

# ANALISA PERLAKUAN ROTARI STEAM SOOT BLOWER TERHADAP EFISIENSI ECONOMIZER PADA BOILER BERKAPASITAS 35 TPH

<sup>1</sup> Muhammad Efendi, <sup>2</sup> Pembimbing<sup>1</sup> Jainal Arifin, ST., MT, <sup>3</sup> Pembimbing<sup>2</sup> Rendy, ST., MT.  
<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, 21201, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan MAB,  
NPM17620051  
<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin, 21201, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan MAB,  
NI P19720226.200501.003  
<sup>3</sup> Program Studi Teknik Mesin, 21201, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan MAB,  
NI K061.004.335  
[Mefendi711@gmail.com](mailto:Mefendi711@gmail.com), Pembimbing [Jainalarifin804@gmail.com](mailto:Jainalarifin804@gmail.com)

## Abstrak

Perlakuan *rotari shoot blower* merupakan salah satu alat bantu boiler yang membantu mempertahankan *efisiensi boiler* dalam kondisi stabil. Secara umum, *sootblower* memiliki fungsi untuk membersihkan debu/jelaga yg menempel pada *tube-tube, tube superheater, tube reheater, tube economizer, serta air heater*. Dengan bersihnya komponen tersebut debu/jelaga, maka *transfer* panas dari udara pada *fluida* kerja akan lebih *optimal*. Sehingga *efisiensi heat transfer* akan terjaga *stabil*. Selain itu, dengan bersihnya komponen-komponen itu, maka kerusakannya dapat *diminimalisir*. Berdasarkan analisa data dan pembahasan, dapat diambil mengenai analisa economizer pada boiler yang bekerja dibawah batas normal temperature gas  $498,7^{\circ}\text{C}$  yang seharusnya normal *temperature*  $609,1^{\circ}\text{C}$  kemudian *temperature air*  $124,1^{\circ}\text{C}$  yang seharusnya  $129,5^{\circ}\text{C}$  diakibatkan beberapa factor diantaranya adalah pengotoran pada *tube economizer* yang mengakibatkan *temperature* menjadi turun, kemudian nilai efisiensi pada *economizer* sebelum dilakukan penelitian adalah 71,2 % dan setelah dilakukan perbaikan dan pembersihan pada *tube economizer* sebesar 78,2 % nilai kenaikan *temperature* tersebut sangat berpengaruh pada *boiler* yang menghasilkan tekanan *steam* untuk pengiriman steam produksi.

Kata Kunci : Boiler, Economizer, Steam, Efisiensi, Soot Blower

## Pendahuluan

Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau *steam*. Air panas atau *steam* pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk

mengalirkan panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi *steam*, volumenya akan meningkat sekitar

1.600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga *boiler* merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik. Berdasarkan teknologi proses pembakarannya, secara umum boiler dibagi menjadi tiga jenis, yaitu **Stoker Type Boiler/ chain grate, Pulverized Boiler, Fluidized Bed Boiler.**

Jenis boiler stoker/ chain grate ini menggunakan rantai berjalan sebagai tempat pembakaran bahan bakar yang umumnya berupa padatan. Secara singkat proses kerjanya adalah dengan meniupkan udara panas dari bawah rantai sehingga bahan bakar padat (misalnya batu bara) dapat terbakar. Boiler jenis ini juga dapat membakar berbagai jenis bahan bakar antara lain batu bara, limbah kayu, kulit kayu, bahkan sampah anorganik. Stoker Type Boiler adalah sistem pembakaran dengan memasukkan bahan bakar padat pada bed pembakaran yang tetap, udara yang digunakan untuk proses pembakaran dioperasikan dengan kecepatan yang kecil, dan ukuran untuk tipe boiler ini terbatas sehingga kemampuan untuk menghasilkan uap maksimum  $\pm 50,4$  kg/s. Keuntungan tipe boiler ini

adalah dapat merespon secara tiba-tiba perubahan beban dan dapat membakar bahan bakar dalam jumlah besar sekaligus, dan bahan metal tipe ini harus mempunyai ketahanan terhadap panas yang tinggi karena pembakaran di ruang bakar melebihi  $1093^{\circ}\text{C}$ .

Dimana dalam Boiler Stoker/Chain Grate ini Tidak memiliki Super heater dan cuma terdiri dari 2 macam Tube :

1. *Tube Air ( Waterwall Tube dan economizer )*

*Waterwall Tube* adalah *tube* air yang terletak di dinding *furnace* (ruang bakar), dimana pada *tube* ini terjadi perpindahan panas dari *tube* ke dalam air dengan suhu tertentu. *Economizer* adalah *tube* air panas yang berfungsi sebagai pengisi air sebelum masuk dalam *drum boiler*, panas dari *tube economizer* ini didapat dari *flue gas* hasil pembakaran.

2. *Tube Udara ( Air Reheater Tube )*

*Air Reheater Tube* adalah *tube* udara yang berfungsi untuk menyediakan udara di dalam ruang bakar sehingga dapat terjadi pembakaran, *tube* udara ini sudah bertemperatur tinggi,

sehingga udara di dalam *tube* pun sudah panas, panas dari *tube* tersebut didapat dari aliran *flue gas* menuju cerobong asap

Dari paparan diatas dapat kita ketahui bahwa unsur utama dari *boiler* itu sendiri adalah *tube* (*tube*), rutinas saya sehari-hari ditempat kerja membuat saya mengetahui, permasalahan yang terjadi di Boiler Stoker/Chain Grate ini adalah pada tube economizer yang terjadi penurunan suhu sebab sisa-sisa pembakaran/jelaga pada bahan bakar sampah kayu sisa produksi untuk pembuatan plywood itu sendiri yang menempel di pipa-pipa economizer yang membuat efisiensi boiler itu sendiri menurun.

Hasil penelitian efisiensi boiler mulai tanggal 27 Maret, Tahun 2017 sampai dengan tanggal 10 April 2017 dengan total rata - rata efisiensi yang dianalisis yaitu 74,4%. Pada tanggal 3 April 2017 hasil perhitungan efisiensi sebesar 76,57% menunjukkan bahwa kinerja boiler masih layak

untuk dioperasikan tetapi pada tanggal 4 April 2017 efisiensi boiler menjadi 71,59%. Efisiensi boiler pada saat commissioning, dengan efisiensi boiler 85,13% dan pada tahun 2017 dilakukan perhitungan efisiensi boiler secara teoritis pada 27 Maret hingga 10 April 2017 dengan total rata-rata 74,4% dimana penurunan efisiensi sebesar 10,73%. (*Jenta Yudi 2017*)

Kerusakan fatal dari *economizer tube* ini akan menyebabkan *overhaul* atau pergantian *economizer tube* yang memakan waktu lama sehingga perusahaan produksi plywood ini yang mana semua pekerjaan pembuatannya bertahan lama dan steam yang dikirim ke produksi bisa maksimal dilakukan perawatan pada economizer itu sendiri untuk efisiensi Economizer. Unsur perawatan berkala pun harus dilakukan sesuai jadwal yang telah ditentukan, agar usia dari *economizer tube* itu sendiri tahan lama.

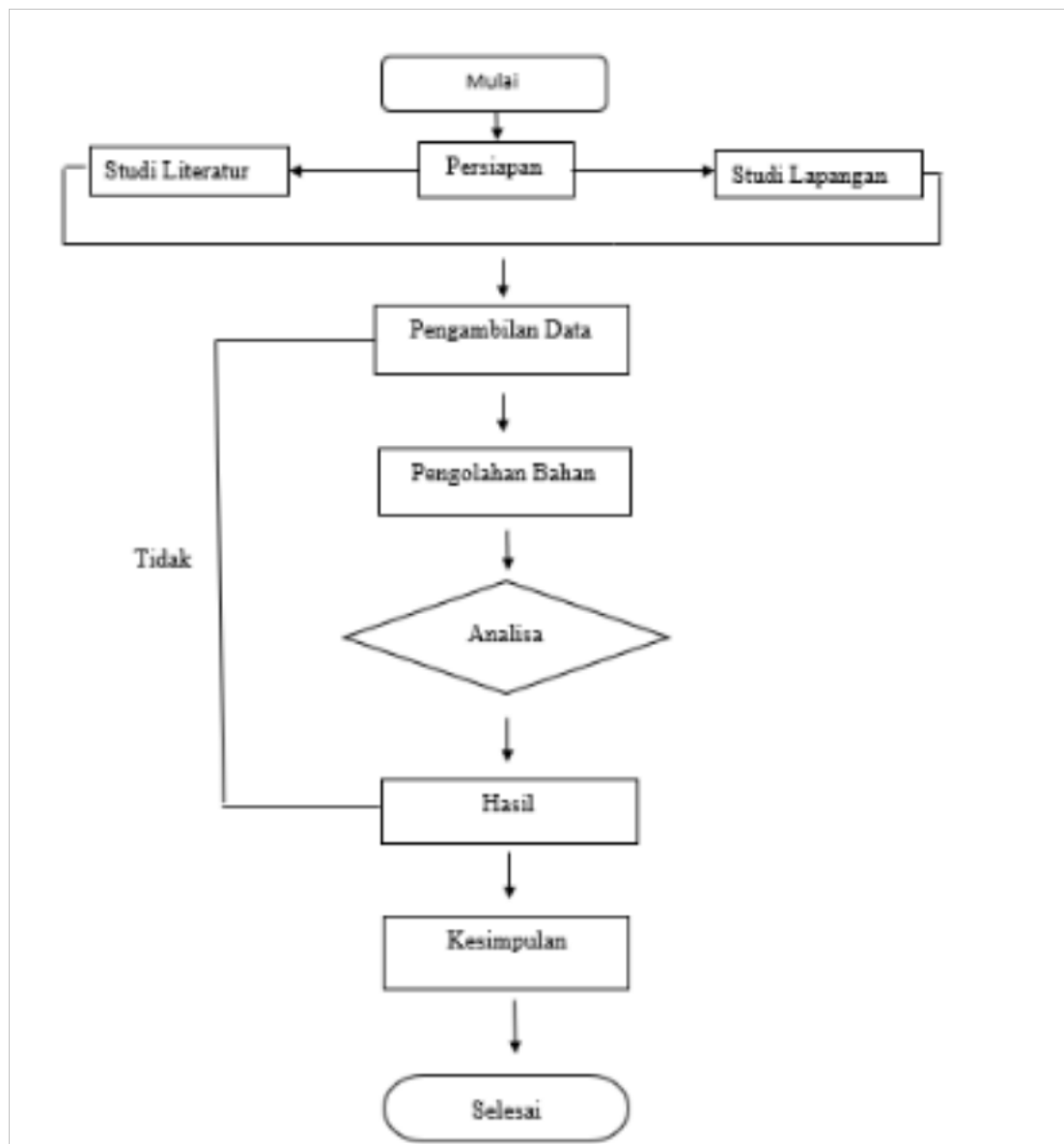
Perawatan yang dilakukan ini dinamakan perlakuan rotari soot blower yang mana

dilakukan 1 minggu sekali atau lebih tergantung pada suhu diboiler yang mana suhu turun akibat banyaknya jelagan yang menempel di economizer dan berkurangnya efisiensi akibat sampah kayu hasil pembakaran didapur boiler dan dilakukan perlakuan rotari soot blower untuk efisien boiler.fungsinya

adalah agar abu yang jelagan atau abu sisa pembakan boiler yang menempel di *economizer tube* akan dibersihkan melalui steam rotari soot blower dan dijatukan ke bawah dan akan terisap oleh *Inducted Draft Fan* sehingga abu akan ditangkap oleh *Electrostatic Presepicator*.



## Metodologi Analisa



### Hasil Kegiatan pelaksanaan *Perlakuan Steam Rotary Soot Blower*

Adapun pelaksanaan perlakuan steam *rotary Soot Blower* Dilaksanakan 1 kali dalam 1 minggu, adapun data yang saya ambil ini adalah 4 hari sebelum dilakukannya steam *rotary soot blower* dan 4 hari sesudah dilakukannya steam *rotary soot blower*, yakni pada tanggal 21 juni 2021 - 24 juni 2021 (sebelum) dan Tanggal 30 juni 2021 – 3 juli 2021 (sesudah)

Adapun kegiatan steam *rotary soot blower* ini bertujuan untuk menjatuhkan *fouling* akibat *fly ash* dan *flue gas* panas yang mengendap ataupun menggumpal di permukaan *economizer tube*, apabila tidak dilaksanakan steam *rotary soot blower* maka nilai koefisien *heat transfer* dari *flue gas* ke air dalam *economizer*

*tube* akan berkurang sehingga menyebabkan tekanan ( *pressure* ) utama pada *boiler* akan *drop*.

Oleh sebab itulah sangat penting dilakukan pelaksanaan mingguan *steam rotary soot blower* ini, sehingga akan memberikan pengetahuan baru baik untuk saya sendiri, ataupun pihak perusahaan ( para pekerja ) seberapa besar kenaikan efisiensi *heat transfer economizer* setelah dilakukannya *gas pulse soot blower* dengan membandingkan data sebelum dilakukannya *gas pulse soot blower*, dengan demikian para pekerja pun tidak melalaikan dari pelaksanaan mingguan *steam rotary soot blower* ini.

### Data Hasil Pengamatan

Data yang saya ambil adalah data hasil pengamatan pada Temperatur air pada *Feed water* sebelum masuk *economizer tube* ( t1) dan Temperatur *air Feed water* sesudah masuk *economizer tube* ( t2). Serta data temperatur *Flue gas* masuk ( T1 ) dan *Flue gas* Keluar ( T2 ), yang mana data ini diambil di komputer *control room* pengoperasian unit di PLTU W JAYA TRI UTAMA.

Tabel 4.1. Data temperatur masuk dan keluar pada *Flue gas* dan air pada *Economizer tube* sebelum dilaksanakan perlakuan *steam rotary Soot Blower* Pada tanggal 23 Juni 2021.

No	Jam	Temperatur Air		Temperatur <i>Flue Gas</i>	
		In (t1) ( <sup>o</sup> C)	Out (t2) ( <sup>o</sup> C)	Out(T2) ( <sup>o</sup> C)	In(T1) ( <sup>o</sup> C)
1	08:00	102,3	127,3	295,2	501,4
2	09:00	102,4	127,0	291,9	498,0
3	10:00	99,9	125,7	269,7	451,5
4	11:00	102,5	127,9	282,1	469,0
5	12:00	101,2	126,2	304,1	477,3
6	13:00	98,9	125,0	284,1	476,9
7	14:00	100,4	125,9	288,1	492,8
8	15:00	100,1	125,1	284,8	497,8
9	16:00	99,7	125,1	292,8	498,1
10	17:00	99,3	125,0	290,8	498,1
11	18:00	99,3	125,0	289,8	498,1
12	19:00	99,8	125,8	286,9	487,8
13	20:00	101,2	127,1	296,4	501,5
14	21:00	100,8	126,0	285,6	487,1
15	22:00	101,2	126,5	291,5	498,1
16	23:00	100,3	126,0	289,5	496,3
17	24:00	101,3	126,9	283,4	481,6



18	01:00	99,2	125,1	239,9	394,7
19	02:00	100,1	126,7	246,9	415,4
20	03:00	102,6	127,8	238,2	380,2
21	04:00	104,8	129,9	238,7	374,1
22	05:00	103,9	128,8	209,3	323,7
23	06:00	102,1	127,8	240,6	390,3
24	07:00	105,4	130,5	213,1	333,8

Tabel 4.2. Data temperatur masuk dan keluar pada *Flue gas* dan air pada *Economizer tube* sesudah dilaksanakan *Gas Pulse Soot Blower* Pada tanggal 3 juli 2021

No	Jam	Temperatur Air		Temperatur <i>Flue Gas</i>	
		In (t1) (°C)	Out (t2) (°C)	Out(T2) (°C)	In(T1) (°C)
1	08:00	100,6	128,6	299,7	518,1
2	09:00	99,8	128,0	291,6	504,2
3	10:00	99,9	128,1	290,8	507,9
4	11:00	98,7	127,4	297,1	521,1
5	12:00	101,6	128,9	301,1	538,1
6	13:00	99,6	128,0	289,3	517,3
7	14:00	100,9	128,8	301,9	548,1
8	15:00	100,6	128,5	298,1	536,2
9	16:00	102,1	129,1	303,3	559,1
10	17:00	101,3	128,8	311,8	644,1
11	18:00	100,3	128,5	294,9	516,1
12	19:00	102,1	129,4	301,1	527,5
13	20:00	100,2	128,3	293,1	573,8
14	21:00	99,8	128,0	294,8	516,1
15	22:00	103,4	130,1	295,1	518,1
16	23:00	100,1	128,1	270,7	463,3
17	24:00	103,5	130,5	280,7	469,8
18	01:00	104,9	131,3	282,0	480,3
19	02:00	99,6	127,3	290,6	497,9
20	03:00	100,3	128,1	296,7	498,4
21	04:00	99,5	127,9	294,8	520,8
22	05:00	100,8	128,7	295,1	519,1
23	06:00	101,8	129,3	277,9	470,7
24	07:00	84,3	113,0	165,8	262,,6

### Analisis Perhitungan

Contoh perhitungan diambil dari data ke- 2 pada tanggal 3Juli 2021 pada Tabel 4.2.

jam 08 : 00 Pagi – 07.00 Pagi

► **Heat Transfer Coefficient Economizer**

$$\text{Diketahui : } T_{\text{in Water}} = 104,9^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{out Water}} = 131,3^{\circ}\text{C}$$

$$T_r = \frac{(104,9^{\circ}\text{C} + 131,3^{\circ}\text{C})}{2} = 118,1^{\circ}\text{C}$$

► **Dari data spesifikasi Economizer didapat sebagai berikut :**

$$v = 1,7 \text{ m/s}$$

$$d_i = 32 \text{ mm} = 0,032 \text{ m}$$

► **Dari table sifat- sifat air didapat data sebagai berikut :**

$$\rho = 845,9 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 1,36 \times 10^{-4} \text{ kg/m.s}$$

$$k = 0,657 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

$$Pr = 0,940$$

Maka,  $Re = \frac{\rho \cdot v \cdot L}{\mu}$

$$Re = \frac{845,9 \text{ kg} \times 1,17 \text{ m/s} \times 0,024 \text{ m}}{1,36 \times 10^{-4} \text{ kg/m.s}} = 132,8^{\circ}\text{F}$$
$$= 183296,5$$

► **Karena alirannya turbulen, menggunakan rumus persamaan :**

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr^{0,4}$$
$$= 0,023 \times 183296,5^{4/5} \times 0,940^{0,4} = 364,3$$

$$h_i = Nu \frac{k}{d_i}$$
$$= 364,3 \frac{0,657 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}}{0,024 \text{ m}}$$
$$= 9994,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$
$$= 1760,30 \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot ^{\circ}\text{F}$$



Jadi Koefisien Perpindahan panas pada Economizer sebesar  $1760,30 \text{ Btu/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$

► **Neraca Panas**

Neraca panas pada Economizer dapat dihitung dengan Persamaan berikut :

► Panas yang dilepas oleh flue gas

$$\begin{aligned}
 \dot{Q}_A &= m_A \times C_{pA} (\Delta T)_A \\
 &= 267.266,400 \text{ lb/h} \times 2,68 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F} \times (873,626^\circ\text{F} - 415,328^\circ\text{F}) \\
 &= 273.863.176,649 \text{ Btu/h}
 \end{aligned}$$

► **Panas yang diterima oleh tube Water**

$$\begin{aligned}
 \dot{Q}_A &= m_c \times C_{pc} (\Delta T)_c \\
 &= 259.484,082 \text{ lb/h} \times 1.039,549 \text{ Btu/lb} \\
 &= 269.746.309,235 \text{ Btu/h}
 \end{aligned}$$

4.1.3 LMTD ( Log Mean Temperature Difference)

Nilai LMTD yang merupakan beda temperatur logaritmik antara fluida di ekpresikan oleh persamaan sebagai berikut:

Keterangan	Furnance Gas	Tube Water	Beda Temperatur
Temperatur fluida tinggi	644,1 °C	301,9 °C	307,2 °C
Temperatur fluida rendah	498,7 °C	270,7 °C	228,0 °C
Beda temperatur	110,4 °C	31,2 °C	79,2 °C

$$LMTD = \Delta T_{lm} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$



$$= \frac{(609,1^{\circ}\text{C} - 301,9^{\circ}\text{C}) - (498,7^{\circ}\text{C} - 270,7^{\circ}\text{C})}{\ln \frac{(609,1^{\circ}\text{C} - 301,9^{\circ}\text{C})}{(498,7^{\circ}\text{C} - 270,7^{\circ}\text{C})}}$$

$$= 265,6^{\circ}\text{C}$$

► Faktor Koreksi dapat dihitung dengan terlebih dahulu melakukan

perhitungan R dan P

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \frac{(609,1^{\circ}\text{C} - 301,9^{\circ}\text{C})}{(128,3^{\circ}\text{C} - 101,6^{\circ}\text{C})} = \frac{307,3}{26,7} = 11,5$$

$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_2 - t_1} = \frac{(128,3^{\circ}\text{C} - 101,6^{\circ}\text{C})}{(609,1^{\circ}\text{C} - 101,6^{\circ}\text{C})} = \frac{26,7^{\circ}\text{C}}{507,5^{\circ}\text{C}} = 0,05$$

#### 4.1.4 Efisiensi dari Economizer

$$\eta_{eff} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - t_2} \text{ (sebelum di diperbaiki)}$$

$$= \frac{(578,8^{\circ}\text{C} - 280,1^{\circ}\text{C})}{(578,8^{\circ}\text{C} - 124,2^{\circ}\text{C})}$$

$$= 0,712 \times 100\%$$

$$= 71,2\%$$

$$\eta_{eff} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - t_2} \text{ (sesudah di diperbaiki)}$$

$$= \frac{(609,1^{\circ}\text{C} - 301,9^{\circ}\text{C})}{(609,1^{\circ}\text{C} - 128,3^{\circ}\text{C})}$$

$$= 0,782 \times 100\%$$

= 78.2%

## Kesimpulan

1 . Tahap awal yaitu boiler menggunakan steam 0,50 mpa untuk proses awal dari sootblower. Dimulai dari proses pembakaran di furnace, kemudian air dipompa dari water tank menuju steam drum namun terlebih dahulu melewati economizer untuk sampai pada steam drum supaya dapat dipanaskan hingga menghasilkan uap bertekanan. Uap yang dihasilkan dari steam drum akan menjadi media blowing untuk sootblower. Ketika uap dari steam drum sudah memenuhi target tekanan yang sudah ditentukan, maka uap tersebut akan dialirkan ke sootblower. Tekanan uap tinggi dikirimkan ke lance tube sootblower melalui katup uap masuk yang dikenal sebagai poppet valve. Uap harus memenuhi tekanan yang sudah ditentukan yaitu bertujuan agar ketika sootblower beroperasi uap yang disemprotkan memiliki tekanan yang stabil dan cukup untuk melakukan penyemprotan

2 Berdasarkan analisa data dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan mengenai analisa economizer pada boiler yang bekerja dibawah batas normal temperature gas  $498,7^{\circ}\text{C}$  yang seharusnya normal temperature  $609,1^{\circ}\text{C}$  kemudian temperature air  $124,1^{\circ}\text{C}$  yang seharusnya  $129,5^{\circ}\text{C}$  diakibatkan beberapa factor diantaranya adalah pengotoran pada pipa economizer yang mengakibatkan temperature menjadi turun, kemudian nilai efisiensi pada economizer sebelum dilakukan penelitian adalah 71,2 % dan setelah dilakukan perbaikan dan pembersihan pada pipa economizer sebesar 78,2 % nilai kenaikan temperature tersebut sangat berpengaruh pada boiler yang menghasilkan tekanan uap yang sangat besar

## Daftar Pustaka

Akbar, M. S., Suryadi, F., & Prastyo, D.  
D. (2009). Kinerja Economizer

Pada Boiler. *Kinerja Economizer Pada Boiler*, 11(1), 72–81.

<https://doi.org/10.9744/jti.11.1>.



- pp.72- 81
- Area, U. M. (2019a). *Pengaruh Air Heater Terhadap Peningkatan Efisiensi Boiler Pada Unit 3 Pltu Pt . Pln ( Persero ) Unit Pelaksana Pembangkitan Belawan Skripsi Oleh : Andreas Sinaga Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Pengaruh Air Heater Terhadap Peningkatan Efisiensi.* 1–78.
- Area, U. M. (2019b). *PENGARUH ECONOMI ZER TERHADAP PENINGKATAN EFISIENSI BAHAN BOAKAR BOILER PADA UNIT 3 PLTU PT . PLN ( PERSERO ) UNIT PELAKSANA PEMBANGKITAN BELAWAN* Disusun Oleh : KASNO NUNUTSI MBOLON JURUSAN TEKNIK MESIN UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN PENGARUH ECONOMI ZER TERHA.
- Dwi, W., Hardiansyah, & Ivanto, M. (2017). Analisis Perhitungan Efisiensi Boiler Kapasitas 55 Ton / Jam di PT PT . PJB ( Pembangkit Jawa Bali ) PLTU Ketapang 2X10 MW. *Jurnal Tekini*, 1(2), 3–7.
- Holman, J. P. (1986). *Heat Transfer 6th Edition.*
- Jaelani, D. (2017). Analisa Efisiensi Ketel Uap pada Unit 2 PLTU 2 Banten Kapasitas 300 MW. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur UNJ*, 1(April), 25–32.
- Kurniawan, A. A., & Mursadin, A. (2019). Analisis Efisiensi Boiler Unit 2 Dan 4 Di Pt. Pln (Persero) Wil. Kalselteng Sektor Pltu Asam-Asam. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 4(1), 77–85. <https://doi.org/10.20527/sjmekinematika.v4i1.54>
- Mohamad, A., & Subagyo, R. (2020). Analisis Kinerja Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap Asam Asam Unit Ii – Kalimantan Selatan. *Jtam Rotary*, 2(1), 109. [https://doi.org/10.20527/jtam\\_rotary.v2i1.2008](https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v2i1.2008)
- Pravitasari, Y., Malino, M. B., Mara, N., Fisika, J., Matematika, F., Ilmu, D., Alam, P., Tanjungpura, U., Prof, J., Nawawi, H., Matematika, J., & Pengetahuan, I. (2017). *Analisis Efisiensi Boiler Menggunakan Metode Langsung*. V(01), 9–12.
- Setiawan, S. F., & Mursadin, A. (2020). Analisis Perpindahan Panas Pada Ekonomiser Di Pltu Pulang Pisau. *Jtam Rotary*, 2(1), 1.

[https://doi.org/10.20527/jtam\\_rotary.v2i1.2000](https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v2i1.2000)

Sugiharto, A. (2020). Perhitungan

Boiler Pipa Api. *Majalah Ilmiah Swara Patra*, 10(2), 51–57.

<https://doi.org/10.37525/sp/2020-2/260>

Sumarno, F. G., & Prasetyo, B. (2019). Analisis Kinerja Efisiensi Economizer

Efisiensi Boiler Dengan Metode Secara Langsung pada

Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Boiler Di PLTU Tanjung Jati B Unit 4. *Eksergi*, 14(2), 0–3. <https://doi.org/10.32497/eksergi.v14i2.134>