

Perbandingan Kinerja Boiler dengan dan Tanpa Economizer PLTU 100 MW di PT. CCEPC

MUHAMMAD SHIDIQ FADILLAH, DINI FAUZIAH

Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email : bom09061996@itenas.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan economizer terhadap peningkatan efisiensi boiler pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 100 MW di PT CCEPC. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan pengambilan data secara langsung dari sistem Distributed Control System (DCS) pada kondisi operasi normal dengan variasi beban daya. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi boiler tanpa economizer sebesar 73%, sedangkan dengan penggunaan economizer meningkat menjadi 85%, sehingga terjadi peningkatan efisiensi sebesar 12%. Nilai efisiensi economizer sebesar 16,42%, yang didefinisikan sebagai peningkatan efisiensi relatif terhadap kondisi tanpa economizer, berada di atas nilai tipikal yang umumnya berkisar antara 5–10%, sehingga menunjukkan bahwa kinerja economizer di PT CCEPC tergolong sangat baik. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa penerapan economizer berperan penting dalam meningkatkan efisiensi energi dan mengoptimalkan kinerja sistem boiler pada PLTU.

Kata kunci: Economizer, Efisiensi Boiler, PLTU, Efisiensi Energi

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of economizer application on improving boiler efficiency at a 100 MW Steam Power Plant (PLTU) of PT CCEPC. The research employs a descriptive quantitative approach, with data collected directly from the Distributed Control System (DCS) under normal operating conditions with varying load levels. The calculation results indicate that the boiler efficiency without an economizer is 73%, while the efficiency increases to 85% with the use of an economizer, resulting in an efficiency improvement of 12%. The economizer efficiency value of 16.42%, defined as the relative efficiency improvement compared to boiler operation without an economizer, exceeds the typical range of 5–10% commonly reported in the literature, indicating that the economizer performance at PT CCEPC can be categorized as very good. These results demonstrate that the implementation of an economizer plays a significant role in enhancing energy efficiency and optimizing boiler system performance in steam power plants.

Keywords: Economizer, Boiler Efficiency, PLTU, Energy Efficiency

1. PENDAHULUAN

Pada era modern saat ini, kebutuhan energi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan semakin banyaknya penggunaan peralatan elektronik dalam kehidupan sehari-hari **(Jamaaluddin, 2016) (Ainun, 2018)**. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkat, diperlukan upaya pembangunan pembangkit listrik baru. Namun, peningkatan kapasitas pembangkit tidak hanya berfokus pada penambahan jumlahnya, tetapi juga perlu diimbangi dengan peningkatan kualitas dan efisiensi sistem kerjanya agar biaya operasional serta penggunaan komponen dapat ditekan secara optimal **(Sunarwo, 2015)**.

Salah satu jenis pembangkit listrik yang banyak digunakan di Indonesia adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Meskipun memiliki kemampuan menghasilkan daya dalam skala besar, PLTU juga menimbulkan permasalahan berupa limbah panas yang dapat berdampak negatif terhadap lingkungan maupun terhadap kinerja sistem pada boiler **(Shaumi, 2024)**. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak tersebut adalah dengan menambahkan economizer, sehingga konsumsi energi dapat berkurang sekaligus meningkatkan efisiensi serta keandalan kinerja boiler **(Munir, 2018)**. Pemasangan economizer memungkinkan sebagian limbah panas untuk dimanfaatkan kembali guna memanaskan air umpan yang bersuhu rendah (feed water) sehingga energi panas tidak terbuang percuma **(Jeng, 2022)**. Selain itu, economizer memiliki keunggulan dalam hal kemudahan instalasi karena tidak memengaruhi struktur utama pembangkit serta hanya memberikan dampak minimal terhadap sistem termal secara keseluruhan **(Ye, 2019)**.

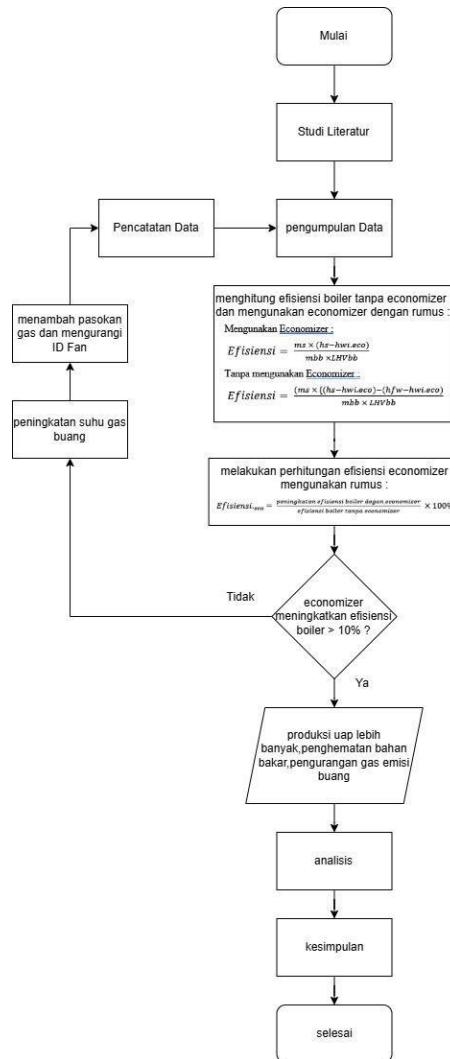
Ketika efisiensi economizer berada di bawah standar, penggunaan bahan bakar akan meningkat karena diperlukan energi tambahan untuk menghasilkan jumlah uap yang sama. Kondisi tersebut juga berdampak pada turunnya efektivitas kerja turbin, sehingga beban produksi sulit mencapai nilai optimal **(Suhardi, 2020)**. Secara umum, efisiensi economizer yang baik berada pada kisaran 70% hingga 90% **(Asmudi, 2012)**, di mana nilai di bawah rentang tersebut menunjukkan adanya penurunan kinerja sistem perpindahan panas yang dapat berimplikasi pada peningkatan konsumsi bahan bakar serta penurunan efisiensi keseluruhan sistem boiler **(Aprilia, 2021)**.

Maka pada penelitian ini akan menghitung nilai efisiensi pada economizer yang ada pada sebuah boiler penulis menggunakan sebuah metode langsung yang dimana hanya menggunakan dari nilai panas yang masuk dan panas keluar agar dapat menjadi evaluasi untuk perusahaan apabila bernilai tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan.

2. METODE PENELITIAN

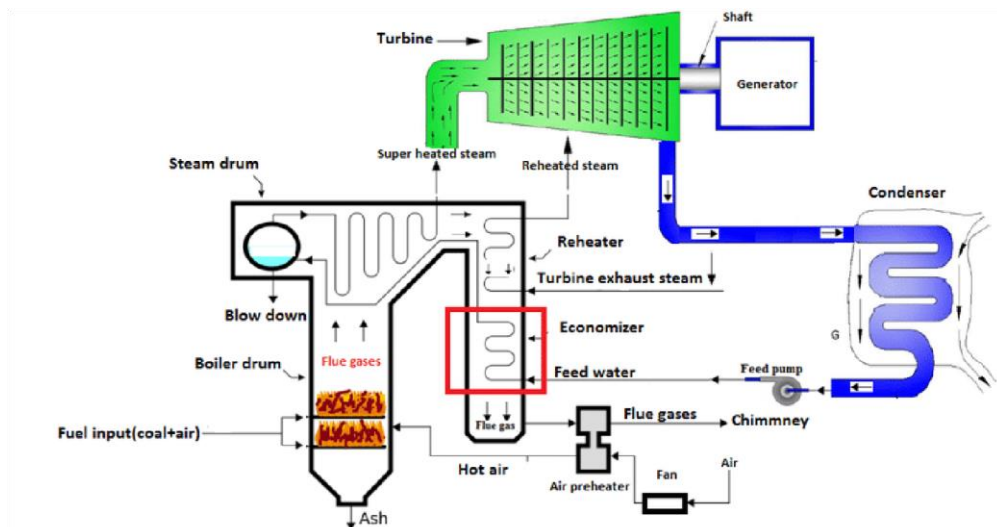
2.1 Flow Chart Metode Penelitian

Metodologi penelitian ini dijelaskan dalam sebuah diagram flow chart yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Untuk memberikan gambaran cara kerja economizer boiler maka disajikan pada Gambar 2



Gambar 2. Schematic Kerja Economizer
Sumber : (Babu, 2017)

2.2. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan fokus pada analisis data operasional dan efisiensi sistem pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar gas. Seluruh data diperoleh secara langsung dari Distributed Control System (DCS) selama periode operasi normal dengan beberapa variasi beban daya (MW). Pendekatan ini dipilih karena mampu menggambarkan hubungan empiris antara kinerja economizer dan efisiensi penggunaan bahan bakar berdasarkan kondisi operasi aktual di lapangan, sehingga hasil analisis yang diperoleh dapat merepresentasikan performa sistem secara faktual dan objektif. Adapun parameter-parameter yang disajikan pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 5.

Tabel 1. Spesifikasi Gas

Proyek	Satuan	Nilai		
		Gas Campuran	Gas Campuran	Gas Tungku Kokas
		Tungku Rotasi Tinggi	Ferokrom Semi-Kokas	
Tekanan Pasokan: Normal	Kpa	10	15	7
Suhu Pasokan: Normal	°C	40	40	40
N ₂	Basah-Vol%	56,54	24,2	3 , 2
H ₂	Basah-Vol%	1,9	4	59
CO ₂	Basah-Vol%	15,5	22	2
CO ₂	Basah-Vol%	24,4	46,3	72
CH ₄	Basah-Vol%	-	3,5	26
C _n H _m	Basah-Vol%	-	-	2 , 2
O ₂	Basah-Vol%	1,66	-	0 , 4
Nilai Kalor: Rendah	Basah-Vol%	784	1800	4275
H ₂ S	mg/Nm ³	≤ 50	≤ 200	≤ 200
Kandungan Debu	mg/Nm ⁴	≤ 10	≤ 10	≤ 10

Tabel 2. Konsumsi Gas Tungku Rotasi Tinggi

Gas Tungku Rotasi Tinggi		
Nama	Satuan	Maksimum
Konsumsi Gas	Nm ³ /Jam	223918
Suhu Gas (Outlet Gas)	°C	140
Kuantitas Pembakar Gas	Pcs	10
Gaya Output Pembakar Gas	Nm ³ /Jam	22400

Tabel 3. Konsumsi Gas Campuran Ferokrom Semi-Kokas

Gas Campuran Ferokrom Semi-Kokas		
Nama	Satuan	Maksimum
Konsumsi Gas	Nm ³ /Jam	45071
Suhu Gas (Outlet Gas)	°C	40
Kuantitas Pembakar Gas	Pcs	4
Gaya Output Pembakar Gas	Nm ³ /Jam	11270

Tabel 4. Konsumsi Gas Tungku Kokas

Gas Tungku Kokas		
Nama	Satuan	Maksimum
Konsumsi Gas	Nm ³ /Jam	23192
Suhu Gas (Outlet Gas)	°C	40
Kuantitas Pembakar Gas	Pcs	44
Gaya Output Pembakar Gas	Nm ³ /Jam	5700

Tabel 5. Konsumsi Udara Sekunder

Udara Sekunder		
Nama	Satuan	Maksimum
Konsumsi Gas	Nm ³ /Jam	198994
Suhu Gas (Outlet Gas)	°C	307

2.3 Metode Perhitungan

Dengan data yang telah diperoleh dilanjutkan dengan analisis yang membandingkan penggunaan Economizer dan tanpa Economizer. Untuk menghitung perbandingan efisiensi boiler dengan dan tanpa economizer, digunakan rumus-rumus berikut.

- Menggunakan economizer sesuai persamaan (1)

$$Efisiensi = \frac{ms \times (hs - hwi.eco)}{mbb \times LHVbb} \quad (1)$$

- Tanpa menggunakan sesuai persamaan (2)

$$Efisiensi = \frac{ms \times \{(hs - hwi.eco) - (hfw - hwi.eco)\}}{mbb \times LHVbb} \quad (2)$$

Keterangan : *ms* = Jumlah Steam yang dihasilkan perjam (kg/jam)
hs = Entalpi uap jenuh (kkal/kg)
hfw = Entalpi air umpan (kkal/kg)
hwi.eco = Entalpi air masuk di economizer (kkal/kg)
LHVbb = Kalor dari pembakaran (kkal/kg)
mbb = Jumlah masa bahan bakar yang digunakan perjam (kg/jam)

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Kinerja Boiler Menggunakan Economizer dan Tanpa Economizer

Data operasional yang telah diperoleh dari pengujian kini akan digunakan sebagai dasar analisis perhitungan. Untuk memvalidasi efektivitas economizer dalam meningkatkan kinerja boiler, perlu dilakukan perhitungan efisiensi termal secara komparatif. Oleh karena itu, bagian berikut akan menguraikan langkah-langkah matematis untuk menentukan efisiensi boiler saat beroperasi dengan dan tanpa economizer, serta mengukur potensi penghematan

bahan bakar yang dicapai. Rincian data yang diperoleh disajikan pada Tabel 6 sampai dengan Tabel 7.

Tabel 6. Data Konsumsi Boiler

Nama	Satuan	Jumlah
jumlah steam	kg/jam	268000
jumlah bahan bakar	kg/jam	126836
nilai kalor	kkal/kg	816

Tabel 7. Data Entalpi Boiler

Entalpi		
Bahan	Saturated Liquid	Saturated Vapor
Air Umpan (286)	302,989 kkal/kg	662,4282 kkal/kg
Uap Jenuh(363)	425,908 kkal/kg	588,1931 kkal/kg
Air Economizer (250)	259,231 kkal/kg	668,93 kkal/kg

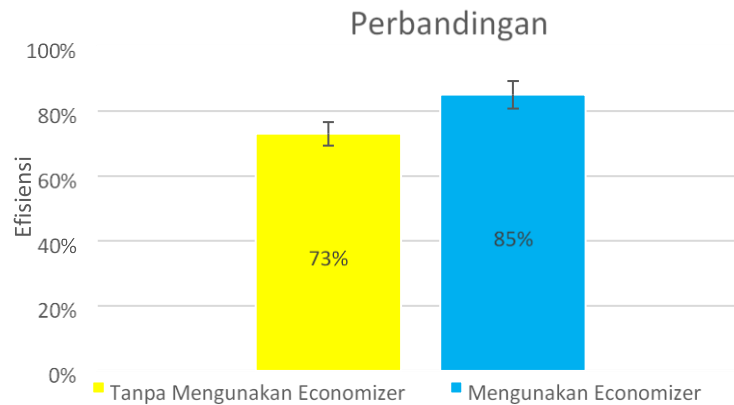
a. Perhitungan boiler menggunakan economizer :

$$\begin{aligned}
 efisiensi &= \frac{ms \times (hs - h_{wi.eco})}{mbb \times LHV_{bb}} \times 100\% \\
 &= \frac{268000(588,1931 - 259,231)}{126836 \times 816} \times 100\% \\
 &= \frac{268000(329)}{103498176} \times 100\% \\
 &= \frac{88172000}{103498176} \times 100\% = 0.85 \times 100\% = 85\%
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan boiler tanpa menggunakan economizer :

$$\begin{aligned}
 efisiensi &= \frac{(ms \times \{(hs - h_{wi.eco}) - (h_{fw} - h_{wi.eco})\})}{mbb \times LHV_{bb}} \times 100\% \\
 &= \frac{268000 \times \{(588,1931 - 259,231) - (302,989 - 259,231)\}}{126836 \times 1800} \times 100\% \\
 &= \frac{268000 \times \{(329 - 43)\}}{103498176} \\
 &= \frac{268000 \times (285,2)}{103498176} \times 100\% \\
 &= \frac{76433600}{103498176} \times 100\% \\
 &= 0,73 \times 100\% = 73\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan pada bagian sebelumnya, data tersebut disusun dan disajikan dalam bentuk tabel yang ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Perbandingan

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh bahwa efisiensi boiler tanpa penggunaan economizer sebesar 73%, sedangkan efisiensi boiler dengan penggunaan economizer mencapai 85%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penerapan economizer pada boiler berkapasitas 100 MW mampu meningkatkan efisiensi sistem sebesar 12%.

3.2 Efisiensi Economizer

Rumus ini diperoleh berdasarkan pemahaman dasar mengenai prinsip kerja economizer. Secara umum, economizer berfungsi untuk memanfaatkan panas yang terbuang dari gas buang (flue gas) boiler dan mentransfernya ke air umpan sebelum memasuki boiler. Dengan demikian, energi panas yang seharusnya terbuang dapat dimanfaatkan kembali sehingga meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem.

Efisiensi economizer dapat dihitung dengan membandingkan efisiensi boiler yang menggunakan economizer terhadap efisiensi boiler tanpa economizer. Secara matematis, persamaan efisiensi economizer dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Efisiensi_{eco} = \frac{\text{peningkatan efisiensi boiler dengan economizer}}{\text{efisiensi boiler tanpa economizer}} \times 100\%$$

Dari hasil perhitungan di atas maka di dapatkan nilai :

$$Efisiensi_{eco} = \frac{12\%}{73\%} \times 100\%$$

$$Efisiensi_{eco} = \frac{0.12}{0.73} \times 100\% = 16,43\%$$

Nilai efisiensi sebesar 16,43% dapat dikategorikan baik, mengingat pada umumnya nilai efisiensi economizer yang dianggap optimal berkisar antara 5% hingga 10% dari efisiensi boiler tanpa economizer (Faizala, 2025). Dalam kondisi tertentu, efisiensi yang lebih tinggi dapat dicapai melalui penerapan desain yang lebih efisien dan pemeliharaan sistem yang optimal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, efisiensi boiler tanpa menggunakan economizer diperoleh sebesar 73%, sedangkan efisiensi boiler dengan economizer meningkat menjadi 85%. Hal ini menunjukkan bahwa pemasangan economizer mampu

meningkatkan efisiensi boiler sebesar 12%, yang berarti panas buang dapat dimanfaatkan kembali secara optimal untuk memanaskan air umpan. Selain itu, hasil analisis efisiensi economizer pada PT. CCEPC menunjukkan nilai sebesar 16,42%, yang tergolong baik karena berada di atas standar efisiensi umum pabrikan, yaitu berkisar antara 5% hingga 10%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kinerja economizer pada sistem boiler di PT. CCEPC masih berada dalam kondisi sangat baik dan berkontribusi signifikan terhadap peningkatan efisiensi energi keseluruhan sistem pembangkit.

DAFTAR RUJUKAN

- Ainun, F. & Jamaaluddin. (2018). Analisa Efisiensi Economizer terhadap Boiler (Gas dan Solar) di PT. Spindo III, Tbk. *Journal of Electrical and Electronic Engineering UMSIDA (JEEE-U)*. 2(2). 98-102. DOI: 10.21070/jeee-u.v2i2.1697.
- Aprilia, D., & Hardjono. (2021). Penentuan Efisiensi Boiler dengan Menggunakan Metode Langsung di PT X Lumajang. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*. 7 (2), 421-426.
- Asmudi. (2012). *Analisa Unjuk Kerja Boiler terhadap Penurunan Daya pada PLTU PT. Indonesia Power UBP Perak*. Jurusan Teknik Perkapalan. Fakultas Teknologi Kelautan. ITS Surabaya. 1-15.
- Babu, C. R., Kumar, P. & Rajamohan, G. (2017). Computational Investigation of Fluid Flow and Heat Transfer of an Economizer by Porous Medium Approach. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 217. DOI: 10.1088/1757-899X/217/1/012028.
- Faizal & Pranoto, H. (2025). Economizer Manufacturing Process Optimization in Boiler Efficiency Improvement: A Literature Review. *International Journal of Advanced Technology in Mechanical, Mechatronics and Materials (IJATEC)*. 6(1). 14-20. DOI: 10.37869/ijatec.v6i1.107.
- Munir, E. Harefa, R. S. M., Priyani, N. & Suryanto, D. (2018). Plastic Degrading Fungi *Trichoderma Viride* And *Aspergillus Nomius* Isolated From Local Landfill Soil In Medan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 126, DOI 10.1088/1755-1315/126/1/012145.
- Mustofa, B. A., Sunarwo, Supriyo. (2014). Analisa Heat Rate Pada Turbin Uap Berdasarkan Performance Test Pltu Tanjung Jati B Unit 3. *Eksergi Jurnal Teknik Energi*. 10(3). 72-77. DOI: 10.32497/eksergi.v10i3.250.

- Shaumi, A. F., Rusirawan, D. (2024). Studi Pemasangan *Low Pressure Economizer* di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). *Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 12(2). 141-153. DOI: 10.23887/JPTM.V12I2.83671.
- Suhardi, Kamriani, Suryanto & Jamal. (2020). Efek Pemakaian *Economizer* terhadap Peningkatan Efisiensi *Boiler Pulverized* pada Unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap. *Sinergi*. 18(1). 137-147. DOI: 10.31963/sinergi.v18i1.2253.
- Ye, Y., Wang, H., An, X. (2020). An Indirect Online Method For Measuring The Boiling Rate Of BFG Boiler Economizer. *Energy Reports*, 6(2), 703-709, DOI: 10.1016/j.egyr.2019.11.141.
- Zeng, C., Wang, M., Wu, G., Yin, S., Tian, W., Qiu, S. & Su, G. (2022). Numerical Study On The Enhanced Heat Transfer Characteristics Of Steam Generator With Axial Economizer. *Internation Journal Of Thermal Science*. 182. 107794. DOI: 10.1016/j.ijthermalsci.2022.107794.