

## Analisis Statistika Penyerapan Panas pada Low Pressure Heater 4 dan 5 terhadap Penghematan Konsumsi Batubara Boiler di PLTU PT. X Unit 3 dengan Metode Sampling Ekstrim (*Extreme Case Sampling*)

Eka Megawati<sup>1\*</sup>, Ghazian Zhafiri Hidayat<sup>1</sup>, I Ketut Warsa<sup>1</sup>, Dawi Yanti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Pengolahan Migas, Sekolah Tinggi Teknologi Migas, Indonesia

<sup>1</sup>Teknik Instrumentasi & Elektronika Migas, Sekolah Tinggi Teknologi Migas, Indonesia

E-mail : ekamegawati89@yahoo.com

### ABSTRACT

The utilization of electrical energy has been increasingly significant in line with the advancement of science, technology, and development. One of the solutions to overcome the energy crisis is by utilizing alternative energy sources through power generation systems. The Steam Power Plant (PLTU) converts thermal energy from steam into mechanical energy to drive a turbine, which then produces electrical energy through a generator. One of the essential components in the PLTU system is the Low Pressure Heater (LPH), which utilizes extraction steam from the turbine to preheat demineralized water before entering the deaerator. This study analyzes the effect of heat absorption in the LPH on coal fuel savings at PLTU PT. X Unit 3 under various operating loads: minimum, medium, and maximum. The results show that for LPH 4, heat absorption values of 2,820,237 kcal/h, 3,742,064 kcal/h, and 6,512,385 kcal/h correspond to coal savings of 0.793 tons, 1.052 tons, and 1.82 tons, respectively. For LPH 5, heat absorption values of 3,863,280 kcal/h, 5,834,317 kcal/h, and 9,645,752 kcal/h result in savings of 1.086 tons, 1.64 tons, and 2.711 tons, respectively. The increase in operating load correlates with greater heat absorption, leading to improved coal efficiency and overall thermal performance of the power plant.

**Keywords:** Steam Power Plant (PLTU), Low Pressure Heater, Exergy Efficiency, Generator Load

### ABSTRAK

Pemanfaatan energi listrik semakin meningkat seiring kemajuan ilmu pengetahuan, teknologi, dan pembangunan. Salah satu solusi untuk mengatasi krisis energi adalah dengan memanfaatkan sumber energi alternatif melalui pembangkit listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) memanfaatkan energi panas dari uap untuk memutar turbin yang kemudian menghasilkan energi listrik melalui generator. Salah satu komponen penting dalam sistem PLTU adalah Low Pressure Heater (LPH), yang berfungsi memanfaatkan panas dari uap ekstraksi turbin untuk memanaskan air demin menuju deaerator. Penelitian ini menganalisis pengaruh tingkat penyerapan panas pada LPH terhadap penghematan bahan bakar batubara di PLTU PT. X Unit 3 dengan variasi beban operasi minimal, medium, dan maksimal. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada LPH 4, penyerapan panas masing-masing sebesar 2.820.237 kcal/h, 3.742.064 kcal/h, dan 6.512.385 kcal/h, menghasilkan penghematan batubara sebesar 0,793 ton, 1,052 ton, dan 1,82 ton. Pada LPH 5, diperoleh penyerapan panas sebesar 3.863.280 kcal/h, 5.834.317 kcal/h, dan 9.645.752 kcal/h dengan penghematan 1,086 ton, 1,64 ton, dan 2,711 ton. Peningkatan beban operasi berbanding lurus dengan kenaikan penyerapan panas, sehingga efisiensi penggunaan batubara meningkat.

**Kata kunci:** Pembangkit Listrik tenaga uap (PLTU), Low Pressure Heater, Efisiensi Energi, Beban Generator

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi dewasa ini sangat banyak dirasakan seiring dengan semakin majunya ilmu pengetahuan serta teknologi (IPTEK) serta pembangunan. Pengembangan ilmu pengetahuan serta teknologi ini merujuk pada akselerasi peningkatan sumber daya manusia agar bisa bersaing dengan era kemajuan teknologi menuju pembaharuan serta peningkatan kesejahteraan masyarakat (Adzikri, 2017).

Energi yang paling diperlukan manusia untuk menunjang kehidupan salah satunya adalah energi listrik (Prawiroedjo, K., dkk., 2024). insan membutuhkan energi listrik untuk berbagai keperluan seperti kepentingan rumah tangga, industri dan buat menunjang sarana prasarana yang lainnya. Menurut Faisal, F. (2021) Kebutuhan hidup manusia semakin lama semakin meningkat, peningkatan kebutuhan manusia juga diikuti dengan kebutuhan energi yang terus menerus tidak bisa tersedia secara alami, dan salah satu upaya untuk mengatasi krisis energi tersebut ialah dengan cara memanfaatkan sumber energi alternatif antara lain adalah Pembangkit Listrik tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik energi Gas Uap (PLTGU), Pembangkit Listrik tenaga Bayu (PLTB) dan beberapa jenis pembangkit listrik lainnya.

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi panas dari uap yang digunakan untuk memutar turbin supaya dapat membangkitkan energi listrik melalui generator. Steam yang diperoleh berasal dari perubahan fase air yang berada pada boiler akibat mendapatkan energi panas dari hasil pembakaran bahan bakar. pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap, bahan bakar yang dipergunakan pada umumnya, yaitu batubara (Go, 2015).

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan pembangkit listrik tenaga uap dengan menggunakan bahan bakar batubara. Batubara sebagai bahan bakar utama yang dipakai di unit pembangkitan memerlukan penanganan yang baik. Suatu sistem pembangkit dikatakan baik ketika peformansinya tinggi. Peformansi tinggi diartikan dengan energi yang masuk tidak banyak terbuang untuk menghasilkan suatu daya yang diinginkan. Menurut Warsa, I. K., Yuniarti, Y., & Megawati, E. (2021) Boiler adalah salah satu jenis pesawat uap berupa bejana tertutup yang berfungsi untuk memanaskan air. Alat ini juga dapat didefinisikan sebagai pemanas air dalam wadah tertutup untuk menghasilkan uap dengan tekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer, yang kemudian dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan.

Salah satu komponen penting untuk mendukung kinerja PLTU pada pembangkit dalam memanfaatkan energi thermal adalah *Low Pressure Heater* (Rizaldi, dkk., 2024). *Low Pressure Heater* memanfaatkan panas yang bersumber dari ekstraksi atau uap ekstraksi dari turbin yang

berfungsi sebagai pemanas pemula untuk memanaskan air demin yang menuju ke dearator. Sistem Ekstraksi dapat meningkatkan efisiensi thermal dengan cara melakukan pemanasan awal pada air pengisi melalui proses “heat transfer” dari uap ekstraksi yang didapat dari turbin pada tingkat tertentu. dengan dinaikkannya temperatur air pengisi, maka jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk proses produksi uap akan berkurang (Said, 2017).

Metode pengambilan sampel yang mengambil nilai terendah dan tertinggi untuk dianalisis biasanya disebut dengan Sampling Ekstrim (*Extreme Case Sampling*). Merupakan bagian dari purposive sampling (sampel bertujuan) dalam penelitian kualitatif maupun kuantitatif. Teknik ini memilih kasus atau data dengan nilai paling rendah (minimum) dan nilai paling tinggi (maksimum) untuk dianalisis lebih lanjut. Tujuannya adalah untuk melihat rentang variasi yang paling ekstrem dalam suatu fenomena, sehingga peneliti bisa memahami batas-batas perbedaan yang ada Noviandini, T. A. (2022).

Pada artikel ini akan dianalisa mengenai tingkat penyerapan panas pada *Low Pressure Heater* terhadap penghematan bahan bakar batubara pada PLTU PT. X. Beban yang digunakan untuk menganalisa penyerapan panas pada *Low Pressure Heater* terhadap penghematan bahan bakar batubara, yaitu bervariatif dari data yang diambil pada Unit 3 PLTU PT. X.

## METODE PENELITIAN

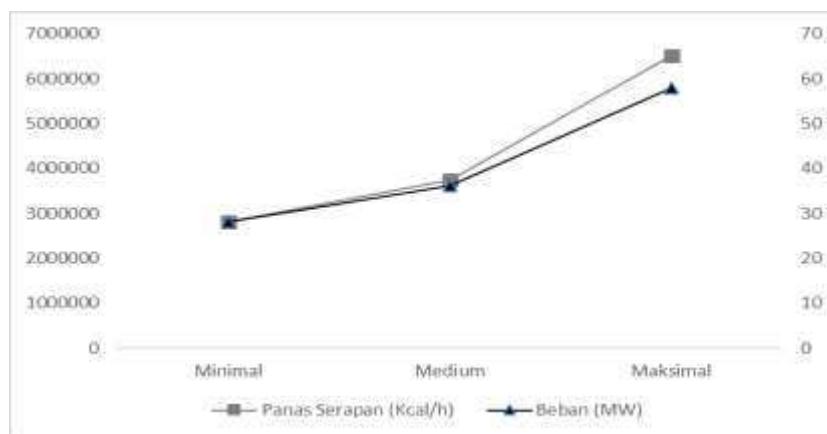
Pengambilan data berupa data operasi beban variatif yaitu, minimal, medium, dan maksimal pada unit 3 PT. X. Data operasi beban minimal, medium, dan maksimal berupa data *main steam, extraction, turbin condensor, outlet condenser, outlet condensate pump, outlet Low Pressure (LP) heater 5, outlet LP Heater 4, outlet deaerator, outlet BFWP, outlet high pressure (HP) heater 2, outlet HP heater 1, drain HP heater 1, drain HP heater 2, drain LP heater 4, drain LP heater 5, make up water, beban generator (MW), feed water flow (t/h), circulating cooling water, temperature inlet, temperature outlet*. Pada beban minimal, medium, maksimal yang akan dihitung adalah dari masing-masing sampel yang telah dianalisis di mana beban minimal, medium, maksimal ini ialah kebutuhan dari listrik secara maksimum yang terjadi selama selang waktu tertentu, biasanya terjadi pada selang waktu 15 menit, selang waktu 30 menit, atau dalam hal tertentu dapat berselang waktu hingga 60 menit.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data pengamatan dapat dilihat pada Tabel 1, 2 dan 3.

**Tabel 1.** Data beban dan penyerapan panas LP 4.

Sampel	Beban (MW)	Panas Serapan (Kcal/h)
Minimal	28,09	2.820.237
Medium	36,21	3.742.064
Maksimal	57,95	6.512.385

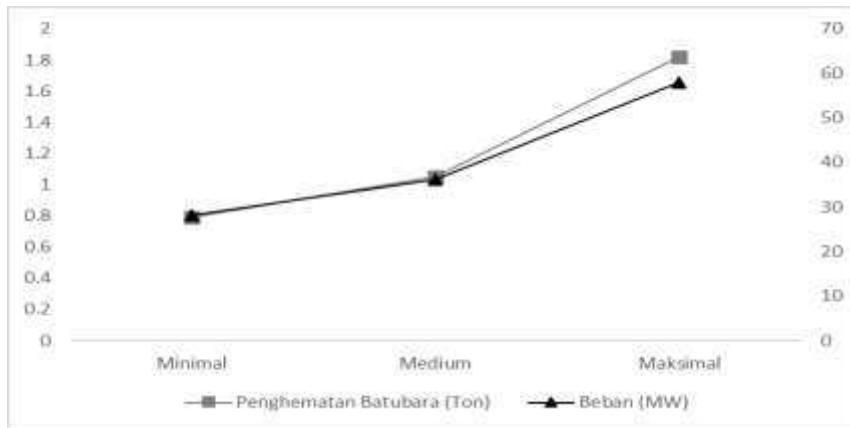


**Gambar 1.** Trend Beban terhadap Penyerapan Panas LP 4.

Berdasarkan pengamatan pada Tabel 1. dan trend penyerapan panas pada LP4 di peroleh hasil panas yang mampu dikembalikan ke sistem pada beban generator dengan kondisi minimal (28,09 MW) sebesar 2.820.237 Kcal/h, pada beban generator dengan kondisi medium (36,21 MW) sebesar 3.742.064 Kcal/h, pada beban generator dengan kondisi maksimum (57,95 MW) sebesar 6.512.385 Kcal/h. Selain hal tersebut, berdasarkan grafik juga dapat disimpulkan jika naiknya beban generator berbanding lurus dengan kenaikan penyerapan panas yang dikembalikan ke sistem.

**Tabel 2.** Data Beban dan Penghematan Batubara LP 4.

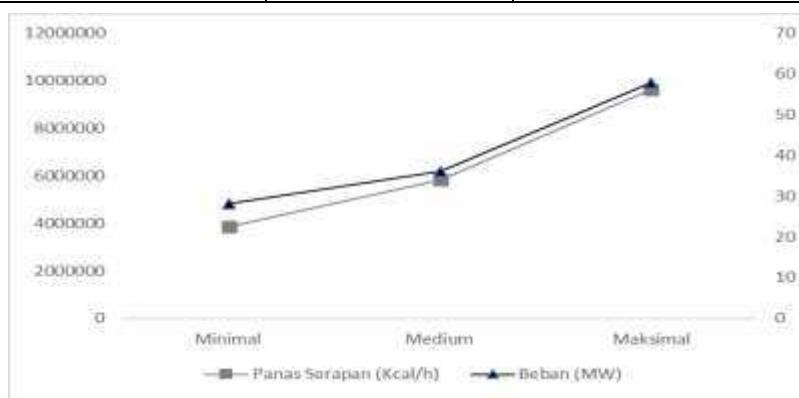
Sampel	Beban (MW)	Penghematan batubara (Ton)
Minimal	28,09	0,793
Medium	36,21	1,052
Maksimal	57,95	1,82

**Gambar 2.** Beban Maksimal terhadap Efisiensi Turbin.

Berdasarkan pengamatan pada tabel 2. dan trend penyerapan panas pada LP4 di peroleh hasil batu bara yang mampu dikembalikan ke sistem pada beban generator dengan kondisi minimal (28,09 MW) sebesar 0,793 Ton, pada beban generator dengan kondisi medium (36,21 MW) sebesar 1,052 Ton, pada beban generator dengan kondisi maksimum (57,95 MW) sebesar 1,82 Ton. Selain hal tersebut, berdasarkan grafik juga dapat disimpulkan jika naiknya beban generator berbanding lurus dengan efisiensi batubara yang dapat dihemat.

**Tabel 3.** Data beban dan penyerapan panas LP 5.

Sampel	Beban (MW)	Panas Serapan (Kcal/h)
Minimal	28,09	3.863.280
Medium	36,21	5.834.317
Maksimal	57,95	9.645.752

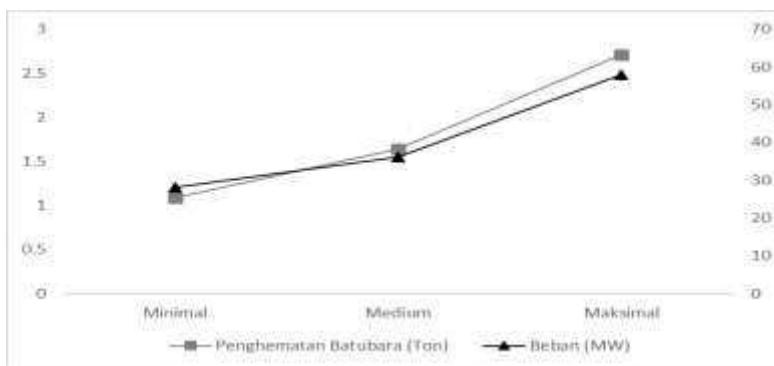
**Gambar 3.** Tren Beban terhadap Penyerapan Panas LP 5.

Berdasarkan pengamatan pada Tabel 3 dan *trend* penyerapan panas pada LP5 di peroleh hasil panas yang mampu dikembalikan ke sistem pada beban generator dengan kondisi minimal  
Artikel diterima 29 September 2025. Online 30 Oktober 2025.

(28,09 MW) sebesar 3.863.280 Kcal/h, pada beban generator dengan kondisi medium (36,21 MW) sebesar 5.834.317 Kcal/h, pada beban generator dengan kondisi maksimum (57,95 MW) sebesar 9.645.752 Kcal/h. Selain hal tersebut, berdasarkan grafik juga dapat disimpulkan jika naiknya beban generator berbanding lurus dengan kenaikan penyerapan panas yang di kembalikan ke sistem.

**Tabel 4.** Data Beban terhadap Penghematan Batubara LP 5

Sampel	Beban (MW)	Penghematan batubara (Ton)
Minimal	28,09	1,086
Medium	36,21	1,64
Maksimal	57,95	2,711



**Gambar 4.** Tren Beban terhadap Penyerapan Panas LP 5.

Berdasarkan pengamatan pada Tabel 4 dan *trend* penyerapan panas pada LP5 di peroleh hasil batu bara yang mampu dikembalikan ke sistem pada beban generator dengan kondisi minimal (28,09 MW) sebesar 1,086 Ton, pada beban generator dengan kondisi medium (36,21 MW) sebesar 1,64 Ton, pada beban generator dengan kondisi maksimum (57,95 MW) sebesar 2,711 Ton. Selain hal tersebut, berdasarkan grafik juga dapat disimpulkan jika naiknya beban generator berbanding lurus dengan efisiensi batu bara yang dapat dihemat.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa mengenai penyerapan panas *Low Pressure Heater* 4 dan 5 terhadap penghematan bahan bakar batu bara pada PT. X Unit 3 dapat disimpulkan sebagai berikut: Berdasarkan hasil analisa *Low Pressure Heater* 4 dari beban operasi minimal, medium dan maksimal diperoleh nilai penyerapan panas berturut-turut sebesar 2.820.237 kcal/h, 3.742.064 kcal/h dan 6.512.385 kcal/h yang mengakibatkan penghematan batubara yang dapat dihemat dari

beban minimal, medium, dan maksimal sebesar 0,793 Ton, 1,052 Ton, dan 1,82 Ton dan kondisi naiknya beban minimal, medium dan maksimal di ikuti oleh kenaikan besaran penyerapan panas yang dikembalikan ke sistem yang mengakibatkan efisiensi batubara juga akan semakin meningkat.

Berdasarkan hasil analisa *Low Pressure Heater 5* dari beban operasi minimal, medium dan maksimal diperoleh nilai penyerapan panas berturut-turut sebesar 3.863.280 kcal/h, 5.834.317 kcal/h dan 9.645.752 kcal/h yang mengakibatkan penghematan batubara yang dapat dihemat dari beban minimal, medium dan maksimal sebesar 1,086 Ton, 1,64 Ton, dan 2,711 Ton, dan kondisi naiknya beban minimal, medium, dan maksimal di ikuti oleh kenaikan besaran penyerapan panas yang di kembalikan ke sistem yang mengakibatkan efisiensi batubara juga akan seamakin meningkat.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu sehingga penyusunan artikel dapat terselesaikan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Adzikri, F., Notosudjono, D., & Suhendi, D. (2017). *Strategi Pengembangan Energi Terbarukan di Indonesia*. Jurnal Online Mahasiswa (Jom) Bidang Teknik Elektro, 1(1).
- Faisal, F. (2021). Urgensi pengaturan pengembangan energi terbarukan sebagai wujud mendukung ketahanan energi nasional. Ensiklopedia Social Review, 3(1), 18-24.
- Rizaldi, S. P., Naryono, E., & Effendi, R. R. (2024). Evaluasi Kinerja Alat Low Pressure Heater PT PLN Nusantara Power Up Tanjung Awar-Awar. DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi, 10(3), 628-640.
- Noviandini, T. A. (2022). Pengaruh Biaya Pencegahan Dan Biaya Penilaian Terhadap Produk Cacat Digital Keyphone:(Studi Kasus Pada PT. J Ekstrim Tech Indonesia). J-CEKI: Jurnal Cendekia Ilmiah, 1(4), 394-401.
- Prawiroedjo, K., Julian, E. S., Sulaiman, S., Novianto, S., & Moelyadi, Y. I. (2024). Penyuluhan Cara Menghemat Dan Cara Aman Menggunakan Energi Listrik Dalam Rumah Tangga. Jurnal Bakti Masyarakat Indonesia, 7(2), 273-282.
- Said, Nur Ali. 2017. *Buku Panduan Operator DCS Unit 3, Departemen Produksi, PT. Cahaya Fajar Kaltim*. Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur.
- Warsa, I. K., Yuniarti, Y., & Megawati, E. (2021). Analisa Potensi Peningkatan Kinerja Hhp Boiler Berdasarkan Prinsip Neraca Panas. PETROGAS: Journal of Energy and Technology, 3(1), 78-90.

Go, Y. S. (2015). Optimalisasi performa PLTU kapasitas 420 MW menggunakan variasi pada tekanan dan massa ekstraksi turbin LP [Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.