



Efficiency Analysis using Economizer Alternative Energy in Boilers

Moh. Muchlishiin^{1*}, Dino Erivianto²
Sekolah Tinggi Teknologi Sinar Husni

Corresponding Author: Moh. Muchlisiin moh.muchlishiin@gmail.com

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Efficiency, Boiler, Economizer, Energy, Electricity

Received : 5, June

Revised : 10, July

Accepted: 13, August

©2023 Muchlishiin, Erivianto: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

Efficiency is one of the efforts in implementing energy conservation. Economizers are an alternative source of energy that can survive because of the potential for energy efficiency. Economizer equipment in producing electrical energy and steam produces less than 10-30% fuel needed for a conventional energy plant. The Economizer system that was assumed in this study, there was an increase in boiler efficiency with an Economizer system of 19%. As for the need for burning calories in the combustion chamber with an Economizer system of 46,868,200,68 kcal/hour compared to a system without an Economizer of 61.003.054,86 kcal/hour. Thus the fuel requirement will be less with an Economizer system of 7,735 kg/hour compared to a system without an Economizer of 10.069 kg/hour. So that the results obtained with the same ratio and type of fuel, there is a fuel efficiency of 2.334 kg/hour.

Analisa Efisiensi menggunakan Energi Alternatif Economizer pada Boiler

Moh. muchlishiin^{1*}, Dino Erivianto²

Sekolah Tinggi Teknologi Sinar Husni

Corresponding Author: Moh. Muchlisiin moh.muchlishiin@gmail.com

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Efisiensi, Boiler, Economizer, Energi, Listrik

Received : 5, June

Revised : 10, July

Accepted: 13, August

©2023 Muchlishiin, Erivianto: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

Efisiensi salah satu upaya dalam melaksanakan konservasi energi. *Economizer* adalah sumber alternatif energi yang dapat bertahan terus karena potensi efisiensi energi. Peralatan *Economizer* dalam menghasilkan energi listrik serta uap menghasilkan bahan bakar kurang dari 10-30% yang dibutuhkan untuk suatu pembangkit energi konvensional. Sistem *Economizer* yang diasumsikan dalam penelitian ini, adanya peningkatan efisiensi boiler dengan sistem *Economizer* sebesar 19 %. Sedangkan untuk kebutuhan kalori pembakaran diruang bakar dengan sistem *Economizer* sebesar 46.868.200,68 kcal/jam dibandingkan dengan sistem tanpa *Economizer* sebesar 61.003.054,86 kcal/jam. Dengan demikian kebutuhan bahan bakar akan lebih sedikit dengan sistem *Economizer* sebesar 7.735 kg/jam dibandingkan dengan sistem tanpa *Economizer* sebesar 10.069 kg/jam. Sehingga hasil yang didapatkan dengan rasio dan jenis bahan bakar yang sama, terdapat selisih bahan bakar sebesar 2.334 kg/jam.

PENDAHULUAN

Dalam era saat ini ditandai dengan peningkatan kesadaran akan pentingnya efisiensi energi dan melindungi lingkungan, penggunaan *economizer* merupakan suatu solusi yang sangat baik dan penting dalam berbagai pengaplikasian di dunia industri (Aksenov & Kosorukov, 2020)

Economizer merupakan sebuah perangkat atau sistem yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi konsumsi energi.

Fungsi utama dari *economizer* adalah memanfaatkan panas buangan atau dingin dari udara atau fluida yang keluar untuk memanaskan atau mendinginkan udara atau fluida yang masuk. Dengan memanfaatkan panas atau dingin limbah ini, *economizer* membantu mengurangi kebutuhan akan energi mekanis tambahan, sehingga mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan.

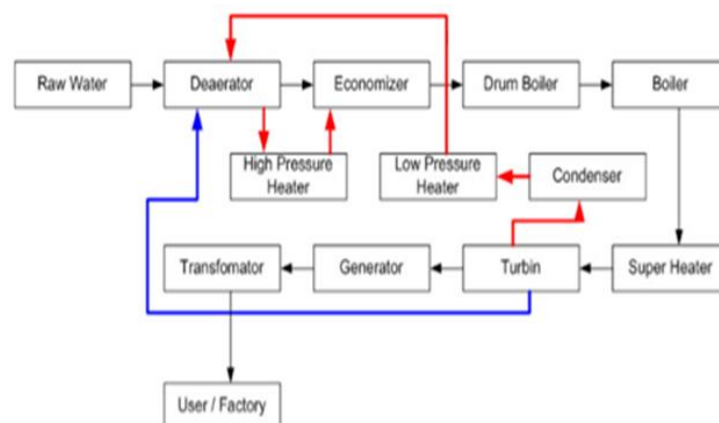
Di dalam proses industri, *economizer* dapat digunakan untuk memulihkan panas limbah dari gas buang boiler, tungku, atau peralatan lainnya. Panas limbah ini kemudian digunakan untuk memanaskan air umpan atau fluida lainnya, mengurangi jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk pemanasan, dan meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan (Moscow Power Engineering Institute & Institute of Electrical and Electronics Engineers, n.d.).

Untuk mengatasi permasalahan konsumsi energi saat ini, salah satunya dengan memanfaatkan gas buangan dari boiler sehingga gas tersebut dapat digunakan Kembali menjadi sumber energi panas, penghematan energi ini dapat menjadi sebuah solusi untuk mengefisienkan bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan energi dengan sebuah alat, yaitu *economizer*. Dalam tulisan ini akan menunjukkan seberapa efisien sebuah *economizer* yang terpasang dalam sebuah industri (Varganova et al., 2023).

TINJAUAN PUSTAKA

Boiler

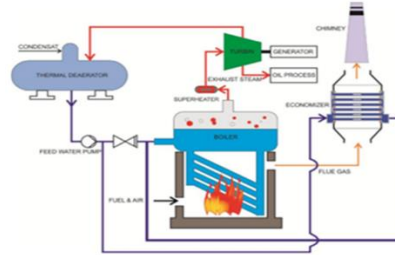
Berikut sedikit gambaran proses alur pemanasan air, ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Block Proses Pemanasan Air
Sumber : (BAHRUDINST, 2014)

Economizer

Economizer adalah sebuah perangkat tambahan yang ditujukan untuk membantu kerja boiler agar lebih efisien dalam memanfaatkan energi panas, pemanasan air pada *economizer* cukup hanya dengan memanfaatkan gas buang dari hasil pembakaran di dalam boiler, sehingga penggunaan *economizer* tidak membutuhkan bahan bakar tambahan untuk memanaskan di dalamnya. Banyak peralatan-peralatan dan heater yang digunakan dalam dunia industry, berikut salah satu proses pemanfaatan air sebagai steam seperti pada Gambar 2



Gambar 2. Mekanisme *Economizer*

Sumber : (BAHRUDINST, 2014)

Dalam konteks ini, kami akan menjelajahi konsep, fungsi, dan manfaat ekonomizer secara lebih mendalam, serta mempertimbangkan berbagai penerapannya di berbagai industri dan aplikasi.

Mekanisme *Economizer*

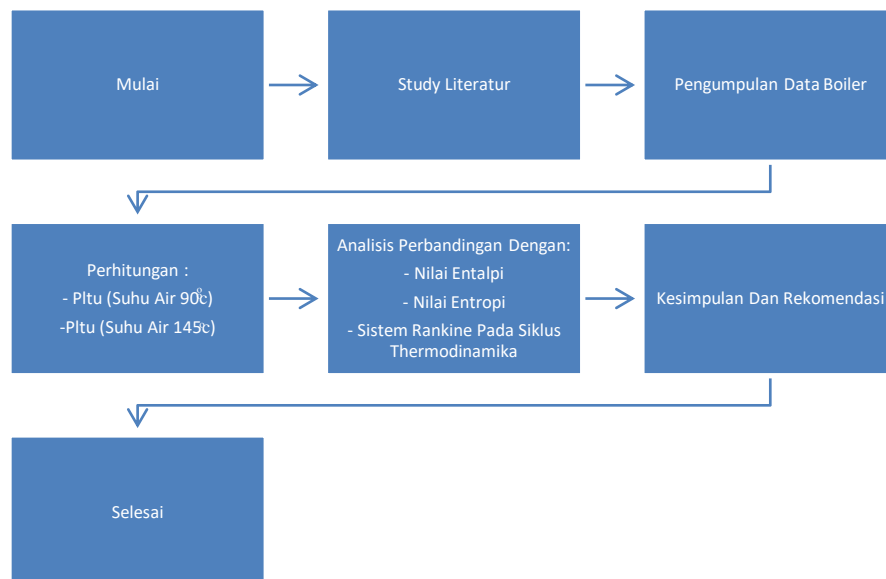
Economizer juga dapat ditemukan di pembangkit listrik, dimana mereka memanfaatkan panas limbah dari gas buang hasil proses pembakaran. Panas yang dipulihkan ini digunakan untuk memanaskan air umpan boiler, meningkatkan efisiensi keseluruhan dari proses pembangkitan energi dan juga dapat mengurangi beban peralatan listrik seperti transformator dan sejenisnya (Hasan et al., 2021)

Dengan mengintegrasikan *economizer* ke dalam berbagai sistem dan proses, konsumsi energi dapat dikurangi, dan biaya energi dapat signifikan lebih rendah. Ini tidak hanya bermanfaat bagi lingkungan dengan mengurangi emisi gas rumah kaca, tetapi juga memberikan penghematan biaya bagi operator sistem tersebut.

Di dalam oxygen removal unit atau biasa juga disebut deaerator, air akan dipanaskan mencapai suhu 100–105°C, mulanya suhu air 30–50°C, setelah memulai proses pemanasan awal, air dialirkan ke *economizer* kemudian air dipanaskan kembali hingga mencapai suhu 150–160°C. Proses pemanasan di dalam *economizer* memanfaatkan gas keluaran dari proses pembakaran pada boiler atau chain grate sebelum gas tersebut dikeluarkan melalui chimney atau exhaust. Setelah melalui proses pemanasan di dalam *economizer*, air dialirkan ke dalam tangki boiler, sebelum air dipanaskan di dalam boiler untuk penyimpanan. Kemudian air dibakar di dalam boiler hingga pada suhu 400–459°C, pada saat ini wujud air sudah berubah menjadi steam sepenuhnya. Namun pada tahap ini air belum dapat digunakan untuk menggerakkan turbin, lalu pada keadaan tersebut, air yang digunakan menjadi steam dialirkan ke superheater untuk meningkatkan suhu steam hingga pada level 500–600°C.

Pada tahapan ini, steam telah dapat berfungsi menggerakkan turbin dan generator untuk mensuplai listrik, sisa dari steam yang tidak digunakan dialirkan Kembali ke dalam deaerator dan *economizer* sebagai instrument pendukung pada saat proses memanaskan air menjadi steam. Deaerator berfungsi untuk menghilangkan gas yang ada dalam boiler setelah melalui proses pemanasan air, deaerator juga berfungsi sebagai pemanas air pada saat permulaan pengisian sebelum dimasukkan kedalam boiler, prinsip kerja deaerator berawal dari air yang dipanaskan kemudian menyebabkan kelarutan oksigen dalam air akan berkurang, apabila air yang ada pada wadah / tempat pemurnian air langsung dipanaskan akan menimbulkan korosi (karat), itu juga terjadi jika hal yang sama terjadi pada air di dalam boiler, maka akan menghabiskan banyak bahan bakar karena suhu air yang berasal dari pemurnian air kurang lebih sekitar 30-50°C, sehingga suhu air di dalam boiler akan dipanaskan hingga suhu 400°C lebih. Dari skema proses pemanasan air tersebut maka pemanasan air di awal proses sangat penting untuk menghemat bahan bakar.

Berikut Diagram alur penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian

METODOLOGI

Data primer merupakan data yang didapatkan secara Observasi dilapangan yang diambil secara langsung dengan spesifikasi boiler sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi Boiler

NO	Deskripsi	Satuan	Jumlah
1	Kapasitas Uap (Q)	kg / jam	75.000
2	Temperatur Uap (Tu)	°C	470
3	Tekanan Uap (P)	kg/cm ²	68,6
4	Temperatur Air Umpan	°C	90
5	Efisiensi Boiler (η)	%	80
6	Ratio Bahan Bakar	%	80:20

Dikarenakan tekanan uap 6,86 MPa dengan suhu 470° C tidak terdapat pada tabel termodinamika, maka dilakukan perhitungan dengan sistem sebagai berikut :

1. Gunakan tekanan 6,0 MPa suhu 450° C dengan nilai entalphi nya 3.302,9 kj/kg dan suhu 500° C dengan nilai entalphi nya 3.423,1 kj/kg
2. Gunakan tekanan 7,0 MPa suhu 450° C dengan nilai entalphi nya 3.288,3 kj/kg dan suhu 500° C dengan nilai entalphi nya 3.411,4 kj/kg
3. Hasil perhitungan suhu dan entalphi di tekanan 6,0 Mpa dan 7,0 Mpa pada suhu 470° C diatas dengan menggunakan metode yang sama untuk mencari entalphi di tekanan 6,86 Mpa

Adapun cara perhitungannya sebagai berikut :

- a. Tekanan uap (P) = 6,0 Mpa

T (° C)	h (kj/kg)
450	3.302,9
470	x
500	3.423,1

maka :
$$\frac{470-450}{500-450} = \frac{x-3.302,9}{3.423,1-3.302,9}$$

$x = 3.350,98$

b. Tekanan uap (P) = 7,0 Mpa	
T (° C)	h (kj/kg)
450	3.288,3
470	x
500	3.411,4

$$\text{maka: } \frac{470-450}{500-450} = \frac{x-3.288,3}{3.411,4-3.288,3}$$

$$x = 3.337,54$$

c. Tekanan uap (P) = 6,86 Mpa pada suhu 470° C	
P (MPa)	h (kj/kg)
6,0	3.350,98
6,86	x
7,0	3.337,54

$$\text{maka: } \frac{6,86-6,0}{7,0-6,0} = \frac{x-3.350,98}{3.337,54-3.350,98}$$

$$x = 3.339,42$$

maka tekanan uap 6,86 MPa dengan suhu 470° C memiliki nilai entalphi sebesar 3.339,42 setara dengan 801,46 Kcal/kg.

HASIL PENELITIAN

Analisa Kerja PLTU

Dengan menggunakan data boiler dan asumsi kebutuhan uap sebesar 50.000 kg/jam dan dengan tingkat efisiensi saluran dalam perpipaan sebesar 92,5 %, maka kapasitas output boiler (m_{boiler}) minimal sebesar :

$$M_{\text{boiler}} = 50.000 \times 100/92,5 = 54.054,1 \text{ kg/jam} = 15,02 \text{ kg/detik.}$$

untuk menghitung harga farameter-farameter yang dicari berdasarkan sistem siklus rankine.

Perhitungan PLTU Suhu Air Umpan 90° C

Berdasarkan Gambar 4.1 diatas maka perhitungan boiler sebagai berikut:

Nilai entalphi untuk tekanan 68,6 bar suhu 470° C adalah :

$$h_1 = 3.339,42 \text{ kj/kg} = 801,46 \text{ Kcal/kg}$$

$$s_1 = 6,713 \text{ kJ/kg}$$

Nilai entalphi kondenser dengan tekanan 0,7 bar adalah :

$$h_{a2} = 376,97 \text{ kJ/kg} = 90,47 \text{ kcal/kg}$$

$$h_{b2} = 2.494 \text{ kJ/kg}$$

$$S_{a2} = 1,193 \text{ kJ}$$

$$S_{b2} = 7,478 \text{ kJ}$$

dimana nilai $s_1 = s_2 = 6,713$, maka :

Fraksi kadar uap (X) dihitung :

$$S_x = X.S_a + (1 - X) S_b$$

$$6,713 = X \cdot 1,193 + (1 - X) 7,478$$

$$6,713 = 1,193X + 7,478 - 7,478X$$

$$6,285X = 0,765$$

$$X = 0,122$$

$$h_x = X.h_a + (1 - X) h_b$$

$$h_2 = 0,122 \cdot 376,97 + (1 - 0,122) \cdot 2.494$$

$$h_2 = 2.235,72 \text{ kJ/kg}$$

Kerja turbin :

$$W_t = h_1 - h_2$$

$$= 3.339,42 - 2.235,72 = 1.103,7 \text{ kJ/kg}$$

Daya turbin :

$$P_t = W_t \cdot m_{\text{boiler}} \cdot \eta_{\text{turbine}}$$

$$= 1.103,7 \text{ kJ/kg} \times 14,62 \text{ kg/s} \times 0,90 = 14.522,5 \text{ kW} \approx 14,5 \text{ MW}$$

Kalor yang dibuang :

$$Q_{\text{out}} = h_2 - h_3$$

$$= 2.235,72 - 376,97 = 1.858,75 \text{ kJ/kg}$$

Daya kondensat :

$$P_k = 1.858,75 \text{ kJ/kg} \times 14,62 \text{ kg/s} = 27.174,93 \text{ kW} \approx 27 \text{ MW}$$

Kerja pompa :

$$W_p = v (P_4 - P_3)$$

(dimana $P_4 = P_1 = 68,6 \text{ bar} = 6.860 \text{ kpa}$, $v = 0,001036$ dan $P_3 = 0,7 \text{ bar} = 70 \text{ kpa}$)

$$= 0,001036 \times (6.860 - 70) = 7,03 \text{ kJ/kg} \approx 7 \text{ kJ/kg}$$

Daya pompa :

$$P_p = 7 \text{ kJ/kg} \times 14,62 \text{ kg/s} = 102,34 \text{ kW} \approx 102 \text{ kW}$$

Daya netto :

$$\begin{aligned} P_{\text{nett}} &= P_t - P_p \\ &= 14.522,5 - 102,34 \text{ kW} \\ &= 14.420,16 \text{ kW} \approx 14,4 \text{ MW} \end{aligned}$$

Kalor yang masuk ke sistem :

$$\begin{aligned} Q_{\text{in}} &= h_1 - h_4 \quad (\text{dimana } h_4 = 376,97 + 7 = 383,97) \\ &= 3.339,42 - 383,97 = 2.955,45 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Efisiensi termodinamika siklus adalah :

$$\begin{aligned} \eta_{\text{th}} &= \frac{W_t - W_p}{Q_{\text{in}}} \\ &= \frac{W_t - W_p}{Q_{\text{in}}} = \frac{1.103,7 - 7}{2.955,45} = 0,37 \approx 37 \% \end{aligned}$$

Daya boiler :

$$\begin{aligned} P_b &= Q_{\text{in}} \cdot m_{\text{boiler}} \cdot \eta_{\text{th}} \\ &= 2.955,45 \text{ kJ/kg} \times 14,62 \text{ kg/s} \times 0,37 = 15.987,2 \text{ kW} \approx 16 \text{ MW} \end{aligned}$$

Maka total daya yang dihasilkan turbin uap (PTt) dan daya yang dihasilkan generator (Pg) adalah :

$$\begin{aligned} P_{Tt} &= P_t \cdot \eta_{\text{mekanikal}} \\ &= 14.522,5 \text{ kW} \times 0,93 \\ &= 13.505,9 \text{ kW} \approx 13,5 \text{ MW} \\ P_G &= P_{Tt} \cdot \eta_G \\ &= 13.505,9 \text{ kW} \times 0,92 \\ &= 12.425,43 \text{ kW} \approx 12,5 \text{ MW} \end{aligned}$$

Untuk efisiensi boiler sebelum kogenerasi sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Boiler } (\eta) &= 1 - \frac{(h_1 - h_2) - (h_4 - h_3)}{(h_1 - h_4)} \times 100\% \\ &= 1 - \frac{1.103,7 - 7}{2.955,45} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 63 \%$$

Sehingga kebutuhan bahan bakar sebesar :

$$\begin{aligned} Q \text{ konsumsi} &= \frac{Q \times (h_g - h_f)}{\eta} \\ &= \frac{54.054,1 \times (801,46 - 90,47)}{0.63} \\ &= 61.003.054,86 \text{ kcal/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ bahan bakar} &= \frac{Q \text{ konsumsi}}{GCV} \\ &= \frac{61.003.054,86 \text{ kcal/jam}}{6.059 \text{ kcal/kg}} \end{aligned}$$

$$= 10.068,17 \text{ kg/jam} \approx 10.069 \text{ kg/jam}$$

Perhitungan PLTU Suhu Air Umpan 145° C

Untuk perhitungan boiler menggunakan kogenerasi, tahap awal sistem perhitungan dasar sama seperti sistem perhitungan tanpa kogenerasi. Namun perbedaan perhitungan pada saat air umpan boiler dipanaskan terlebih dahulu melalui cerobong asap dengan menggunakan pipa air yang terpasang dicerobong asap.

Nilai entalphi untuk tekanan 68,6 bar suhu 470° C adalah :

$$h_1 = 3.339,42 \text{ kJ/kg} = 801,46 \text{ Kcal/kg}$$

$$s_1 = 6,713 \text{ kJ/kg}$$

Nilai entalphi kondenser dengan tekanan 0,7 bar adalah :

$$h_{a2} = 376,97 \text{ kJ/kg} = 90,47 \text{ kcal/kg}$$

$$h_{b2} = 2.494 \text{ kJ/kg}$$

$$s_{a2} = 1,193 \text{ kJ}$$

$$s_{b2} = 7,478 \text{ kJ}$$

Nilai entalphi kogenerasi dengan temperatur 145 °C adalah :

$$h_5 = 2.739,8 \text{ kJ/kg}$$

$$s_5 = 6,883$$

$$x_{5a} = \frac{(s_5 - s_{b2})}{(s_{a2} - s_{b2})} = \frac{(6,883 - 7,478)}{(1,193 - 7,478)}$$

$$X_{5a} = 0,091$$

$$\begin{aligned} h_{5a} &= X_{5a} \cdot h_{a2} + (1 - X_{5a}) \cdot h_{b2} \\ &= 0,091 \cdot 376,97 + (1 - 0,091) \cdot 2.494 \end{aligned}$$

$$h_{5a} = 2.301,3 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned} W_{kgr} &= h_5 - h_{5a} \\ &= 2.739,8 - 2.301,3 \\ &= 438,5 \end{aligned}$$

Kalor yang masuk ke sistem :

$$\begin{aligned} Q_{in} &= h_5 - h_4 \quad (\text{dimana } h_4 = 376,97 + 7 = 383,97) \\ &= 2.739,8 - 383,97 = 2.355,83 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Untuk efisiensi boiler sebelum kogenerasi sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Boiler } (\eta) &= 1 - \frac{(h_5 - h_{5a}) - (h_4 - h_3)}{(h_5 - h_4)} \times 100\% \\ &= 1 - \frac{438,5 - 7}{2.355,83} \times 100\% \\ &= 82\% \end{aligned}$$

Sehingga kebutuhan bahan bakar sebesar :

$$\begin{aligned} Q_{\text{konsumsi}} &= \frac{Q \times (h_g - h_f)}{\eta} \\ &= \frac{54.054,1 \times (801,46 - 90,47)}{0.82} \\ &= 46.868.200,68 \text{ kcal/jam} \\ q_{\text{bahan bakar}} &= \frac{Q_{\text{konsumsi}}}{GCV} \\ &= \frac{46.868.200,68 \text{ kcal/jam}}{6.059 \text{ kcal/kg}} \\ &= 7.735,3 \text{ kg/jam} \approx 7.735 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel 2. Perhitungan Efisiensi Sistem *Economizer* Pada Boiler

Parameter	Tanpa <i>Economizer</i>	Sistem <i>Economizer</i>
Tekanan	68,6 Bar	
Temperatur Uap	470 °C	
Temperatur Air Umpan	90 °C	145 °C
Kerja Turbin	1.103,7 kJ/kg	438,5 kJ/kg
Kerja Pompa	7 kJ/kg	
Kalor Masuk	2.955,45 kJ/kg	2.355,83 kJ/kg
Efisiensi Boiler	63 %	82 %
Selisih Efisiensi	19%	
Rasio Bahan Bakar	80 ; 20	
Kalori Batu Bara	6.600 kcal/kg	
Kalori Cangkang	3.893 kcal/kg	
Kalori Bahan Bakar	6.059 kcal/kg	
Q konsumsi	61.003.054,86 kcal/jam	46.868.200,68 kcal/jam
Jumlah Bahan Bakar	10.069 kg/jam	7.735 kg/jam
Selisih Bahan Bakar	2.334 kg/jam	

PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan yang didapat pada penelitian ini sebagaimana dijelaskan pada tabel 2 diatas, maka Adanya peningkatan efisiensi boiler dengan sistem kogenerasi sebesar 19 %. Kebutuhan kalori pembakaran diruang bakar lebih sedikit dengan sistem *Economizer*, sehingga kebutuhan bahan bakar lebih sedikit dengan sistem *Economizer*. Dengan rasio dan jenis bahan bakar yang sama, terdapat selisih bahan bakar sebesar 2.334 kg/jam. Terjadi penghematan (efisiensi) biaya operasional bahan bakar sebesar 2.334 kg/jam.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian dilakukan dengan menggunakan data boiler PLTU 12MW dengan membandingkan hasil perhitungan efisiensi pada boiler dengan menggunakan *economizer* dan tidak menggunakan *economizer*. Dari hasil perhitungan yang didapat pada penelitian ini menunjukkan bahwa Adanya peningkatan efisiensi boiler dengan menggunakan *economizer* hingga 82% namun tanpa menggunakan *economizer* hanya sekitar 63% maka dapat disimpulkan bahwa efisiensi dengan menggunakan *economizer* lebih maksimal. Kebutuhan kalori pembakaran diruang bakar lebih sedikit dengan sistem *Economizer* sebesar 46.868.200,68 kkal/jam dibandingkan dengan tanpa *Economizer* sebesar 61.003.054,86 kkal/jam. Kebutuhan bahan bakar lebih sedikit dengan sistem *Economizer* sebesar 7.735 kg/jam dibandingkan dengan tanpa *Economizer* sebesar 10.069 kg/jam. Dengan rasio dan jenis bahan bakar yang sama, terdapat selisih bahan bakar sebesar 2.334 kg/jam. Terjadi penghematan (efisiensi) biaya operasional bahan bakar sebesar 2.334 kg/jam.

Sistem *Economizer* hanya meningkatkan efisiensi kerja boiler dan tidak meningkatkan daya keluaran boiler. Sehingga *economizer* tidak membutuhkan energi tambahan untuk mengoperasikannya, maka *economizer* sangat baik jika digunakan pada industry- industry yang ingin memaksimalkan kinerja boiler dan hemat bahan bakar

PENELITIAN LANJUTAN

Penelitian ini hanya mengkombinasikan boiler dengan *economizer* untuk meningkatkan efisiensi, Penelitian dapat dikembangkan lagi untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan Sistem *economizer* dengan sistem superheater steam agar meningkatkan daya keluaran turbin.

DAFTAR PUSTAKA

BAHRUDINST, I. (2014). *PENINGKATAN EFISIENSI BOILER DENGAN MENGGUNAKAN ECONOMIZER*.

Aksenov, A. K., & Kosorukov, D. P. (2020, October 6). Application of Condensation Economizers in Order to Increase the Energy Efficiency of Gas Boilers of a Traditional Type. *2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020*. <https://doi.org/10.1109/FarEastCon50210.2020.9271452>

Hasan, S., Suherman, & Muchlishiin, M. (2021). Voltage - Current Waveforms of Single-phase Power Transformer Due to DC Bias. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1811/1/012080>

Moscow Power Engineering Institute, & Institute of Electrical and Electronics Engineers. (n.d.). *2018 IV International Conference on Information Technologies in Engineering Education : Inforino 2018 : proceedings : National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (MPEI), Moscow, Russia, October 23-26, 2018*.

Tang, Z., Wang, S., Chai, X., Cao, S., Ouyang, T., & Li, Y. (2022). Auto-encoder-extreme learning machine model for boiler NO_x emission concentration prediction. *Energy*, 256. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124552>

Varganova, A. V., Khramshin, V. R., & Radionov, A. A. (2023). Operating Modes Optimization for the Boiler Units of Industrial Steam Plants. *Energies*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/en16062596>