Jurnal Profesi Insinyur (JPI) e-ISSN 2722-5771
Vol 5 No 2 Desember 2024
Alamat Jurnal: http://jpi.eng.unila.ac.id/index.php/ojs

JURNAL PROFESI INSINYUR
PROGRAM STUDI PROGRAM PROFESI INSINYUR

Efektivitas Economizer Pada Boiler Z-1101 A di PT X Indramayu

Ninin Asminah [a,*1], Siti Nurkhopipah [b], Nurya [c]

[a,c] *Institut Teknologi Petroleum Balongan, Prodi D-3 Teknik Kimia, Indramayu Provinsi Jawa Barat*
[b] *Institut Teknologi Petroleum Balongan, Prodi S-1 Teknik Lingkungan, Indramayu Provinsi Jawa Barat*

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:
Diterima : 24 Desember 2024
Direvisi : 25 Desember 2024
Diterbitkan : 31 Desember 2024

Kata kunci:

Boiler, Economizer, Efektivitas Thermal

ABSTRAK

Economizer adalah perangkat yang berpotensi menjadi sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Dengan memanfaatkan panas buang, economizer mampu menghasilkan energi listrik dan uap dengan kebutuhan bahan bakar 10% - 30% lebih rendah dibandingkan pembangkit energi konvensional. Salah satu tantangan utama dalam proses produksi pembuatan polypropylene pada PT X ini adalah pemanfaatan panas gas buang pada cerobong yang dihasilkan dari boiler masih tinggi dengan temperatur 200°C - 400 °C. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas economizer pada boiler Z-1101A yang memanfaatkan panas gas buang untuk memanaskan air umpan, meningkatkan efisiensi thermal, dan mengurangi konsumsi bahan bakar. Data dikumpulkan melalui observasi langsung dan sistem DCS selama periode bulan Maret 2024. Hasil menunjukkan rata-rata efektivitas economizer sebesar 81,59%, dengan nilai tertinggi mencapai 85,00% pada data ke III. Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hubungan efektivitas economizer dengan temperature berbanding lurus. Hal ini menunjukan bahwa economizer berfungsi optimal dalam memanfaatkan energi sisa, dengan rekomendasi pemeliharaan rutin seperti pembersihan dan pemeriksaan untuk memastikan kinerja maksimal. Begitupun dengan hubungan antara efektivitas economizer dengan laju perpindahan panas yang relative stabil. Temuan ini mendukung efisiensi energi dan keberlanjutan dalam industri migas.

1. Pendahuluan

Industri minyak dan gas (Migas) merupakan salah satu penunjuang utama sektor pembangunan nasional sebagai pemasok kebutuhan bahan bakar bagi masyarakat dan industri sekaligus penyumbang devisa bagi negara. Ada beberapa kegiatan di industri migas contohnya unit *primary*, *secondary*, *treating*, dan utilitas. Unit utilitas bertanggungjawab dalam menyediakan daya, panas, dan listrik untuk menunjang proses operasional pabrik, alat yang bisa dijumpai di unit ini salah satunya adalah boiler (Shahab and Amna, 2023).

Boiler merupakan bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau *steam* berupa energi kerja (Kharisma dan Budiman, 2020). *Steam* pada suatu tekanan tertentu dapat digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses (Aprilia and Hardjono, 2023). Namun untuk menjalankan boiler dengan efisiensi yang tinggi, diperlukan konsumsi energi yang signifikan, terutama saat memanaskan air umpan menjadi setam pada tahap awal (Masaji, Aisha and Soeprijanto, 2023). Salah satu cara yang populer untuk meningkatkan efisiensi boiler adalah dengan menggunakan alat tambahan yang disebut *economizer*.

Economizer adalah perangkat pemanas yang dipasang pada saluran gas buang boiler untuk mengambil panas yang terbuang dan menggunakannya untuk memanaskan kembali air umpan. Dengan kata lain, *economizer* membantu memanfaatkan sumber energi yang sebelumnya terbuang percuma agar dapat digunakan kembali, sehingga meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem boiler (Dewanatan *et al.*, 2020).

Pemanfaatan *economizer* sebagai *preheater steam* memiliki beberapa keunggulan. Pertama, penggunaan *economizer* dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi termal sistem. Dengan memanaskan air umpan sebelum memasuki boiler, jumlah energi yang dibutuhkan untuk mencapai suhu *steam* yang diinginkan akan berkurang, mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Selain itu, penggunaan *economizer* juga dapat mengurangi beban kerja boiler, memperpanjang masa pakai

boiler, serta mengurangi biaya perawatan (Sumarno and Prasetiyo, 2019).

Penelitian tentang analisa efektivitas penggunaan *economizer* terhadap performa boiler, menyimpulkan bahwa didapatkan efisiensi boiler dengan menggunakan *economizer* sebesar 89,29%, sedangkan efisiensi boiler tanpa menggunakan *economizer* sebesar 81,67%, dan dengan menggunakan *economizer* maka dapat menghemat bahan bakar sebesar 18 m^3/h (Handoyo and Irawan, 2023)..

Dalam rangka meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem boiler, penambahan alat *economizer* sebagai *pre-heater steam* merupakan solusi yang menjanjikan. Melalui penelitian lebih lanjut dan pengoptimalan desain, penggunaan *economizer* dapat menjadi pendekatan yang efektif dalam mengurangi konsumsi energi dan emisi gas buang, serta meningkatkan efisiensi operasional boiler secara signifikan.

1.1. Landasan teori

Overview steam boiler

Boiler adalah bagian dari steam generator dimana perubahan fase terjadi dari fase cair menjadi uap pada tekanan dan temperatur yang konstan. Alat ini banyak dijumpai di industri migas maupun kimia, seperti unit pengolahan migas, pembangkit listrik, industri petrokimia, dan sebagainya (Sagaf, 2018).

Parameter penting dari performa boiler adalah efisiensi, temperartur gas buang, dan temperatur air setelah economizer dimana nilainya akan bervariasi terhadap beban kerja boiler. Pembakaran pada boiler secara umum menjelaskan kemampuan sebuah burner untuk membakar keseluruhan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar boiler (Sugiharto, 2020).

Boiler memiliki fungsi untuk mengubah energi kimia yang terkandung pada bahan bakar menjadi energi panas, kemudian ditransfer ke fluida kerja. Panas yang diterima fluida di dalam boiler berasal dari proses pembakaran bahan bakar didialam ruang bakar. Kebutuhan bahan bakar boiler harus memiliki nilai kalor yang tinggi. Agar dapat mengubah air menjadi uap, dan efisiensi boiler dipengaruhi oleh nilai kalor dari pemakaian bahan bakar (Murni, 2011).

Prinsip penting dalam boiler adalah proses pembakaran, dimana pembakaran sendiri adalah reaksi kimia yang cepat antara oksigen dan bahan yang dapat terbakar yang menghasilkan kalor. Pembakaran yang sempurna dapat mengubah seluruh energi yang memungkinkan pada bahan bakar. Akan tetapi pada kenyataannya pembakaran sempurna dengan dengan efisiensi 100% sangat sulit tercapai akibat kerugian (*loss*) pada instrument pendukung (Ummah, 2019).

Overview economizer

Teknologi economizer yang terpasang pada boiler fire tube (Z-1101A) di PT X Indramayu merupakan bagian dari komponen penting dalam penerapan efektivitas energi. Economizer bekerja dengan memanfaatkan gas buang dari boiler untuk memanaskan air umpan sebelum masuk boiler dengan tujuan meningkatkan efektivitas pembakaran pada boiler. Panas 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. Economizer diambil dari kegunaan alat tersebut, yaitu untuk menghemat penggunaan bahan bakar dengan mengambil panas gas buang sebelum dibuang ke atmosfer (Akbar, Suryadi and Prastyo, 2009).

Jenis economizer

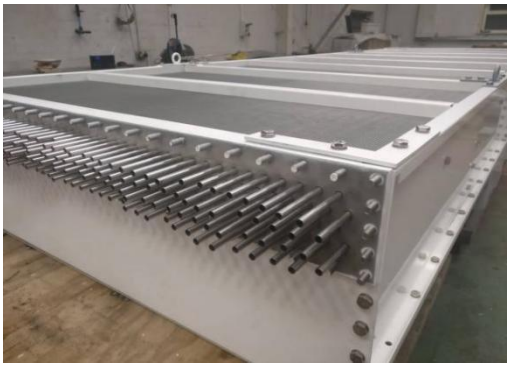
- **Bare Tube**

Bare tube economizer adalah jenis penukar panas yang digunakan pada boiler industri untuk memanaskan air umpan dengan memanfaatkan gas buang dari sisa pembakaran pada burner.

Gambar 2.1 Bare Tube Economizer

- **Extended Surface**

Extender surface adalah metode penambahan luas permukaan pada permukaan fin (sirip). Extended surface memiliki fin yang menempel pada permukaan utama di satu sisi heat exchanger dua fluida. Fin digunakan untuk meningkatkan luas permukaan (ketika koefisien perpindaahan kalor pada sisi fluida relatif rendah) sehingga laju total perpindahan kalor meningkat.



Gambar 2.2 Extended Surface Economizer

2. Metodologi

2.1 Metode pengumpulan data dan sampel

Pengumpulan data lapangan dilakukan dengan memadukan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menghitung efektivitas *economizer* menggunakan data operasi boiler yang diperoleh dari pengamatan lapangan dengan cara observasi langsung terhadap operasi *economizer* dan data *Distributed Control System* (DCS) pada PT X. Data-data yang diperoleh dari *economizer* yaitu data *temperature exhaust inlet* dan *temperature exhaust outlet* pada periode maret 2024 termasuk parameter operasional boiler kondisi pembakaran.

2.2 Metode analisis

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis efektivitas *economizer* yaitu dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\varepsilon = \frac{E_{out}}{E_{in}} = \left(1 - \left(\frac{(Tin - Tout)}{Tin}\right)\right) x\ 100\% \qquad (1)$$

Keterangan :

$\varepsilon \quad = efektivitas$

$E_{Out} = Energi\ Keluar$

$E_{in} = Energi\ Masuk$

Hubungan antara efektivitas dengan laju perpindahan panas dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Q = Q_{max} \times \varepsilon \qquad (2)$$

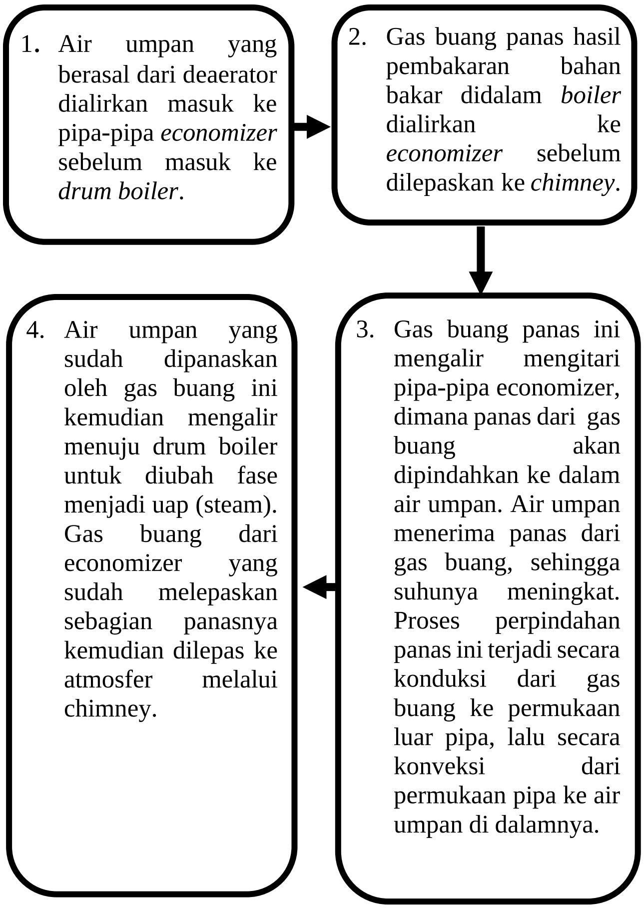
Keterangan :

Q = Laju perpindahan panas actual

Q_{max} = Laju perpindahan panas maximum

3. Hasil dan Pembahasan

Economizer adalah komponen pada boiler yang berfungsi memanaskan air umpan (*feed water*) sebelum masuk ke drum boiler dengan memanfaatkan gas buang (flue gas) yang keluar dari boiler. Economizer yang digunakan di PT. X merupakan tipe **bare tube** dengan aliran **cross flow**, di mana fluida panas dan fluida dingin tidak bercampur. Berikut blok diagram proses economizer



Tabel 1. Spesifikasi Alat Economizer

Data Nameplate Economizer	
Manufacturer	PT. Grand Kartech
Type	Shell and Tube (Cross Flow)
Installation	On the top of boiler
Boiler Capacity	10 t/h
Fuel Type	Natural Gas
Exhaust Gas Flow	[illegible]
Water Flow	[illegible]
Tube Material	C-steel Pipe Sch 40 DN50
Hear Capacity	247kW
Operating Pressure max.	12 Bar
Luas Penampang	26 [illegible]

Berdasarkan Tabel 1, diperoleh data Q_{max} sebesar 247 kw. Data ini dapat digunakan untuk menghitung nilai Q_{aktual} dengan menggunakan Persamaan 2.

3.1 Hubungan Antara Temperature Dengan Efektivitas *Economizer*

Efektivitas economizer adalah ukuran seberapa baik economizer dapat memanfaatkan panas dari fluida panas (biasanya gas buang) untuk memanaskan fluida dingin (biasanya air). Untuk mengetahui korelasi antara temperature dengan efektivitas dapat dilihat dari table dibawah.

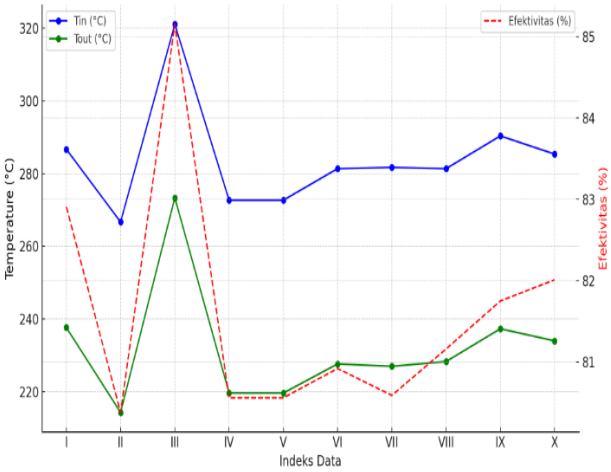
Tabel 2. Nilai rata-rata temperature dan efektivitas

Data	Tin	Tout	Efektivitas
I	286,67	237,67	82,91
II	266,67	214,33	80,38
III	321,00	273,33	85,15
IV	272,67	219,67	80,56
V	272,67	219,67	80,56
VI	281,33	227,67	80,92
VII	281,67	227,00	80,59
VIII	281,33	228,33	81,16
IX	290,33	237,33	81,75

Tabel 2. menunjukkan hasil nilai rata-rata temperatur dan efektivitas economizer. Berdasarkan Tabel 2. Nilai rata-rata efektivitas economizer tertinggi yaitu pada data III yaitu 85,15%. Hal ini menunjukan bahwa adanya kenaikan pemakaian steam proses produksi dan peningkatan pembakaran pada *burner boiler*. Adanya peningkatan pemakaian *steam* dapat mengakibatkan pembakaran pada *boiler* menjadi meningkat sehingga temperatur *exhaust* akan ikut naik sedangkan untuk temperatur *feed water* tetap sehingga mempengaruhi perubahan temperatur *exhaust.* Sedangkan nilai rata-rata efektivitas terendah ada pada data kedua yaitu sebesar 80,38%. Hal ini disebabkan adanya penurunan pemakaian steam pada proses produksi dan penurunan pembakaran pada burner boiler.

Hubungan antara nilai rata-rata temperatur dengan efektivitas dapat terlihat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi selisih temperatur *feed water*

dengan temperatur gas buang maka nilai efektivitas semakin tinggi.



Gambar 2. Hubungan antara nilai rata-rata temperature dengan efektivitas *economizer*

Apabila ditinjau dari gambar 2. Dapat disimpulkan tren yang terjadi untuk efektivitas berkisar rata-rata berada pada range 80%. Hal ini menunjukan bahwa economizer masih bekerja optimum dalam memanfaatkan panas sisa gas buang untuk memanaskan air umpan sebelum masuk ke *boiler*. Pemanasan awal ini dapat menghemat penggunaan bahan bakar. Dengan demikian kinerja *economizer* sudah sangat baik dalam mengoptimalkan pemanfaatan energi panas sisa. Hal ini sejalan dengan pernyataan Mallick, A. R. (2022) dalam bukunya *Practical Boiler Operation Engineering and Power Plant* yang menyatakan bahwa efektivitas yang berada diatas range 80% termasuk dalam kategori sangat efektif.

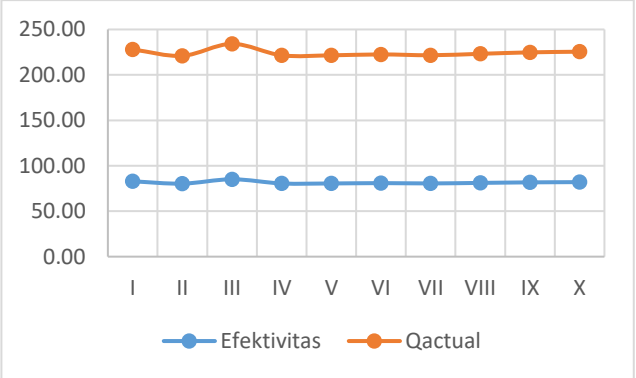
3.2 Hubungan Antara Efektivitas Dengan Laju Perpindahan Panas

Untuk mengetahui sampai sejauhmana korelasi antara efektivitas dengan laju perpindahan panas dengan menggunakan Persamaan 2. dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hubungan antara Efektivitas dengan laju perpindahan panas aktual

Data	Efektivitas	Qactual
I	82,91	227,99
II	80,38	221,03
III	85,15	234,16
IV	80,56	221,55
V	80,56	221,55
VI	80,92	222,54
VII	80,59	221,63
VIII	81,16	223,19
IX	81,75	224,80

Dari Tabel 3 dapat dibuat Gambar 3 untuk melihat gambaran kinerja economizer dengan menggunakan hubungan efektivitas terhadap lahu perpindahan panas aktual



Gambar 3. Hubungan antara efektivitas dengan Qactual

Berdasarkan gambar 3. Dapat ditinjau secara keseluruhan bahwa efektivitas berbanding lurus terhadap Qactual adapun pada data III terdapat kenaikan efektivitas diikuti oleh meningkatnya laju perpindahan panas. Hal ini menunjukan bahwa kinerja steam yang terdapat pada economizer relative stabil sehingga performa kinerja economizer cenderung relative stabil. Laju perpindahan panas yang terjadi pada economizer dengan jenis bare tube berlangsung secara konveksi dan konduksi.

Kesimpulan

Hubungan antara temperatur dengan efektivitas berbanding lurus. Adapun efektivitas economizer rata-rata ada pada range diatas 80%. Hal ini menunjukan bahwa economizer masih bekerja optimum. Sedangkan untuk melihat performa kinerja steam yang terdapat pada economizer dapat dilihat dari hubungan antara efektivitas dengan laju perpindahan panas yang cenderung relative stabil.

Daftar pustaka

Akbar, M. S., Suryadi, F. and Prastyo, D. D. (2009) 'Kinerja Economizer Pada Boiler', *Jurnal Teknik Industri*, 11(1), pp. 72–81. doi: 10.9744/jti.11.1.72-81.

Aprilia, D. and Hardjono, H. (2023) 'Penentuan Efisiensi Boiler Dengan Menggunakan Metode Langsung Di Pt X Lumajang', *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), pp. 421–426. doi: 10.33795/distilat.v7i2.237.

Chattopadhyay, P., (2001) 'Boiler Operation Engineering'. New Delhi: Vikas Publishing House

Dewanatan, W. W. *et al.* (2020) 'Peningkatan Efisiensi Energi Melalui Optimasi Cycle Steam Boiler pada Operasi Boiler : Studi Kasus di PT. Kaltim Methanol Industri (KMI)', *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(2), p. 182. doi: 10.22146/jrekpros.59172.

Handoyo, Y. and Irawan, G. (2023) 'Efektivitas Penggunaan Economizer Terhadap Performa Boiler Fire Tube', *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 11(2), pp. 108–114. doi: 10.33558/jitm.v11i2.7104.

Kharisma dan Budiman (2020) 'Perhitungan Efisiensi (Eficiency) Mesin Boiler Jenis Fire –Tube Menggunakan Metode Directdan Indirect untuk Produk Butiran –Butiran Pelet', *Ug Jurnal*, 14, pp. 1–10.

Mallick, A. R. (2022). *Practical boiler operation engineering and power plant*. PHI Learning Pvt. Ltd..

Masaji, M., Aisha, N. and Soeprijanto, S. (2023) 'Efisiensi Boiler dengan Penambahan Alat Economizer Sebagai Pre-

Heater Steam', *Jurnal Teknik ITS*, 12(3). doi: 10.12962/j23373539.v12i3.119505.

Murni (2011) 'Menaikkan Efisiensi Boiler dengan Memanfaatkan Gas Buang untuk Pemanas Ekonomiser', *Seminar Sains dan Teknologi ke-2*, pp. 57–61.

Sagaf, M. (2018) 'Analisa faktor-faktor penyebab perubahan efisiensi boiler jenis pulverized coal fired forced circulation sub-critical pressure menggunakan metode tak langsung', *Teknoin*, 24(2), pp. 147–158. doi: 10.20885/teknoin.vol24.iss2.art5.

Shahab, A. and Amna, S. (2023) 'Efficiency Analysis of Fire Tube Boiler Type at Refinery Utility Unit', *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(7), pp. 3109–3118.

Sugiharto, A. (2020) 'Perhitungan Efisiensi Boiler Dengan Metode Secara Langsung pada Boiler Pipa Api', *Majalah Ilmiah Swara Patra*, 10(2), pp. 51–57. doi: 10.37525/sp/2020-2/260.

Sumarno, F. G. and Prasetiyo, B. (2019) 'Analisis Kinerja Efisiensi Economizer Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Boiler Di PLTU Tanjung Jati B Unit 4', *Eksergi*, 14(2), pp. 0–3. doi: 10.32497/eksergi.v14i2.1324.

Ummah, M. S. (2019) 'Analisis Pemakaian Economizer Terhadap Peningkatan Efisiensi Boiler Pulverized Pada Unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeneponto', *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), pp. 1–14. Available at: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017Eng8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI.