,76 %. Pada data desain Steam Turbine Generator 4 dilakukan diketahui efisiensinya yaitu sebesar 90,58 % dengan Steam Flow sebesar 70 Ton/hari dan memiliki daya sebesar 12,80 MW. Dapat dibandingkan kenaikan nilai efisiensi setelah dilakukannya 8 kali percobaan antara data desain dan data terendah operasi harian berdasarkan Steam Flow yang dimana kenaikan Steam Flow dan besaran daya yang dibangkitkan dapat mempengaruhi kinerja dari



Steam Turbine Generator 4 sehingga kinerja dapat menjadi optimal.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa terdapat beberapa parameter yang dapat atau dikatakan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kinerja turbin antara lain nilai entalpi, nilai entropi, fraksi uap, kerja aktual turbin dan kecepatan uap turbin (Suriaman & Suprayitno, 2022). Hal tersebut sebanding dengan hasil penelitian penulis.

KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian, yaitu bahwa Nilai optimasi *Steam Flow Steam Turbine Generator 4* Pada *Power Plant 2* adalah sebesar 80,76 %. Meningkatnya efisiensi karena semakin banyak *steam flow* yang dialirkan maka, daya yang dibangkitkan akan meningkat dan akan mempengaruhi efisiensi kinerja dari *Steam Turbine Generator 4 Power Plant 2* dan Perbandingan nilai optimasi kinerja *Steam Turbine Generator 4* Pada *Power Plant 2* antara data desain dan data setelah optimasi adalah sebesar 9,82 %. Diketahui nilai efisiensi dari data optimasi didapatkan pada *Steam Flow* 63,80 Ton/hari dengan daya listrik sebesar 12,6 MW akan menghasilkan nilai efisiensi 80,76 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian artikel ini, kepada pihak Sekolah Tinggi Teknologi Migas dan PT. X yang telah telah menyetujui pengumpulan dan pemrosesan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriandi, R., & Mursadin, A. (2016). Analisis Kinerja Turbin Uap Berdasarkan Performance Test PLTU PT. Indocement P-12 TARJUN. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 1(1). <https://doi.org/10.20527/sjmekinematika.v1i1.26>
- Arrazi, M., Zamzami, & Maimun. (2023). Analisis Efisiensi Turbin Uap Sebagai Penggerak Generator Pabrik Minyak Kelapa Sawit PT. Syaukath Sejahtera (GANDAPURA). *Jurnal Tektro*, 7(1).
- Fadila, A., & Permana, D. S. (2024). Analisis Kinerja Turbin Uap Sebelum Dan Sesudah Overhaul PLTU X. *Jurnal Teknik Mesin*, 13(1), 35–41.
- Komarudin, K., Saputro, A., & Wahyuningsih, E. (2020). Analisis Kenaikan Plant Heat Rate Pitu Sebelum Perbaikan Berkala Terhadap Kondisi Testing Komisioning (Studi Kasus: PLTU XX). *Bina Teknika*, 16(1), 25. <https://doi.org/10.54378/bt.v16i1.1740>
- Lintang, G. G. (2016). *Analisis Pengaruh Perubahan Beban Generator terhadap Efisiensi Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Aplikasi Pada PLTU Pangkalan Susu 2 x 220 MW)*. Universitas Sumatera Utara.
- Santoso, H. (2018). Optimalisasi untuk Menghasilkan Efisiensi Ideal Turbin Uap Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Kapasitas 20 MW. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, 3(2). <https://doi.org/10.30998/string.v3i2.3044>
- Saputro, E. (2021). Analisis Efisiensi Turbin Uap Unit 1 di PT. PJB Ubjom Pltu Pulang Pisau Kalimantan Tengah. *JTAM ROTARY*, 3(1). https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v3i1.3278
- Setiawan, F., Melkias, A., & Slameto. (2022). Analisis Kinerja Turbin Uap Unit 1 Di Cirebon Power. *Jurnal Teknik Energi*, 11(2), 7–11. <https://doi.org/10.35313/energi.v11i2.3517>
- Suriaman, I., & Suprayitno, A. (2022). Analisis Pengaruh Laju Uap Terhadap Efisiensi Turbin Uap Condensing Pada Pltu Pt. Xxx. *Jurnal Teknologika*, 12(2).
- Zakaria, T., & Suryaman, T. (2020). Analisa Kerusakan Kondensor Unit 1- 4 PLTU - XYZ Banten (an Engineering Report Case Study). *Jurnal Intent: Jurnal Industri dan Teknologi Terpadu*, 3(2). <https://doi.org/10.47080/intent.v3i2.957>
- Zulkarnaini, Z. (2019). Analisa Proteksi Arus Lebih Pada Generator PLTU Teluk Sirih. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 8(1), 28–34. <https://doi.org/10.21063/jte.2019.3133806>