

EVALUASI UNJUK KERJA *BOILER TIPE FIRE TUBE 6 T/H TWA* DI PPSDM MIGAS CEPU

Salman Al-Farizi. Z^{1*}, Susilo Handoko¹

¹Teknik Mesin Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jalan Gajah Mada No.38, Blora, 58315

*E-mail: salmanalfariziz2003@gmail.com

ABSTRAK

Boiler 6 T/H TWA yang berada pada unit boiler pada PPSDM Migas Cepu merupakan peralatan bejana tekan penghasil uap bertekanan yang berfungsi sebagai media pemanas minyak residu, sebagai fluida kerja untuk menggerakkan pompa torak, sebagai media pembantu dalam proses fraksinasi di kilang, dan untuk memanaskan air umpan boiler di tangki deaerator yang digunakan untuk membuang gas oksigen didalam air agar tidak masuk kedalam boiler. Metode pengumpulan data yang digunakan melibatkan pengumpulan data spesifikasi boiler 6 T/H TWA dan data operasi boiler 6 T/H TWA. Data total pemakaian air sebesar 4,268 m³/jam dan jumlah produksi uap sebesar 3397 kg/jam pada tekanan 4 kg/cm² dan suhu 140 °C yang menghasilkan efisiensi dengan metode langsung sebesar 78,12 % dan efisiensi dengan metode tidak langsung sebesar 77,6 %. Perbedaan perhitungan efisiensi pada dua metode tersebut dikarenakan perbedaan aspek perhitungan yang mana pada perhitungan efisiensi dengan metode tidak langsung memiliki aspek-aspek yang lebih banyak dan menghasilkan perhitungan efisiensi kinerja boiler yang mendetail.

Kata kunci: boiler, efisiensi metode langsung, efisiensi metode tidak langsung.

1. PENDAHULUAN

Di dalam kilang minyak terdapat berbagai jenis peralatan proses dan peralatan pendukung, salah satunya adalah *boiler*, *boiler* merupakan sebuah peralatan mekanik yang digunakan untuk mengubah energi kimia pada bahan bakar menjadi energi kalor yang diterima oleh uap air. Bahan bakar pada *boiler* digunakan untuk memanaskan air dan mengubah fasa air dari cairan menjadi uap. Uap hasil produksi *boiler* antara lain digunakan sebagai media pemanas minyak residu, sebagai media pembantu untuk menurunkan titik didih minyak bumi, dan juga untuk memanaskan air umpan *boiler* di tangki *deaerator*.

Boiler memiliki banyak jenis, diantaranya adalah *boiler* pipa api yang memiliki kapasitas uap relatif kecil dengan tekanan uap rendah sampai sedang, menggunakan bahan bakar minyak, gas, atau padat [1], lalu *boiler* pipa air yaitu *boiler* yang uap nya berada di dalam pipa-pipa atau tabung pembakaran oleh api atau asap yang berada diluarnya [2], dan ada juga *boiler* yang diklasifikasikan menurut posisi konstruksinya, diantaranya adalah *horizontal boiler*, *vertical boiler*, dan *inclined boiler* [3].

Bahan bakar pada *boiler* dibagi menjadi 4 jenis, yaitu bahan bakar padat, bahan bakar cair, bahan bakar gas, dan bahan bakar nuklir [4], dimana bahan bakar tersebut mengalami perubahan energi dari panas pembakaran bahan bakar menjadi energi panas dalam bentuk uap, panas hasil pembakaran digunakan untuk menaikkan entalpi air sampai air menjadi uap air yang mengandung energi dalam yang disimpan dalam bentuk panas dan tekanan [5].

Parameter kinerja boiler salah satunya adalah efisiensi, dimana efisiensi boiler semakin lama performanya akan semakin berkurang dikarenakan beberapa faktor seperti buruknya pembakaran, kotornya permukaan penukar panas, buruknya operasi, dan kurangnya pemeliharaan. Bahkan untuk boiler yang baru, faktor-faktor seperti buruknya kualitas bahan

bakar dan kualitas air dapat menjadi penyebab menurunnya kinerja boiler. Uji efisiensi boiler dapat membantu dalam menemukan penyimpangan efisiensi boiler, efisiensi terbaik, dan target area permasalahan untuk tindakan perbaikan.

Dalam upaya meningkatkan efektivitas pemanfaatan energi dan penekanan biaya operasional boiler di industri minyak dan gas, maka penulis melakukan kajian evaluasi unjuk kerja yang berfokus pada analisa efisiensi dari boiler dengan metode langsung dan metode tidak langsung, perhitungan antara keduanya diperlukan untuk menilai tingkat efisiensi boiler dan dapat dibandingkan antara keduanya [6].

Efisiensi boiler dengan metode langsung dikenal juga sebagai metode *input-output* karena parameter perhitungan metode ini hanya memerlukan output (*steam*) dan panas *input* (bahan bakar) untuk mengevaluasi efisiensi boiler, sebelum mengevaluasi efisiensi boiler dengan metode langsung, mencari terlebih dahulu *Higher Heating Value* (HHV) dengan menggunakan rumus sebagai berikut [7]:

$$HHV = 14.500 \times C + 62.000 \times \left(H_2 - \frac{O_2}{8}\right) + 4000 \times S \quad (1)$$

Setelah itu, mengevaluasi efisiensi boiler dengan metode langsung menggunakan rumus sebagai berikut [8]:

$$\eta_{Boiler} = \frac{(W_s \times (h_s - h_w))}{(W_s \times HHV)} \quad (2)$$

Efisiensi boiler dengan metode tidak langsung dikenal juga sebagai metode kehilangan panas. Sebelum menghitung efisiensi boiler dengan metode tidak langsung, mencari terlebih dahulu °API (berat jenis minyak) bahan bakar, dengan menggunakan rumus sebagai berikut [7]:

$$Sg_{\frac{60}{60}}^{\circ F} = \frac{141,5}{131,5 + \text{°API}} \quad (3)$$

Setelah itu, mengevaluasi efisiensi boiler dengan metode tidak langsung dapat dilakukan dengan cara mencari kebutuhan udara, panas masuk, panas keluar terlebih dahulu. menghitung kebutuhan udara teoritis dan sebenarnya pada boiler menggunakan rumus-rumus berikut [9]:

Kebutuhan udara teoritis (W_a)

$$W_a = \frac{(11,43 \times C) + \left(34,5 \times \left(H_2 - \frac{O_2}{8}\right)\right) + (4,32 \times S)}{100} \quad (4)$$

Kebutuhan udara sebenarnya (W_A)

$$W_A = \left(1 + \frac{EA}{100}\right) \times W_a \quad (5)$$

Menghitung panas masuk pada boiler menggunakan rumus-rumus berikut [10]:

Panas hasil pembakaran bahan bakar (Q_p)

$$Q_p = W_s \times HHV \quad (6)$$

Panas sensible bahan bakar (Q_f)

$$Q_f = (1 - W) \times C p_f \times t_f \times W_s \quad (7)$$

Panas sensible air karena kelembaban bahan bakar (Q_w)

$$Q_w = W \times C p_f \times t_f \times W_s \quad (8)$$

Panas sensible udara pembakaran (Q_{Al})

$$Q_{Al} = W_A \times C_{pa} \times t_a \quad (9)$$

Panas sensible air karena kelembaban udara (Q_{ma})

$$Q_{ma} = W_A \times C_{pa} \times t_a \times M_A \quad (10)$$

Panas sensible air umpan (Q_{fw})

$$Q_{fw} = W_w \times h_w \quad (11)$$

Menghitung panas keluar pada boiler menggunakan rumus-rumus berikut [10]:

Gas asap hasil pembakaran

$$W_{fg} = \frac{11}{3}C + 9H_2 + 2S + 0,77W_A + (0,0023 \times EA \times W_a) \quad (12)$$

Panas yang terbawa oleh hasil uap

$$Q'_s = w_s \times h_s \tag{13}$$

Panas yang terbawa oleh gas asap

$$Q'_{fg} = W_{fg} \times C_{pa} \times t_{fg} \tag{14}$$

Panas yang terbawa uap air dalam gas asap karena kelembaban udara dalam pembakaran

$$Q'_{ma} = W_A \times M_A \times H'_{sup} \tag{15}$$

Panas yang terbawa oleh uap air dalam gas asap karena kelembaban bahan bakar

$$Q'_w = W \times W_s \times H'_{sup} \tag{16}$$

Panas yang terbawa oleh uap air dalam gas asap karena adanya hidrogen didalam bahan bakar

$$Q'_H = 9H_2 \times H'_{sup} \tag{17}$$

Panas yang terbawa oleh *blowdown*

$$Q'_{BD} = W_{bd} \times H_{bd} \tag{18}$$

Panas yang hilang melalui dinding

$$Q'_{wall} = ((Q_p + Q_f + Q_w + Q_{A1} + Q_{Ma} + Q_{fw}) - Q'_s + Q'_{fg} + Q'_{MA} + Q'_w + Q'_{BD} + Q'_H)) \tag{19}$$

Setelah mendapatkan hasil perhitungan kebutuhan udara, panas masuk, dan panas keluar, maka dapat menghitung efisiensi *boiler* dengan metode tidak langsung menggunakan rumus sebagai berikut [3]:

$$\eta_{Boiler} = \left(1 - \frac{(Q'_{fg} + Q'_{ma} + Q'_w + Q'_H + Q'_{BD} + Q'_{wall})}{(Q_p + Q_f + Q_w + Q_{A1} + Q_{Ma} + Q_{fw})} \right) \times 100\% \tag{20}$$

Perbandingan antara perhitungan efisiensi *boiler* dengan metode langsung dan efisiensi *boiler* dengan metode tidak langsung ditunjukkan pada tabel 1 berikut :

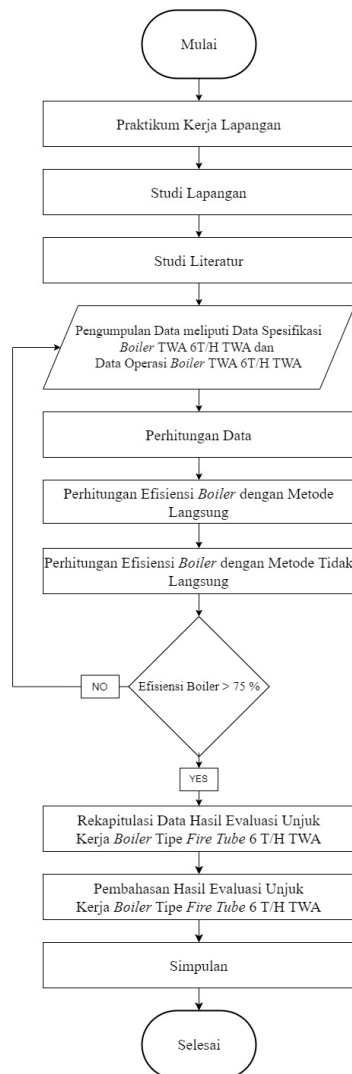
Tabel 1 Perbandingan Metode Langsung dan Tidak Langsung

No.	Metode Perhitungan	Keuntungan	Kekurangan
1	Langsung	Operator dapat melakukan pengevaluasian efisiensi kinerja <i>boiler</i> secara cepat; Hanya memerlukan sedikit pemantauan instrumentasi dan perhitungan pada parameter; Mudah membandingkan rasio perhitungan dengan data-data.	Tidak memberikan petunjuk pada operator tentang penyebab dari efisiensi kinerja <i>boiler</i> ; Tidak menghitung berbagai <i>losses</i> yang berpengaruh pada berbagai tingkat efisiensi kinerja <i>boiler</i> .
2	Tidak Langsung	Efektif dalam menemukan potensi penghematan energi boiler; Menghitung berbagai <i>losses</i> yang berpengaruh pada berbagai tingkat efisiensi kinerja <i>boiler</i> .	Melakukan perhitungan efisiensi kinerja <i>boiler</i> yang lebih rumit dibandingkan perhitungan metode langsung; Memerlukan pengamatan terhadap parameter pada <i>boiler</i> yang lebih banyak dibandingkan dengan metode langsung.

2. METODE

Penelitian dilaksanakan di PPSDM Migas Cepu. Metode penelitian yang digunakan berupa studi lapangan dengan cara mengamati langsung ke lokasi dan melakukan wawancara terhadap operator *boiler* untuk pengambilan data, meliputi data spesifikasi *boiler* dan data operasi *boiler*, serta studi literatur dengan cara mempelajari sumber referensi yang sesuai dengan keperluan penelitian, adapun pengolahan data menggunakan dua metode perhitungan yaitu metode perhitungan secara langsung dan metode perhitungan secara tidak langsung, sehingga mendapatkan hasil evaluasi yang kemudian dapat diambil simpulannya. Alat dan bahan yang digunakan pada saat melakukan penelitian ini yaitu: *boiler* tipe *fire tube* 6 T/H TWA, bahan bakar *boiler*, *safety helmet*, *safety gloves*, *safety glasses*, *safety shoes*, *coverall*, *body harness*, dan alat tulis.

Penelitian ini memiliki alur yaitu: persiapan, studi lapangan, studi literatur dengan melakukan pengambilan data spesifikasi dan data operasi *boiler*, perhitungan efisiensi *boiler* dengan metode langsung dan metode tidak langsung, rekapitulasi data hasil evaluasi, pembahasan hasil evaluasi, dan membuat simpulan sesuai dengan hasil evaluasi, yang dapat dijelaskan menggunakan *flowchart* pada Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1 *Flowchart* Evaluasi Unjuk Kerja *Boiler*

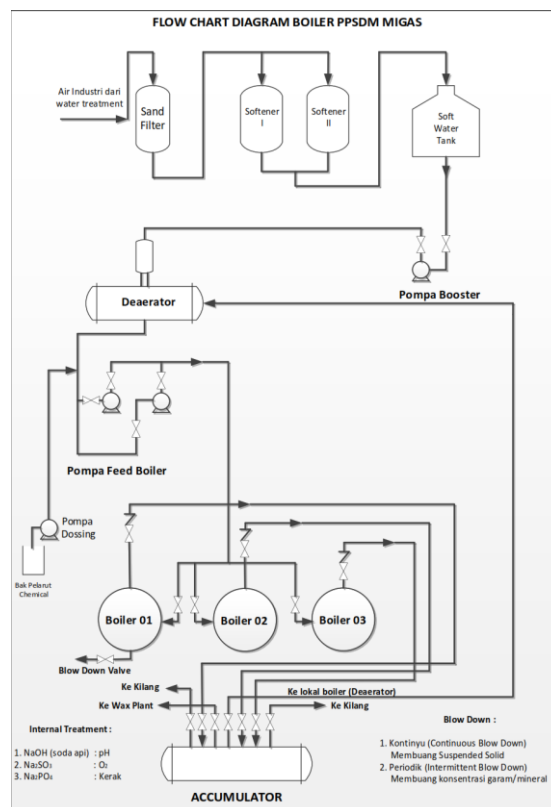
3. PEMBAHASAN

Boiler 6 T/H TWA seperti pada Gambar 2 yang berada pada unit boiler pada PPSDM Migas Cepu merupakan peralatan bejana tekan penghasil uap bertekanan yang berfungsi sebagai media pemanas minyak residu, sebagai fluida kerja untuk menggerakkan pompa torak, sebagai media pembantu dalam proses fraksinasi di kilang, dan untuk memanaskan air umpan boiler di tangki de-aerator yang digunakan untuk membuang gas oksigen didalam air agar tidak masuk kedalam boiler.



Gambar 2 Tampak Depan Boiler TWA 6 T/H

Gambar 3 berikut merupakan gambar flowchart diagram Boiler TWA 6 T/H di PPSDM Migas Cepu:



Gambar 3 Flowchart Diagram Boiler PPSDM Migas [11]

Data Spesifikasi *Boiler* TWA 6 T/H di PPSDM Migas Cepu

Tabel 2 berikut merupakan tabel data spesifikasi *Boiler* TWA 6 T/H di PPSDM Migas Cepu yang berisi data spesifikasi *boiler*, data spesifikasi *superheater*, dan data dimensi berat *boiler*:

Tabel 2 Data Spesifikasi *Boiler* TWA 6 T/H

No.	Spesifikasi	Keterangan	Satuan
1.	<i>Steam Boiler</i>		
	Model	<i>Horizontal-Wet Back System</i>	
	Kapasitas Uap	6000	kg/jam
	Tekanan Desain	3.234.000	kcal/jam
	Tekanan Kerja Maksimal	10	kg/cm ²
	Suhu Uap <i>Superheated</i> (Pada Tekanan 4 Kg/cm ²)	200 (Minimal)	°C
	Jenis Bahan Bakar	<i>Heavy oil</i>	
	Rerata Pembakaran <i>Burner</i> (Minimal - Maksimal)	77 - 460	kg/jam
	Konsumsi Bahan Bakar (<i>Load</i> 100%)	396	kg/jam
	Efisiensi <i>Boiler</i>	85	%
	Sistem Operasi	Otomatis	
2.	<i>Superheater</i>		
	Kapasitas (Uap Jenuh)	6000	kg/jam
	Model	<i>Horizontal – Wet Back System</i>	
	Panas Radiasi	3.234.00	kcal/jam
	Tekanan Desain	12	kg/cm ²
	Tekanan Operasi Normal	10	kg/cm ²
	Tekanan Air Tes	15	kg/cm ²
	Bahan Bakar <i>Burner</i>	<i>Heavy oil</i>	
	Suhu Uap <i>Superheated</i> (Pada Tekanan 4 Kg/cm ²)	200 (Minimal)	°C
	Suhu Air Umpan	30	°C
	Pemanas Permukaan <i>Boiler</i>	120	m ²
	Pemanas Permukaan <i>Superheater</i>	12,35	m ²
	Sistem Kontrol	Otomatis	
	Jenis Bahan Bakar	<i>Heavy oil</i>	
	Kalor Bahan Bakar (LHV)	9600	kcal/kg
	Efisiensi pada 100% <i>Load</i> dan pada Tekanan 10 bar	85	%
3.	<i>Dimensi dan Berat Boiler</i>		
	Panjang Total <i>Boiler</i> (Termasuk <i>Burner</i>)	8340	mm
	Lebar Total	3000	mm
	Tinggi Total	3600	mm
	Berat Transportasi	19,2	ton
	Berat Operasi	29,8	ton

Data Operasi Boiler TWA 6 T/H di PPSDM Migas Cepu

Tabel 3 berikut merupakan tabel data operasi *Boiler* TWA 6 T/H di PPSDM Migas Cepu yang berisi data air umpan, data bahan bakar, data produksi uap, data *blowdown*, data udara masuk, data cerobong uap, dan komposisi bahan bakar *boiler*:

Tabel 3 Data Operasi Boiler TWA 6 T/H

DATA OPERASI BOILER			
DATA AIR UMPAN BOILER			
Nama	Simbol	Jumlah	Satuan
Suhu	t_w	60	°C
Tekanan	P_w	1	kg/cm ²
Jam Operasi		24	jam
Total Pemakaian Air		4,268	m ³ /jam
DATA BAHAN BAKAR BOILER			
Nama	Simbol	Jumlah	Satuan
Suhu	t_f	72	°C
Tekanan	P_f	14	kg/cm ²
Spesific Gravity Bahan Bakar	SG(60/60) °F	0,9182	
Kandungan Air dalam Bahan Bakar	W	0,3	%
Rasio Kelembaban Bahan Bakar	M_f	0,003	
Panas Jenis Bahan Bakar	C_{pf}	0,48	kcal/kg°C
Flowmeter Bahan Bakar Masuk Awal		9376718	L
Flowmeter Bahan Bakar Masuk Akhir		9385893	L
Flowmeter Bahan Bakar Keluar Awal		4713152	L
Flowmeter Bahan Bakar Keluar Akhir		4716286	L
DATA PRODUKSI UAP			
Nama	Simbol	Jumlah	Satuan
Suhu	t_s	140	°C
Tekanan	P_s	4	kg/cm ²
Jumlah Produksi Uap	w_s	3397	kg/jam
DATA BLOWDOWN			
Nama	Simbol	Jumlah	Satuan
Suhu	t_{BD}	98	°C
Tekanan	P_{BD}	4	kg/cm ²
Jumlah <i>Blowdown</i>	W_{BD}	799,6568	kg/jam
DATA UDARA MASUK			
Nama	Simbol	Jumlah	Satuan
Suhu	t_a	30	°C
Panas Jenis Udara	C_{pa}	0,24	kcal/kg°C
Rasio Kelembaban	M_A	0,0134	
DATA CEROBONG UAP			
Nama	Simbol	Jumlah	Satuan
Suhu	t_{fg}	190	°C
KOMPOSISI BAHAN BAKAR			
Nama	Simbol	Jumlah	Banyak
Carbon	C	86,20	0,8620
Hidrogen	H ₂	12,39	0,1239
Sulfur	S	0,39	0,0039
Oksigen	O ₂	0,37	0,0037
Nitrogen	N ₂	0,12	0,0012
Air	H ₂ O	0,43	0,0043
Abu	Ash	0,1	0,0010
TOTAL		100	1

Hasil Evaluasi Unjuk Kerja *Boiler* TWA 6 T/H di PPSDM Migas Cepu

Tabel 4 berikut merupakan tabel hasil evaluasi unjuk kerja *Boiler* TWA 6 T/H di PPSDM Migas Cepu :

Tabel 4 Rekapitulasi Data Evaluasi Unjuk Kerja *Boiler* TWA 6 T/H

No.	Parameter	Desain	Aktual	Selisih
1	Efisiensi <i>Boiler</i>	85 %	Metode Langsung	6,88%
			78,12 %	
			Metode Tidak Langsung	7,4%
			77,60 %	

Setelah dilakukan perhitungan efisiensi *boiler* dengan menggunakan dua metode didapatkan efisiensi *boiler* metode langsung sebesar 78,12% dengan selisih 6,88 % dengan efisiensi *boiler* desain, sedangkan efisiensi *boiler* metode tidak langsung sebesar 77,60% dengan selisih 7,4 % dengan efisiensi boiler desain, yang menandakan bahwa perbedaan antara efisiensi *boiler* desain dan efisiensi *boiler* metode tidak langsung memiliki selisih yang lebih besar daripada efisiensi *boiler* metode langsung.

4. SIMPULAN

Evaluasi unjuk kerja *boiler* ini memiliki tujuan untuk mengetahui efisiensi dari *boiler* dimana hasil perhitungan efisiensi *boiler* dengan metode langsung kurang terperinci dikarenakan kurangnya variabel perhitungan, sedangkan hasil perhitungan efisiensi *boiler* dengan metode tidak langsung dinilai lebih rinci karena dapat diketahui penyebab pengurangan efisiensi dikarenakan variabel yang spesifik, tetapi metode ini juga mempunyai kekurangan pada saat proses pengambilan data yang sulit karena kurangnya alat penunjang dalam mengetahui nilai variabel secara langsung.

Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi unjuk kerja *boiler* dan perbandingan efisiensi *boiler* dengan metode langsung dan efisiensi *boiler* dengan metode tidak langsung, maka dapat diambil simpulan bahwa efisiensi *boiler* menggunakan metode langsung lebih besar daripada efisiensi *boiler* menggunakan metode tidak langsung. Adanya perbedaan hasil perhitungan efisiensi *boiler* TWA 6 T/H di PPSDM Migas Cepu antara metode langsung dan metode tidak langsung dikarenakan perbedaan aspek perhitungan, dimana pada metode tidak langsung aspek-aspek perhitungannya lebih lengkap sehingga perhitungan efisiensi pada metode tidak langsung lebih spesifik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] United Nation Environment Programme, "Peralatan Energi Panas: Boiler & Pemanas Fluida Thermis", Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia, 2006.
- [2] D. Dalimunthe, "Konservasi Energi di Kilang Gas Alam Cair/LNG Melalui Peningkatan Efisiensi Pembakaran pada Boiler", Jurnal Teknologi Proses, vol. 5, no. 2, 2006, pp. 156-162.
- [3] A. Thirupathaiah, "Modelling and Computational Fluid Dynamics Analysis of Economizer in Tangential Fired Tube Boiler", International Journal of Innovative Technology and Research, vol. 06, issue. 06, 2018, pp. 8886-8890.
- [4] Ir. M.J. Djokosetyardjo, "Ketel uap", Jakarta. Pradnya Paramita, 2003.
- [5] U.S. Department of Energy, "Thermodynamics, Heat Transfer, and Fluid Flow", National Technical Information Service, 1992.
- [6] R. Samsul dan Masykur, Analisa kehilangan panas pada boiler type SFW 7000 di PT. Socfindo Kebun Seunagan, Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin, vol. 7, no. 2, 2022, pp. 129-136.
- [7] V. Ganapathy, "Industrial Boiler and Heat Recovery Steam Generators", New York. Marcel Dekker, Inc, 2003.

- [8] ASME PTC 4, "Fired Steam Generator", American Society of Mechanical Engineers, 2008.
 [9] A.P. Aji Nugroho, "Analisa kehilangan energi pada fire tube boiler kapasitas 10 ton", Jurnal Teknik Mesin, vol. 04, no. 2, 2015, pp. 1-6
 [10] Y. Elfita dan Askhabulyamin, "Perhitungan efisiensi dan konversi dari bahan bakar solar ke gas pada boiler ebara HKL 1800 KA", Jurnal Teknik Mesin ROTASI, vol. 14, no. 2, 2012, pp. 7-10.
 [11] PPSDM MIGAS, "Seputar Boiler Plant di PPSDM Migas", Blora, 2021.

Daftar Simbol

C	=	Kandungan Carbon	%
H ₂	=	Kandungan Hidrogen	%
O ₂	=	Kandungan Oksigen	%
N	=	Kandungan Nitrogen	%
S	=	Kandungan Sulfur	%
HHV	=	Nilai Kalori Bahan Bakar	Btu/lb atau kcal/kg
η	=	Efisiensi <i>Boiler</i>	%
w_s	=	Jumlah Produksi Uap	kg/jam
h_s	=	Enthalpy Produksi Uap	kcal/kg
h_w	=	Enthalpy Air Umpan	kcal/kg
W_s	=	Berat Total Pemakaian Bahan Bakar	kg/jam
S_g	=	<i>Spesific Gravity 60/60 Fahrenheit</i>	
$60/60$			
$^{\circ}F$			
$^{\circ}API$	=	Berat Jenis Minyak	
EA	=	<i>Excess Air</i> (Udara Berlebih)	
W_a	=	Kebutuhan Udara Teoritis	kg udara/kg bahan bakar
W_A	=	Kebutuhan Udara Sebenarnya	kg/jam
Q_p	=	Panas Hasil Pembakaran Bahan Bakar	kcal/jam
Q_f	=	Panas Sensible Bahan Bakar	kcal/jam
Q_w	=	Panas Sensible Air karena Kelembaban Bahan Bakar	kcal/jam
Q_{Al}	=	Panas Sensible Udara Pembakaran	kcal/jam
Q_{ma}	=	Panas Sensible Air karena Kelembaban Udara	kcal/jam
Q_{fw}	=	Panas Sensible Air Umpan	kcal/jam
W	=	Kandungan Air dalam Bahan Bakar	%
C_{pf}	=	Panas Jenis Bahan Bakar	kcal/kg $^{\circ}C$
t_f	=	Suhu Bahan Bakar	$^{\circ}C$
C_{pa}	=	Kebutuhan Udara	kg/jam
t_a	=	Panas Jenis Udara Masuk	kcal/kg $^{\circ}C$
M_A	=	Rasio Kelembaban Udara	
W_w	=	Berat Pemakaian Air Umpan	kg/jam
h_w	=	Enthalpy Air Umpan	kcal/kg
W_{fg}	=	Gas Asap Hasil Pembakaran	kg/jam
Q'_s	=	Panas yang Terbawa oleh Hasil Uap	kcal/jam
Q'_{fg}	=	Panas yang Terbawa oleh Gas Asap	kcal/jam
Q'_{ma}	=	Panas yang Terbawa Uap Air Dalam Gas Asap karena Kelembaban Udara Dalam Pembakaran	kcal/jam
Q'_w	=	Panas yang Terbawa oleh Uap Air Dalam Gas Asap karena Kelembaban Bahan Bakar	kcal/jam
Q'_H	=	Panas yang Terbawa oleh Uap Air Dalam Gas Asap karena Adanya Hidrogen Didalam Bahan Bakar	kcal/jam
Q'_{BD}	=	Panas yang Terbawa oleh Blowdown	kcal/jam
Q'_{wall}	=	Panas yang Hilang Melalui Dinding	kcal/jam
t_{fg}	=	Suhu Cerobong	$^{\circ}C$
H'_{sup}	=	Enthalpy Cerobong	kcal/kg
W_{BD}	=	Jumlah <i>Blowdown</i>	kg/jam
H_{BD}	=	Enthalpy <i>Blowdown</i>	kcal/kg
LHV	=	Kalor Bahan Bakar	kcal/kg
t_w	=	Suhu Air Umpan	$^{\circ}C$
P_w	=	Tekanan Air Umpan	kg/cm ²
M_f	=	Rasio Kelembaban Bahan Bakar	
P_f	=	Tekanan Bahan Bakar	kg/cm ²
t_s	=	Suhu Uap	$^{\circ}C$
P_s	=	Tekanan Uap	kg/cm ²
t_{BD}	=	Suhu <i>Blowdown</i>	$^{\circ}C$

P_{BD}	=	Tekanan <i>Blowdown</i>	kg/cm ²
W_{BD}	=	Jumlah <i>Blowdown</i>	kg/jam
t_{fg}	=	Suhu Cerobong Uap	°C
H ₂ O	=	Kandungan Air	%
Ash	=	Kandungan Abu	%