Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin
Volume 7 Nomor 2 Oktober 2022 Hal 129-136
https://journal.uny.ac.id/index.php/dynamika/issue/view/2373

ISSN 2548-7590 (media online)
ISSN 2598-392X (media cetak)

ANALISA KEHILANGAN PANAS PADA BOILER TYPE SFW 7000 DI PT. SOCFINDO KEBUN SEUNAGAN

Samsul Rijal[1], Masykur*[2]

[1,2]Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Teuku Umar
Email: masykur@utu.ac.id

ABSTRACT

SFW 7000 boiler used in PT. Socfindo Kebun Seunagan has a function as a steam producer for turbine drives, in addition to being a steam turbine drive from boilers, it also functions for palm oil processing activities. Therefore, boilers are one of the important components in the palm oil industry, so special attention is needed so that the performance of the boilers remains good. The purpose of this study is to analyze or review the performance of the boiler by taking into account the heat loss that occurs. Based on data and calculation results using the direct method, a decrease in efficiency was obtained by 23.89% boiler efficiency of 76.11% and from the calculation results using the indirect method, boiler efficiency was 90.31% with the cause of the greatest heat loss caused by evaporation of water formed from H_2 in the fuel by 4.39%.

Keywords: *Boiler, Efficiency, Heat Loss*

ABSTRAK

Boiler SFW 7000 yang digunakan pada PT. Socfindo Kebun Seunagan memiliki fungsi sebagai penghasil steam untuk penggerak turbin, selain sebagai penggerak turbin steam dari boiler juga berfungsi untuk kegiatan proses pengolahan kelapa sawit. Oleh karena itu boiler merupakan salah satu komponen penting dalam industri kelapa sawit, sehingga perlu perhatian khusus agar kinerja dari boiler tetap bagus. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa atau mengkaji ulang dari kinerja boiler dengan memperhitungkan kehilangan panas yang terjadi. Berdasarkan data dan hasil perhitungan dengan menggunakan metode langsung (*direct*) didapatkan penurunan efesiensi sebesar 23,89% efesiensi boiler 76,11% dan dari hasil perhitungan dengan metode *indirect*, efesiensi boiler sebesar 90,31% dengan penyebab kehilangan panas terbesar diakibatkan oleh adanya penguapan air yang terbentuk dari H_2 dalam bahan bakar sebesar 4,39%.

Kata kunci: Boiler, Efesiensi, Kehilangan Panas.

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri khususnya pada pabrik kelapa sawit (PKS), boiler merupakan salah satu bagian terpenting dalam kegiatan proses produksi. Sumber energi untuk pengoperasian pabrik kelapa sawit adalah uap yang dihasilkan oleh boiler.

Boiler merupakan ketel uap yang panas pembakarannya diteruskan ke air, Sehingga menjadi steam atau uap panas bertekanan. Kemudian uap panas yang bertekanan tersebut dimanfaatkan untuk suatu proses produksi pada pabrik minyak kelapa sawit, seperti penggunaan pada station pengepressan, klarifikasi, dan pengolahan karnel, selain sebagai proses produksi, steam dari boiler juga dimanfaatkan sebagai penggerak turbin. Sistem boiler yang digunakan pada PT. Socfindo Kebun Seunagan sendiri terdiri dari *feed water* system, sistem steam, dan sistem bahan bakar. *Feed water* sistem adalah sistem boiler untuk menyalurkan seluruh keperluan air kedalam drum boiler (Maulizar et al., 2022). Sistem steam dapat dikenal dengan sistem yang menampung kebutuhan steam serta mengontrolnya sesuai dengan kebutuhan produksi, dan mengendalikan tekanan steam sesuai kebutuhan produksi (Muzaki & Mursadin, 2019).

PT. Socfindo Kebun Seunagan sudah beroperasi dari tahun 1973. Perusahaan ini

Dikirim: 22 Agustus 2022 | Diterima: 29 Oktober 2022 | Diterbitkan: 31 Oktober 2022

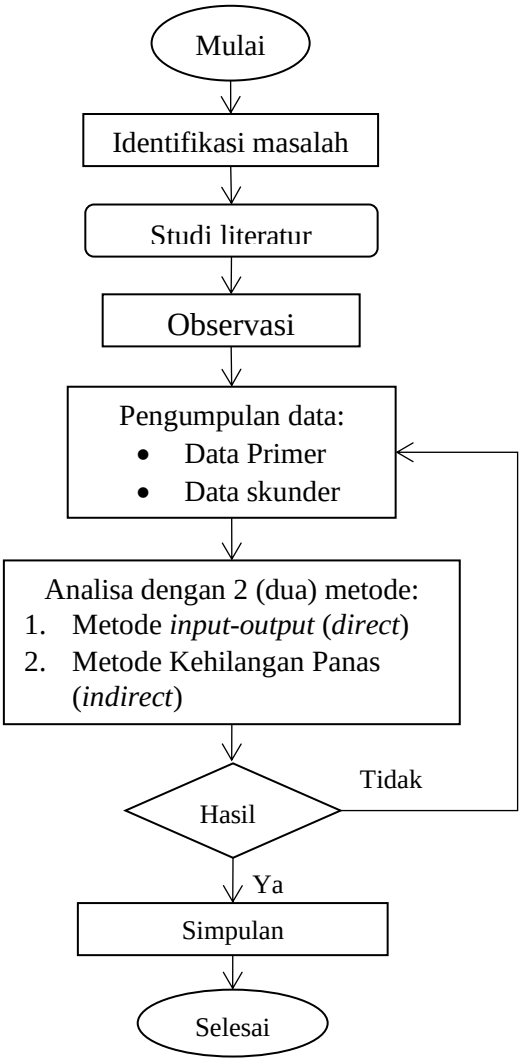
tergolong ke perusahaan yang tua sehingga unjuk kerja dari mesin-mesin pada PMKS ini sudah mengalami banyak sekali penurunan kinerja salah satunya adalah boiler. Berdasarkan pengamatan dilapangan peneliti mengamati selama boiler yang beroperasi, kinerja dari boiler untuk memproduksi uap sering kali tidak stabil, sehingga mempengaruhi dari proses pengolahan. Oleh karena itu peneliti ingin mengkaji ulang tentang kinerja dari boiler untuk mehindari terjadinya pemborosan energi, untuk itu Analisa teknis pada boiler sangat dibutuhkan, selaku salah satu upaya untuk meningkatkan efesiensi guna menjauhi terjadinya komsumsi bahan bakar yang berlebih dan dapat menurunkan biaya produksi (Asmudi, 2012).

Salah satu Analisa atau pengkajian yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya in-efesiensi pada boiler adalah dengan cara menganalisa kehilangan energi pada boiler tersebut.

METODE

Penelitian dilaksanakan di PT. Socfindo Kebun Seunagan. Metode penelitian yang digunakan berupa studi literatur dengan mempelajari berbagai sumber referensi-referensi yang relevan sesuai dengan keperluan bahan penelitian. Kemudian peneliti juga menggunakan metode observasi dengan mengamati langsung ke lokasi, serta untuk pengambilan data yang diperlukan peneliti juga melakukan wawancara langsung dengan pihak terkait khususnya operator boiler. Data yang di peroleh berupa data primer dan data sekunder yang berkenaan untuk menyelesaikan permasalahan. Adapun untuk pengolahan data peneliti menggunakan 2 (dua) metode analisa yaitu, Analisa dengan metode *input-output* (*direct*) dan metode kehilangan panas (*indirect*) hingga mendapatkan hasil analisa. Setelah melakukan analisa dengan menggunakan 2 (dua) metode dan mendapatkan hasil, selanjutnya peneliti mengambil kesimpulan serta memberikan saran yang sesuai agar dapat menjaga kinerja dari boiler itu sendiri.

Adapun diagram alir penelitian yang dilakukan dapat di lihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja pada boiler memiliki parameter semacam rasio dan efesiensi yang menurun terhadap waktu. Perihal tersebut berlangsung karena buruknya pada proses pembakaran, serta buruknya kinerja boiler dipengaruhi oleh buruknya mutu bahan bakar serta air yang diberikan. Neraca panas bisa menunjang dalam mengidentifikasi kehilangan panas yang dapat ataupun yang tidak bisa dihindari (Dewata, 2011).

Pada penelitian perhitungan analisa efesiensi mesin boiler tipe kombinasi antara *fire tube* dan *water tube* ini memakai metode *input-output (direct)* dan metode kehilangan panas *(indirect*). Pada metode *input-output* tidak dapat menunjukkan penyebab potensi terjadinya in-efesiensi, oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan aktual dengan menggunakan metode kehilangan panas *(indirect)* untuk menilai tingkat keakuratan perhitungan seperti faktor persentasi kehilangan panas *(heat loss)* terhadap analisa gas buang kering dan temperatur gas buang sehingga dapat diketahui sumber kerugian terbesar agar dapat dilakukan evaluasi dari kerugian yang terjadi tersebut. Adapun spesifikasi boiler yang digunakan ditunjukkan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1**.** Spesifikasi Boiler

Tipe	SFW 7000 Boiler Kombinasi
Tahun pembuatan	1993
Bahan Bakar	Natural Gas
Tekanan Maksimal	20 Bar
Temperatur Max	250 ^{o}C

Dalam perhitungan efesiensi boiler perlu diperhitungkan jumlah dari ketersediaan bahan bakar yang tersedia yang nantinya akan di gunakan. Pada perhitungan neraca massa yang digunakan oleh PT. Socfindo Kebun Seunagan didapat jumlah ketersediaan bahan bakar *shell* dan *fiber* untuk proses pengolahan dengan rumus berikut:

Persamaan yang digunakan untuk mencari jumlah ketersediaan bahan bakar (Effendi et al., 2020) ditunjukkan seperti pada persamaan (1) dan (2).

Shell = persentase % S*hell* × kapasitas PKS (1)

Fiber = Persentase % *Fiber* × kapasitas PKS (2)

Shell = 6% *Shell* × 23 Ton/Jam

= 1380 Kg/jam

Fiber = 12% *fibre* × 23 Ton/Jam

= 2760 Kg/jam

Total bahan bakar yang tersedia = *shell* + *fiber*

= 1380 Kg/jam + 2760 Kg/jam

= 4140 Kg/jam

Perbandingan komsumsi bahan bakar boiler pada PT. Socfindo Kebun Seunagan adalah *75% fiber:25% shell*

Data Perhitungan Analisa
Metode *input-output* (*direct)*

Parameter yang dipantau untuk perhitungan efesiensi boiler dengan metode *input-output* adalah:

- Q = Banyaknya steam yang dihasilkan per jam dalam kg/jam
- q = Komsumsi bahan bakar per jam dalam kg/jam
- P_s = *Steam pressure* (bar) dan T_s = *Steam Temperature* (℃)
- *Feed water temperature* (℃)
- Jenis bahan bakar dan nilai panas kotor bahan bakar dalam Kkal/kg bahan bakar (Effendi et al., 2020).

Persamaan yang digunakan untuk mencari efesiensi menggunakan metode *input-output (direct)* adalah sebagai berikut (3) *(United Nations Environment Programe*, 2006):

$$Efesiensi\ Boiler = \frac{panas\ keluar}{panas\ masuk} x100$$

$$Efesiensi\ Boiler = \frac{Q\ x\ (h_g - h_f)}{q\ x\ LHV} x100 \qquad (3)$$

Dimana: h_g= Entalpi steam (Kkal/kg steam)

h_f = Entalpi *Feed water* (Kkal/kg)

LHV= *low heating value* (kkal/kg)

Berikut ini merupakan data yang didapatkan selama penelitian untuk mencari efesiensi boiler dengan metode *input-output* (*direct*). Data tersebut dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Data Metode *input-output* menentukan efesiensi

Data Analisa Boiler	Satuan
Steam flow	17 Ton/Jam
Steam pressure	17 Bar
Steam temperature	215℃
Feed water temperature	100℃
LHV	5320.50 Kkal/kg
Entalpi steam	675,3 Kkal/kg
Entalpi *feed water*	100 Kkal/kg
Komsumsi bahan bakar	2,415 Ton/jam

Dari data di atas dapat kita cari efesiensi boiler secara metode *input-output*.

Efesiensi boiler $\eta =$

$$\frac{17\ Ton/jam x\ (675{,}3Kkal/kg - 100Kkal/kg)\ x1000}{2{,}415\ Ton/jam x\ 5320{,}50\ Kkal/kg\ x\ 1000}\ x100$$

$$\eta_b = \frac{9.780.100}{12.849.007{,}5}\ x\ 100$$

η_b = 76,11%

Berdasarkan hasil perhitungan efesiensi menggunakan metode *input-output (direct)* didapatkan hasil efesiensi sebesar 76, 11% yang dimana hasil tersebut menunjukkan bahwa kinerja dari boiler tersebut masih bagus dan masih berada di atas standar efesiensi yang ditentukan.

Metode Kehilangan Panas *(indirect)*

Metode tidak langsung menggunakan 2 (dua) standar acuan dalam melakukan uji Boiler ditempat, yaitu *British standar*, *BS 845:1987* dan *USA standar ASME PTC-4-1 Power Test Code Steam Generating Units* (*United Nations Environment Programe*, 2006).

Metode tidak langsung disebut juga metode Kehilangan panas. Efesiensi bisa dihitung dengan cara mengurangkan bagian kerugian panas dari 100% seperti berikut ini (4) (*United Nations Environment Programe*, 2006):

$$Efesiensi\ Boiler\ (\eta) = 100 - (I+II+III+IV+V+VI+VII) \quad (4)$$

Dimana kerugian yang terjadi dalam boiler adalah kerugian yang disebabkan oleh:

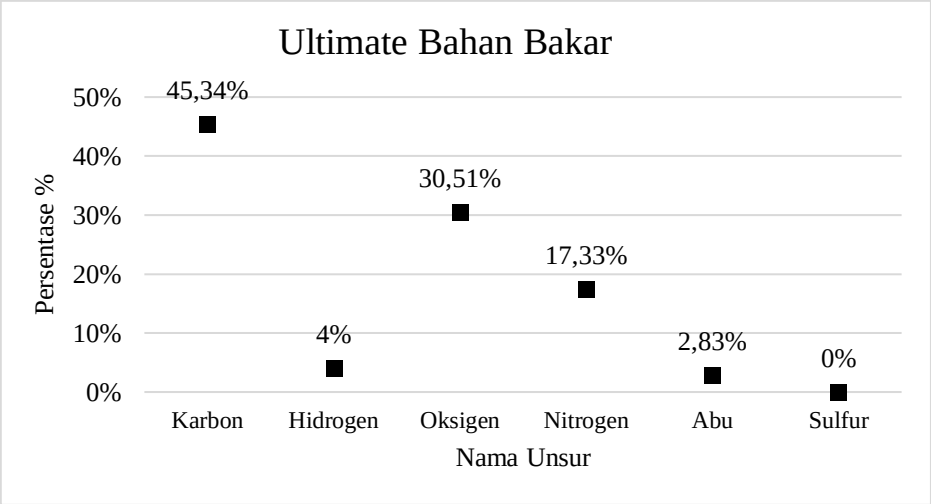
1. Gas cerobong yang kering.
2. Penguapan air yang terjadi sebab adanya H2 dalam bahan bakar.
3. Penguapan kandungan air dalam bahan bakar.
4. Terdapatnya kandungan air dalam udara pembakaran.
5. Bahan bakar yang tidak terbakar dalam abu terbang/ fly ash.
6. Bahan bakar yang tidak terbakar dalam abu bawah/ bottom ashRadiasi dan losses lain yang tidak terhitung (*United Nations Environment Programe*, 2006).

Kerugian yang diakibatkan oleh kadar air dalam bahan bakar serta kerugian yang diakibatkan oleh pembakaran hidrogen bergantung pada bahan bakar yang digunakan, serta tidak dapat dikendalikan oleh perancangan (*United Nations Environment Programe*, 2006).

Berdasarkan data yang didapatkan dari pabrik minyak kelapa sawit tentang kandungan unsur-unsur yang terdapat pada 1 kg *shell* dan *fiber* dapat di lihat pada table 3 di bawah ini:

Tabel 3. Hasil Ultimate Bahan Bakar

Nama Unsur	Persentase %
Karbon (C)	45,335%
Hidrogen (H_2)	4%
Oksigen (O_2)	30,5075%
Nitrogen (N_2)	17,330%
Abu	2,8275%
Sulfur (SO_2)	0%



Gambar 2. Hasil Ultimate Bahan Bakar

Gambar 2 di atas menunjukkan hasil ultimate bahan bakar dari 1 kg *fiber* dan *shell* dengan perbandingan 75%:25% didapatkan kandungan unsur kimia terbesar adalah Karbon dengan kandungan 45,335% serta unsur lainya Hidrogen 4%, Oksigen 30,5075%, Nitrogen 17,330%, Abu 2,8275%, dan Sulfur 0%. Dengan hasil ultimate bahan bakar tersebut di dapatkan nilai kalor pembakaran seperti pada table 4 di bawah ini.

Tabel 4. Nilai Kalor

LHV	5320.50 Kkal/kg
HHV	940.01 Kkal/kg

Selain data hasil ultimate bahan bakar dan nilai kalor, dalam menghitung efesiensi meggunakan metode kehilangan panas juga perlu mengetahui hasil pengukuran dari gas buang boiler. Berdasarkan data yang di peroleh, hasil pengukuran gas buang boiler dapat di lihat pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Gas Buang Boiler

CO_2	7,5%
O_2	8%
Suhu gas buang	180℃
Ambient Temperature	34℃
Kelembaban udara	0,018 kg/kg

Pengolahan data

Dengan data yang telah didapatkan diatas maka maka dapat dilakukan perhitungan kinerja boiler yang sesuai dengan parameter perhitungan menggunakan metode kehilangan panas, tahapan perhitungannya adalah seperti berikut:

- **Tahap 1**: Menghitung kehutuhan udara teoritis (*United Nations Environment Programe*, 2006).

  $\mathbf{U_t = [}$(11,43 x C) + {34,15 x (H_2 - $\frac{O_2}{8}$)} + (4,32 x S)] / 100 (5)

  U_t = **[(**11,43 x 45,335) + {34,15 x (4 - $\frac{30,5075}{8}$)} + (4,32 x S)] / 100

  U_t = 5,24 kg/ kg bahan bakar

- **Tahap 2**: Menghitung persen udara berlebih yang dipasok (EA) (*United Nations Environment Programe*, 2006).

  $= \frac{Persen\ O_2 \times 100}{21 - Persen\ O_2}$ (6)

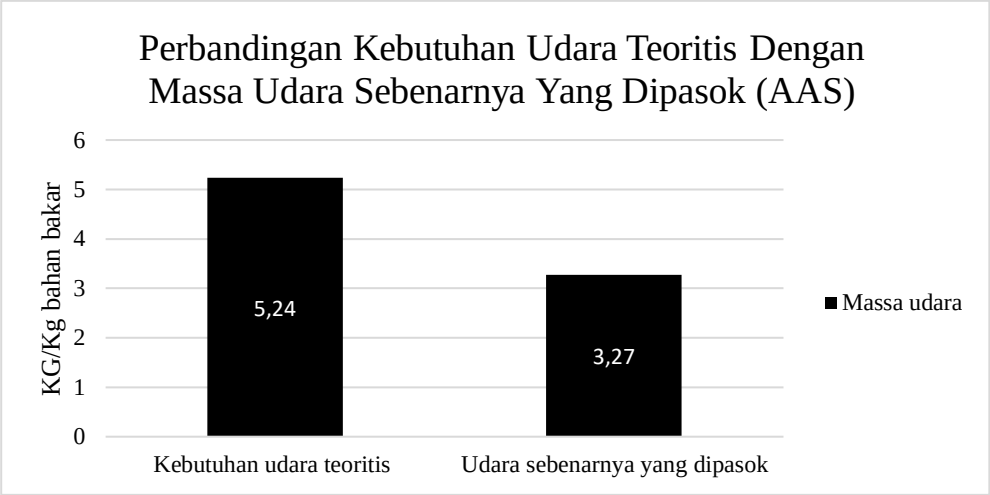
  $= \frac{8 \times 100}{21 - 8}$

  = 61,5%

- **Tahap 3**: menghitung massa udara sebenarnya yang dipasok/kg bahan bakar (AAS) (Ridwan et al., 2019).

  $= \left\{\frac{\mathbf{1 + EA}}{\mathbf{100}}\right\}$ x Udara Teoritis (7)

  = 3,27 kg / kg bahan bakar



Gambar 3. Perbandingan kebutuhan udara dengan udara yang sebenarnya dipasok

Berdasarkan Gambar 3 diatas, bahwa kebutuhan udara teoritis yang diperlukan adalah sebesar 5,24%, dan massa udara yang sebenarnya di pasok/kg bahan bakar adalah sebesar 3,27%.

- **Tahap 4**: Memperkirakan seluruh kehilangan panas (Ridwan et al., 2019).

1. Persentase kehilangan panas yang diakibatkan oleh gas buang yang kering (Ridwan et al., 2019).

$$= \frac{\text{m Cp(Tf – Ta) x 100}}{GCV\ Bahan\ Bakar} \quad (8)$$

Dimana:

m = massa CO_2 + massa SO_2 + massa N_2 + massa O_2 (Aji Nugroho, 2015).

$$m = \frac{0{,}45 \text{ x } 44}{12} + \frac{0\ x\ 64}{32} + \frac{0{,}17\ x\ 77}{100} + (0{,}08x32)$$

= 1,65+0+0,13+2,56

= 4,34 kg/kg bahan bakar

$$= \frac{4{,}34 \text{ x } 0{,}23 \text{ x } (180 - 34\ )}{5320{,}50}\ x\ 100$$

= 2,73%

2. Kehilangan panas karena penguapan kadar air karena adanya H_2 dalam bahan bakar (Ridwan et al., 2019).

$$= \frac{9\ x\ H_2(584+Cp(Tf-Ta))}{GCV\ Bahan\ Bakar}\ x\ 100 \quad (9)$$

$$= \frac{9\ x\ 0{,}04\ (584+0{,}45(180-34))}{5320{,}50}\ x\ 100$$

$= 4{,}39\ \%$

3. Kehilangan panas karena kadar air dalam udara (Effisiensi & Asme, n.d.).

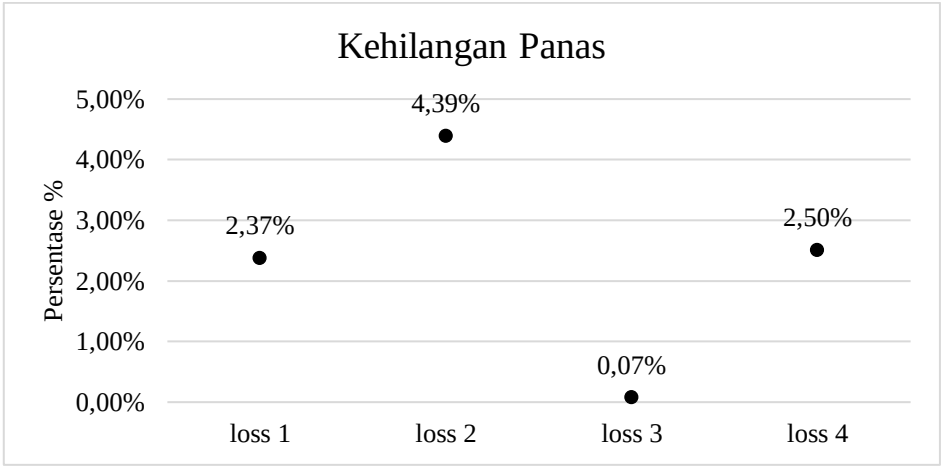
$$= \frac{AAS\ x\ Kelembaban\ x\ Cp(Tf-Ta)}{GCV\ Bahan\ Bakar}\ x\ 100 \quad (10)$$

$$= \frac{3{,}27\ x\ 0{,}018x\ 0{,}45\ (180-34)}{5320{,}50}\ x\ 100$$

$= 0{,}072\%$

4. Kehilangan panas karena radiasi dan kehilangan lain yang tidak terhitung (*United Nations Environment Programe*, 2006).

Berdasarkan data dari perusahan pabrikan kehilangan panas karena radiasi dan kehilangan panas lainnya yang tidak terhitung diperkirakan mencapai sebesar 2,5%.



Gambar 4. Perkiraan kehilangan panas keseluruhan

Dari Gambar 4 diatas dapat dilihat bahwa persentase kehilangan panas tertinggi terjadi pada *loss* ke 2 sebesar 4,39% dikarenakan penguapan kadar air karena adanya H_2 dalam bahan bakar, dan persentase kehilangan panas terkecil terjadi karena kadar air dalam udara yaitu sebesar 0,072%.

- **Tahap 5**: Menghitung Efesiensi Boiler (Ridwan et al., 2019).

Efesiensi Boiler (η) = 100 −(I + II + III + IV)

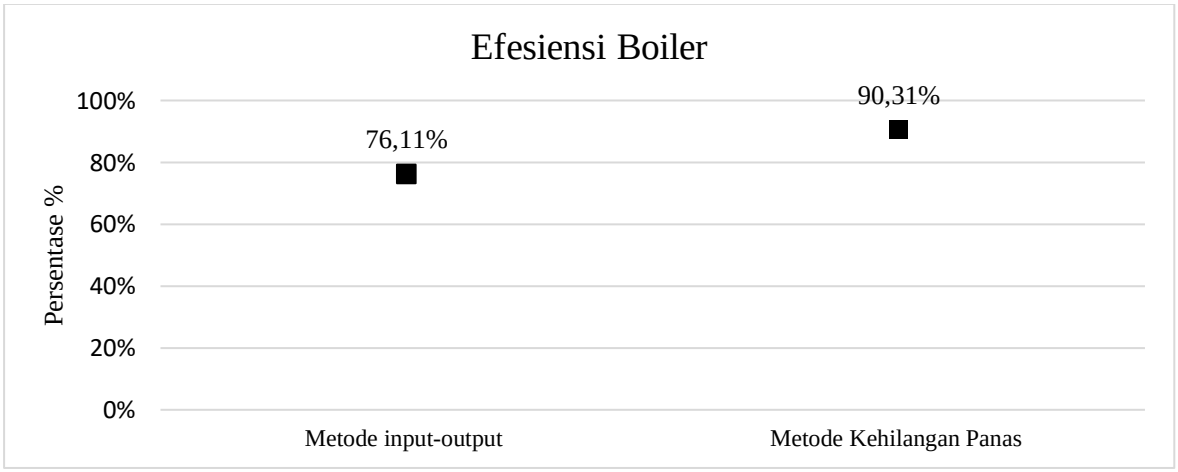
$$=100-(2{,}73+4{,}39+0{,}072+2{,}5)$$

$$= 100 - 9{,}69$$

$$= 90{,}31\%$$

Berdasarkan perhitungan efesiensi boiler menggunakan metode kehilangan panas *(indirect*) di atas didapatkan nilai efesiensi boiler sebesar 90,31%, hal ini menunjukkan kinerja dari boiler tersebut masih sangat baik. Adapun setelah dilakukan analisa perhitungan dengan metode kehilangan panas (*indirect*) penyebab terjadinya penurunan efesiensi boiler terbesar dikarenakan adanya penguapan air yang terbentuk dari H_2 dalam bahan bakar yaitu sebesar 4,39%. Dan persentase kehilangan panas terendah disebabkan oleh faktor kadar air dalam udara sebesar 0,072%.

Grafik dibawah ini menunjukkan hasil perhitungan antara efesiensi boiler metode *input-output (direct)* dengan metode kehilangan panas.



Gambar 5. Hasil Analisa efesiensi boiler

Setelah dilakukan perhitungan efesiensi boiler dengan menggunakan dua metode yang berbeda didapatkan hasil seperti grafik di atas, dimana efesiensi boiler menggunakan metode *input-output* sebesar 76,11% dan efesiensi boiler dengan menggunakan metode kehilangan panas adalah 90,31%.

SIMPULAN

Analisa kehilangan panas pada boiler ini bertujuan untuk megetahui kinerja atau efesiensi dari boiler yang dimana penggunaan perhitungan dengan metode *input-ouput (direct)* dinilai kurang efektif dalam menentukan efesiensi dari boiler itu sendiri, sehingga dengan menggunakan Analisa dengan metode kehilangan panas dapat diketahui secara spesifik penyebab terjadinya in-efesiensi. Kemudian, berdasarkan hasil Analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kerugian atau kehilangan panas terbesar terjadi karena penguapan kadar air karena adanya H_2 dalam bahan bakar yaitu sebesar 4,39%, kehilangan panas karena radiasi dan kehilangan panas lainnya yang tidak terhitung sebesar 2,5%, *loss* yang diakibatkan oleh gas buang yang kering, dan kehilangan panas terkecil karena kadar air dalam udara. Sehingga didapatkan nilai efesiensi sebesar 90,31%. Dimana nilai ini berbeda dengan nilai efesiensi dengan menggunakan metode *direct* sebesar 76,11%.

Penggunaan Analisa dengan metode kehilangan panas memiliki keterbatasan dalam pengambilan data, yang dimana terkadang perusahaan tidak semua memiliki alat penunjang untuk pengambilan data yang diperlukan. Adapun saran yang diperoleh dan natinya dapat digunakan sebagai pengembangan penelitian adalah agar unjuk kerja boiler tetap baik perlu dilakukan nya perawatan secara berkala, dan bahan bakar yang di gunakan harus sesuai dengan standar, karena salah satu yang menyebabkan sebuah mesin terjadi penurunan kinerja itu salah satunya di sebabkan oleh bahan bakar yang di gunakan tidak sesuai.

DAFTAR RUJUKAN

Aji Nugroho, A. P. (2015). Analisa Kehilangan Energi Pada Fire Tube Boiler Kapasitas 10 Ton. *Jurnal Teknik Mesin*, *4*(2), 1.

Asmudi. (2012). Analisa Unjuk Kerja Boiler Terhadap Penurunan Daya Pada Pltu Pt. Indonesia Power Ubp Perak. *Energi Lingkungan*, 1–15.

Dewata, P. I. (2011). *Analisa Teknis Evaluasi Kinerja Boiler Type Ihi Fw Sr Single Drum Akibat Kehilangan Panas Di Pltu Pt. Pjb Unit Pembangkitan Gresik*. 1–11.

Effendi, Z., Zakwan, Z., & Nainggolan, A. F. (2020). Analisa Kehilangan Energi Pada Boiler Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Agro Fabrica*, *2*(1), 30–37. https://doi.org/10.47199/jaf.v2i1.141

Effisiensi, P., & Asme, B. (n.d.). *Perhitungan Effisiensi Boiler*.

Maulizar, A., Masykur, M., & Supardi, J. (2022). Analisis Ph, Tds, Total Hardness, Alkalinity, Dan Silica Pada Boiler Feet Water Di Pt. Socfindo Perkebunan Kelapa Sawit Di Seunagan. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, *8*(1), 129–134.

Muzaki, I., & Mursadin, A. (2019). Analisis Efisiensi Boiler Dengan Metode Input–Output Di Pt. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. Unit Banjarmasin. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, *4*(1), 37–46.

Ridwan, A., Hakim, L., Istana, B., & Hasugian, L. gunawan. (2019). Simulasi Perhitungan Unjuk Kerja / Performansi Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap Berbahan Bakar Batu Bara. *Jurnal Surya Teknika*, *1*(04), 69–77.

United Nations Environment Programe. (2006). Boiler & pemanas fluida termis 1. *Peralatan Efisiensi Energi Untuk Industri Di Asia*, 1–42.