

ANALISIS PENGARUH NILAI KALORI BATUBARA TERHADAP EFISIENSI BOILER DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR UNIT 1 PLTU MERAK ENERGI INDONESIA

Andi Erwan Ariyanto¹, Chandrasa Soekardi¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail : Andiariyanto906@gmail.com

Abstrak-- Sebagai objek studi untuk tugas akhir/skripsi ini adalah mempelajari karakteristik performance PLTU yang beroperasi menggunakan bahan bakar batubara. Permasalahan yang dihadapi oleh PLTU tersebut adalah karakteristik batubara yang dipergunakannya tidak selalu sama pada periode pengoperasiannya sehingga nilai kalorinya berubah-ubah. Hal tersebut memberikan pengaruh terhadap kinerja Boiler secara khusus, dan terhadap performance PLTU secara keseluruhan. Dalam pengoperasiannya dipergunakan 3 jenis nilai kalori batubara, yaitu 3567 Kcal/Kg, 3750 Kcal/Kg dan 4086 Kcal/Kg. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh nilai kalori pada batubara terhadap efisiensi boiler CFB, nilai gross plant heat rate (GPHR), net plant heat rate (NPHR) dan specific fuel consumption (SFC) pada unit 1 PLTU PT MEI. Perhitungan efisiensi dilakukan dengan metode heatloss atau kerugian panas. Penelitian ini menghasilkan efisiensi boiler yang berbeda-beda. Nilai efisiensi boiler tertinggi adalah 82.54 % dengan kalori batubara 3823 kcal/kg. Konsumsi bahan bakar spesifik, NPHR dan GPHR juga dipengaruhi oleh nilai kalori. Dimana masing-masing nilainya yaitu GPHR 2794.6 kcal/kwh, NPHR 3175 kcal/kwh dan SFC nya adalah 0.73 kg/kwh.

Kata kunci: kalori batubara, efisiensi boiler, gross plant heat rate, net plant heat rate, specific fuel consumption.

Abstract-- As the object of study for this final project/thesis is to study the performance characteristics of PLTU operating using coal as fuel. The problem faced by the PLTU is that the characteristics of the coal used are not always the same during the period of operation so that the calorific value varies. This has an influence on the performance of the boiler in particular, and on the performance of the PLTU as a whole. In its operation, 3 types of coal calorific value are used, namely 3567 Kcal/Kg, 3750 Kcal/Kg and 4086 Kcal/Kg. This study aims to determine the effect of the calorific value of coal on the efficiency of the CFB boiler, the value of gross plant heat rate (GPHR), net plant heat rate (NPHR) and specific fuel consumption (SFC) in unit 1 PLTU PT MEI. Efficiency calculation is done by heat loss method or heat loss. This research resulted in different boiler efficiencies. The highest boiler efficiency value is 82.54% with 3823 kcal/kg coal calories. Specific fuel consumption, NPHR and GPHR are also affected by calorific value. Where each value is GPHR 2794.6 kcal/kwh, NPHR 3175 kcal/kwh and SFC is 0.73 kg/kwh.

Keywords: coal calories, boiler efficiency, gross factory heat rate, net factory heat rate, specific fuel consumption.

1. PENDAHULUAN

Sebagai objek studi untuk tugas akhir/skripsi ini adalah mempelajari karakteristik performance PLTU yang beroperasi menggunakan bahan bakar batubara. PLTU tersebut dioperasikan oleh sebuah perusahaan swasta PT MEI di Cilegon Banten. Permasalahan yang dihadapi oleh PLTU tersebut adalah karakteristik batubara yang dipergunakannya tidak selalu sama pada periode pengoperasiannya sehingga nilai kalorinya berubah-ubah. Hal tersebut memberikan pengaruh terhadap kinerja Boiler secara khusus, dan terhadap performance PLTU secara keseluruhan.

Dalam pembangkitan, biaya terbesar untuk mengoperasikan sebuah unit adalah biaya bahan

bakar sekitar 80% s/d 88% dari total biaya operasi, atas dasar tersebut penting untuk memahami aspek bahan bakar yang digunakan pada suatu unit pembangkit. Kualitas batubara yang dipakai akan mempengaruhi heat rate, specific fuel consumption dan efisiensi. Selain kualitas batubara pola beban pengoperasian pun berpengaruh terhadap heat rate, specific fuel consumption, biaya konsumsi bahan bakar dan efisiensi. Salah satu yang mempengaruhi nilai kualitas batubara adalah nilai kalori yang terkandung dalam batubara [7]. Nilai kandungan kalori tersebut yang digunakan oleh boiler untuk menghasilkan uap [1].

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Eldo Septiawan pada Unit 2 PLTU Ombilin disimpulkan bahwa nilai kandungan

batubara berpengaruh pada efisiensi boiler, semakin tinggi nilai kandungannya maka efisiensi boiler akan meningkat. Oleh karena itu, penulis ingin mengembangkan penelitian ini dengan menambahkan pengaruh nilai kalori batubara terhadap nilai gross plant heat rate (GPHR), net plant heat rate (NPHR) dan specific fuel consumption (SFC) pada unit 1 PLTU PT MEI. Digunakan 3 jenis nilai kalori batubara, yaitu 3501 Kcal/Kg, 3709 Kcal/Kg dan 4109 Kcal/Kg. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh nilai kalori pada batubara terhadap efisiensi boiler CFB, nilai gross plant heat rate (GPHR), net plant heat rate (NPHR) dan specific fuel consumption (SFC) pada unit 1 PLTU PT MEI.

Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis pengaruh nilai kalori bahan bakar batu bara terhadap :

1. Nilai Efisiensi boiler CFB,
2. Nilai gross plant heat rate (GPHR),
3. Nilai net plant heat rate (NPHR) dan
4. Nilai Specific fuel consumption (SFC) pada periode tertentu pengoperasian PLTU.

1.1 Heat Rate

Performance unit akan mulai menurun sesuai dengan pertambahan usianya. Performance yang baik akan dapat mengidentifikasi kerugian sebagai kerugian yang dapat dihitung. Overhaul dapat mengembalikan heat rate unit ke best achieveable, tetapi beberapa performance yang hilang secara ekonomis tidak dapat dipulihkan. Heat rate terbaik yang dapat dicapai merupakan nilai realistis yang pernah dicapai dan dapat tercapai kembali dengan biaya yang dapat diterima [1][5].

A.GPHR (Gross Power Heat Rate)

Gross Power Generation (EG) adalah daya yang dibangkitkan oleh suatu unit. Sedangkan Net Power Generation (EN) adalah daya yang dibangkitkan dikurang dengan daya pemakaian sendiri pada suatu pembangkit. Pemakaian sendiri tersebut digunakan untuk menggerakkan komponen listrik yang ada pada pembangkit sebelum daya yang dibangkitkan tersebut disalurkan ke gardu induk. Sehingga dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 [10].

$$GPHR = \frac{B \times GCV}{GGO} \tag{1}$$

B. NPHR (Net Plant Heat Rate)

NPHR (Net Plant Heat Rate) adalah Heat Rate unit pembangkit secara keseluruhan, dengan mengetahui nilai NPHR maka dapat diketahui

jumlah energi bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan daya 1 kWh [10]. Untuk menghitung nilai NPHR digunakan Persamaan 2.

$$NPHR = \frac{B \times HHV}{Net\ GGO} \tag{2}$$

- B = Jumlah bahan bakar (T/h)
- HHV = Nilai Kalori batubara(Kcal/kg)
- GGO = Gross GeneratorOutput(MWh)
- NetGGO=Gross Generator Output-UAT
- UAT = Pemakaian Listrik keperluan

C. Spesifik Fuel Consumption (SFC)

Berdasarkan standar perusahaan listrik negara (STPLN) No. 80 Tahun 1989 Spesifik Fuel consumption di dapat dengan menggunakan Persamaan 3.

$$SFC = \frac{Q_f}{Kwh\ Gross} \tag{3}$$

Qf = Jumlah bahan bakar (T/h)

D. Efisiensi Boiler

Di mana efisiensi adalah perbedaan antara kerugian dan input energi [4]. Dalam metode tidak langsung, efisiensi dapat diukur dengan mudah dengan mengukur semua kerugian yang terjadi di boiler menggunakan prinsip yang akan dijelaskan. Kerugian dari metode langsung dapat diatasi dengan metode ini, yang menghitung berbagai kehilangan panas yang terkait dengan boiler. Efisiensi dapat dicapai dengan mengurangi fraksi kehilangan panas dari 100. Keuntungan penting dari metode ini adalah bahwa kesalahan dalam pengukuran tidak membuat perubahan signifikan dalam efisiensi. Perhitungan efisiensi boiler dengan metode tidak langsung dapat dihitung menggunakan Persamaan 4 [3].

$$Efisiensi\ Boiler = 100 - (L1+ L2+ L3+ L4+L5+L6+L7+L8) \tag{4}$$

Total heat loss atau kerugian – kerugian pada proses pembakaran, meliputi kerugian panas yang disebabkan oleh:

- L1 = Gas cerobong yang kering
- L2 = Penguapan air yang terbentuk karena H2 dalam bahan bakar
- L3 = Penguapan kadar air dalam bahan bakar
- L4 = Adanya kadar air dalam udara pembakaran
- L5 = Karena pembakaran tidak sempurna
- L6 = Radiasi dan kehilangan lain yang tidak terhitung

L7 = Bahan bakar yang tidak terbakar dalam Bottom Ash
 L8 = Bahan bakar yang tidak terbakar dalam Fly Ash

Tahap – tahap yang harus dilakukan untuk perhitungan efisiensi boiler menggunakan metode heat loss dengan menggunakan Persamaan 5 [3]. Menghitung kebutuhan udara teoritis:

$$(O_2) t = (11,6 C) + ((34 \cdot 8(H_2 - \frac{O_2}{8})) + (4,35 S)) \quad (5)$$

C = % karbon / kg bahan bakar
 H = % hydrogen / kg bahan bakar
 O = % oksigen / kg bahan bakar
 S = % sulfur / kg bahan bakar

Menghitung persen kelebihan udara yang dipasok / Excess Air (EA) dengan Persamaan 6..

$$EA = \frac{O_2}{21-O_2} \times 100 \% \quad (6)$$

Menghitung masa udara yang sebenarnya yang dipasok / kg bahan bakar (AAS) dengan menggunakan Persamaan 7.

$$AAS = (1 + \frac{EA}{100}) \times \text{theoretical air} \quad (7)$$

Menghitung massa gas buang dengan menggunakan Persamaan 9, Persamaan 10, dan Persamaan 11.

$$M = \text{massa } CO_2 + \text{massa } N_2 \text{ fuel} + N_2 \text{ Udara pembakaran} + \text{massa } O_2 \text{ gas buang} \quad (8)$$

Dimana :

$$\text{massa } CO_2 = \frac{(\% C) \times 44}{100} \quad (9)$$

$$\text{massa } N_2 = \frac{AAS \times 77}{100} \quad (10)$$

$$\text{massa } O_2 = \frac{(AAS - (O_2) t) \times 23}{100} \quad (11)$$

Menghitung kerugian-kerugian panas (Heat Loss):

1. Menghitung Kerugian panas karena gas buang kering (L1), dengan menggunakan Persamaan 12.

$$L1 = \frac{m \times Cp \times (Tf - Ta)}{GCV \text{ batubara}} \times 100 \quad (12)$$

m = massa udara gas buang keering
 Cp = spesifik kalor dari gas buang
 Tf = Temperatur gas buang
 Ta = Suhu ruangan (°C)

2. Menghitung Kehilangan Panas akibat H₂ (L2), dengan menggunakan Persamaan 13.

$$L2 = \frac{9 \times H_2 \times (584 + Cp(Tf - Ta))}{GCV \text{ batubara}} \times 100 \quad (13)$$

Dimana :

H₂ = Kg dari hidrogen di bahan bakar
 584 = panas latent sesuai dengan tekanan parsial dalam uap

3. Menghitung kerugian panas karena moisture dalam bahan bakar(L3), dengan menggunakan Persamaan 14.

$$L3 = \frac{m \times (584 + Cp(Tf - Ta))}{GCV \text{ batubara}} \times 100 \quad (14)$$

Dimana :

m = massa kelembaman bahan bakar

4. Menghitung kehilangan panas akibat moisture di udara(L4), dengan menggunakan Persamaan 15.

$$L4 = \frac{AAS \times Humidity \times Cp(Tf - Ta)}{GCV \text{ batubara}} \times 100 \quad (15)$$

Dimana :

AAS = massa udara aktual yang disuplai dalam bahan bakar

Humidity = massa air yang terkandung dalam setiap kg udara kering.

5. Menghitung kerugian panas karena pembakaran tidak sempurna(L5), dengan menggunakan Persamaan 16 [3].

$$L5 = \frac{\% CO \times O}{\% CO + \% CO_2} \times \frac{5744}{GCV} \times 100 \quad (16)$$

Dimana :

CO = volume CO pada flue gas

CO₂ = volume CO₂ aktual pada flue gas

C = kadar karbon

6. Total kehilangan panas karena radiasi dan konveksi diasumsikan nilainya sesuai dengan data desain boiler yang digunakan pada unit 1 PLTU MEI diasumsikan berdasarkan tipe dan ukuran boiler

7. Menghitung kerugian panas karena bottom ash yang tidak terbakar (L7), dengan menggunakan Persamaan 17.

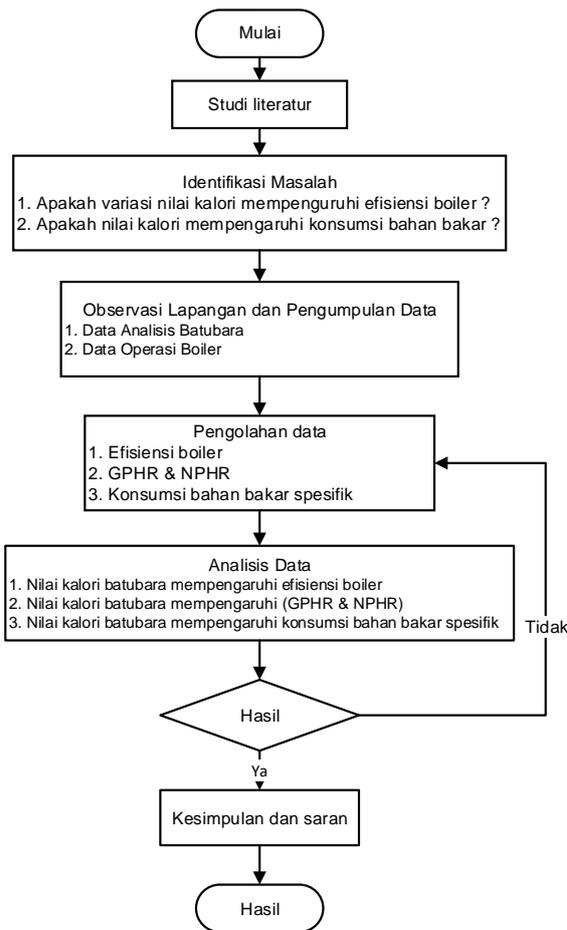
$$L7 = \frac{\text{Jumlah abu per kg bb terbakar} \times \text{HHV bottomash}}{GCV \text{ batubara}} \times 100 \quad (17)$$

8. Menghitung kerugian panas karena fly ash yang tidak terbakar (L8), dengan menggunakan Persamaan 18.

$$L8 = \frac{\text{Jumlah abu per kg bb terbakar} \times \text{HHV fly ash}}{GCV \text{ batubara}} \times 100 \quad (18)$$

2. METODE PENELITIAN

Secara garis besar penelitian ini digambarkan melalui diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data perhitungan ini merupakan data performance test di PT Merak Energi Indonesia yang digunakan untuk data perhitungan efisiensi Boiler, dengan beban 60 MW. Parameter batubara diambil pada Laboratorium Kimia, guna mendapatkan parameter unsur yang terdapat pada batubara dan data lainnya diperoleh dari control room.

Tabel 1. Data Operasi 3535 Kcal/Kg

No	Parameter	Unit	Beban 60 MW
1	Steam Flow	Kg/hr	247834
2	Steam Pressure	Kg/cm ² (a)	94.12
3	Steam Temperature	°C	532.08
4	Feed Water Temperature	°C	237.09
5	Feed Water Pressure	Kg/cm ² (a)	115.40
6	Steam Temperature At	°C	540.0

	Rh O/L Header		
7	Average Flue Gas Temperature	°C	152
8	Ambient Air Temperature	°C	28.93
9	Relative Humidity	%	78.29
10	% Co2 In Fluegas	%	16.635
11	% O2 In Flue Gas	%	3.495
12	Coal Flow	T/hr	52.4
13	% Co In Fluegas	%	0
14	Uat	MW	7.45

Tabel 2. Data Analisis Batu Bara 3535 Kcal/Kg

No	Parameter	Unit	Beban 60 MW
1	Gcv	Kcal/Kg	3535
2	Carbon Content	%	37.47
3	Hidrogen Content	%	232
4	Oksigen	%	13.71
5	Nitrogen Content	%	1.48
6	Sulfur	%	0.35
7	Ash Content	%	5.79
8	Moisture Content	%	38.88

Perhitungan efisiensi Dengan Metode Indirect:

a. Menghitung kebutuhan Udara teoritis (O₂)t

$$(O_2) t = (11,6C) + (34,8(H_2 - \frac{O_2}{8})) + (4,35S)$$

$$= (11,6 \times 0.3747) + (34,8(0.0232 - \frac{0.1371}{8})) + (4,35 \times 0.0035)$$

$$= 4.346 + 0.2109 + 0.0152$$

$$= 4.572 \text{ Kg/ Kg BB}$$

b. Menghitung persen kelebihan udara yang di pasok / Excess Air (EA),

$$EA = \frac{O_2}{21-O_2} \times 100 \%$$

$$= \frac{3.495}{21-3.495} \times 100 \%$$

$$= 19.96 \%$$

c. Menghitung udara yang sebenarnya di pasok / Kg bahan bakar (AAS)

$$AAS = (1 + \frac{EA}{100}) \times \text{theoretical air}$$

$$= (1 + \frac{19.96}{100}) \times 4.572$$

$$= 5.484 \text{ Kg/Kg bahan bakar}$$

d. Menghitung massa gas buang kering

m = massa CO₂ + massa N₂ fuel + massa N₂ udara pembakaran + massa O₂ gas buang
Dimana :

$$\begin{aligned} \text{Massa CO}_2 &= \frac{\% C \times 44}{\frac{12}{0.3747 \times 44}} \\ &= \frac{12}{12} \\ &= 1.37 \text{ Kg/Kg bahan bakar} \\ \text{Massa N}_2 \text{ udara pembakaran} &= \frac{\text{AAS} \times 77}{\frac{100}{5.484 \times 77}} \\ &= \frac{100}{100} \\ &= 4.22 \text{ Kg/Kg bahan bakar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa O}_2 \text{ gas buang} &= \frac{\text{AAS} \times (\text{O}_2 \text{ t}) \times 23}{\frac{100}{5.484 \times 4.572 \times 23}} \\ &= \frac{100}{100} \\ &= 5.76 \text{ Kg/Kg bahan bakar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= 1.37 \text{ kg} + 0.0148 \text{ kg} + 4.22 \text{ kg} + 5.76 \text{ kg} \\ &= 11.36 \text{ Kg/Kg bahan bakar} \end{aligned}$$

e. Menghitung kerugian-kerugian panas (Heat Loss)

1. Menghitung Kerugian panas karena gas buang kering (L1) dengan menggunakan persamaan 12.

Diketahui average flue gas temperature = 152 °C = 425 ° K

$$\begin{aligned} \frac{450 - 425}{27} &= \frac{1.020 - Cp}{1.020 - 1.013} \\ \frac{25}{27} &= \frac{0.007}{0.007} \end{aligned}$$

$$0.189 = 51 - 50 Cp$$

$$50 Cp = 51 - 0.189$$

$$50 Cp = 50.811$$

$$Cp = 1.0162 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{K} \times (0,239 \text{ Kcal/Kj})$$

$$Cp = 0.242 \text{ Kcal/Kg}$$

$$\begin{aligned} L1 &= \frac{m \times Cp \times (Tf - Ta)}{\frac{GCV \text{ batubara}}{3535 \text{ Kcal/Kg}}} \times 100 \\ &= \frac{11.36 \times 0.242 \times (425 - 301.93)}{3535} \times 100 \\ &= 9.5 \% \end{aligned}$$

2. Menghitung kerugian panas karena moisture dari pembakaran H₂ (Hydrogen) (L2) dengan menggunakan persamaan 13.

$$\begin{aligned} L2 &= \frac{9 \times H_2 \times (584 + Cp (Tf - Ta))}{GCV \text{ batubara}} \times 100 \\ &= \frac{9 \times 0.0232 \times (584 + 0.46 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} \text{K} (425^\circ \text{K} - 301.93^\circ \text{K}))}{3535 \text{ Kcal/Kg}} \times 100 \\ &= \frac{0.2088 (584 + 0.46 (123.07))}{3535} \times 100 \\ &= 3.78 \% \end{aligned}$$

Dimana :

H₂ = massa hidrogen dalam 1 kg Batubara

Cp = panas spesifik superheated steam (Kcal/kg°K)

Gcv = Gross calorific value (Kcal/Kg)

Tf = Temperature flue gas (°K)

Ta = Temperature ambient (°K)

9 = Konstanta

584 = Konstanta

Nilai Cp superheated steam didapat dari software steam property pada lampiran

Diketahui : Main Steam temperature = 532,08 °C = 805,08 °K

Main Steam pressure = 9.23 Mpa

Maka didapat nilai Cp = 0,46 Kcal/Kg°K

3. Menghitung kerugian panas karena moisture di batubara (L3) dengan menggunakan rumus 14.

$$\begin{aligned} L3 &= \frac{m \times (584 + Cp (Tf - Ta))}{\frac{GCV \text{ batubara}}{3535}} \times 100 \\ L3 &= \frac{0.3888 \times (584 + 0.46(425 - 301.93))}{3535} \times 100 \\ &= \frac{0.3888(584 + 0.46(120.7))}{3535 \text{ Kcal/Kg}} \times 100 \\ &= 7.03 \% \end{aligned}$$

m = massa moisture dalam 1 kg Batubara

Cp = panas spesifik superheated steam (Kcal/kg°K)

Gcv = Gross calorific value (Kcal/Kg)

Tf = Temperature flue gas (°K)

Ta = Temperature ambient (°K)

4. Menghitung kerugian panas karena moisture di udara

$$\begin{aligned} L4 &= \frac{\text{AAS} \times \text{Humidity} \times Cp (Tf - Ta)}{\frac{GCV \text{ batubara}}{3535}} \times 100 \\ &= \frac{5.484 \times 0.0177 \times 0.46 (425 - 301.93)}{3535} \times 100 \\ &= 0.15 \% \end{aligned}$$

5. Menghitung kerugian karena pembakaran yang tidak sempurna (L5)

Losses ini tidak dihitung karena memiliki keterbatasan data parameter % CO. Sehingga losses ini diabaikan.

6. Menghitung kerugian panas karena radiasi dan konveksi (L6)

Total kehilangan panas karena radiasi dan konveksi diasumsikan nilainya sesuai dengan data desain boiler yang digunakan pada PLTU MEI, diasumsikan berdasarkan tipe dan ukuran boiler.

$$L6 = 0.25 \%$$

7. Menghitung kehilangan panas karena karbon yang tidak terbakar dalam abu (L7) & (L8), menggunakan rumus (17) & (18)

- Bottom Ash yang Tidak Terbakar (L7)

$$L7 = \frac{0.3 \times 0.060 \times 0.25 \times (826 - 27.9)}{3535} \times 100$$

$$= 0.101 \%$$

- Fly Ash yang Tidak Terbakar (L8)

$$= \frac{0.7 \times 0.060 \times 0.2 \times (152-27.9)}{3535} \times 100$$

$$= 0.029 \%$$

- Menghitung efisiensi Boiler
 Efisiensi Boiler (η) = $100 - (L1+ L2+ L3+ L4+ L5+ L6+ L7+ L8)$
 $= 100 - (9.5+3.78+7.03+0.15+0+0.25+0.101+ 0.029)$
 $= 100 - 20.84$
 $= 79.16 \%$

Tabel 3. Data Operasi 3535 Kcal/Kg

No	Parameter	Uni t	Kalori Batubara (kcal/kg)		
			3535	3636	3823
1	Efisiensi Boiler= 100 - (L1+L2+L3 + L4+L5+L6+ L7+L8)	1	79.16	82.208	82.543

Perhitungan GPHR dan NPHR

GPHR dan NPHR dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

Perhitungan GPHR (Gross Plant Heat Rate) dan NPHR (Nett Plant Heat Rate) kalori batubara 3535 kcal/kg

$$B = 52.4 \text{ T/h} = 52.4 \times 1000 = 52.400 \text{ kg/h}$$

$$\text{Net GGO} = GGO - UAT$$

$$= 60000 - 7450$$

$$= 52.550 \text{ KW}$$

$$\text{GPHR (Gross Plant Heat Rate)} = (B \times GCV) / \text{GGO}$$

$$= (52.400 \times 3535) / 60.000$$

$$= 3.338,7 \text{ Kcal/Kwh}$$

Table 4. Hasil Perhitungan Gross Plant Heat Rate

GPHR (Gross Plant Heat Rate)				
Kalori Batubara (kcal/kg)	3535	3636	3823	
Nilai GPHR (Kcal/KWh)	3338.7	3012.4	2794.6	

$$\text{NPHR (Nett Plant Heat Rate)} = (B \times GCV) / (\text{Nett GGO})$$

$$= (52.400 \times 3535) / 52.550$$

$$= 3.524,9 \text{ Kcal/Kwh}$$

Table 5. Hasil Perhitungan Nett Plant Heat Rate

NPHR (Nett Plant Heat Rate)				
Kalori batubara (kcal/kg)	3535	3636	3823	
Nilai	35249	3417.38	3175.6	

NPHR (Kcal KWh)			
-----------------	--	--	--

Perhitungan SFC

$$\text{SFC} = \frac{Q_f}{\text{kwh gross}}$$

$$= \frac{52.400}{60.000}$$

$$= 0.87 \text{ Kg/Kwh}$$

Tabel 6. Hasil Perhitungan SFC

SFC (Specific Fuel Consumption)			
Kalori batubara (kcal/kg)	3535	3636	3823
Nilai SFC (Kg/KWh)	0.87	0.82	0.731

Analisis Efisiensi Boiler Dengan Metode Heatloss Nilai efisiensi boiler tertinggi adalah batubara dengan kalori 3823 kcal/kg yaitu 82.543 %, kemudian kalori batubara 3636 kcal/kg yaitu 82.208 % dan yang terkecil adalah kalori batubara 3535 kcal/kg yaitu sebesar 79.16 %. Perhitungan efisiensi boiler dengan metode heatloss lebih baik daripada metode direct karena perhitungan efisiensi boiler dengan metode heatloss menghitung secara lebih rinci.

Analisis GPHR

Nilai Gross Plant Heat Rate Tertinggi adalah batubara dengan kalori 3535 kcal/kg yaitu 3338.7 kcal/kwh, kemudian kalori batubara 3636 kcal/kg yaitu sebesar 3012.4 kcal/kwh dan nilai GPHR paling kecil adalah kalori batubara 3823 kcal/kg yaitu sebesar 2794.6 kcal/kwh. Nilai GPHR dipengaruhi oleh laju aliran batubara dan nilai kalori batubara. Semakin tinggi nilai kedua parameter tersebut maka semakin tinggi nilai GPHR. Coal flow kalori batubara 3535 kcal/kg adalah 52.4 T/H, kalori batubara 3636 kcal/kg adalah 49.71 T/H dan kalori batubara 3823 kcal/kg adalah 43.86 T/H.

Analisis NPHR

Nilai Nett Plant Heat Rate Tertinggi adalah batubara dengan kalori 3535 kcal/kg yaitu 3524.9 kcal/kwh, kemudian kalori batubara 3636 kcal/kg yaitu sebesar 3417.38 kcal/kwh dan nilai NPHR paling kecil adalah kalori batubara 3823 kcal/kg yaitu sebesar 3175.6 kcal/kwh. Nilai NPHR dipengaruhi oleh nilai kalori batubara dan laju aliran batubara. Semakin tinggi nilai kedua parameter tersebut maka semakin tinggi nilai GPHR. Coal flow kalori batubara 3535 kcal/kg adalah 52.4 T/H, kalori batubara 3636 kcal/kg adalah 49.71 T/H dan kalori batubara 3823 kcal/kg adalah 43.86 T/H.

Analisis SFC

Nilai Specific Fuel Consumption tertinggi adalah batubara dengan kalori 3535 kcal/kg yaitu 0.87 kg/kwh, kemudian kalori batubara 3636 kcal/kg yaitu sebesar 0.82 kg/kwh dan nilai SFC paling kecil adalah kalori batubara 3823 kcal/kg yaitu sebesar 0.731 kg/kwh. Nilai SFC dipengaruhi oleh laju aliran batubara. Semakin tinggi nilai parameter tersebut maka semakin tinggi nilai SFC nya. Coal flow kalori batubara 3535 kcal/kg adalah 52.4 T/H, kalori batubara 3636 kcal/kg adalah 49.71 T/H dan kalori batubara 3823 kcal/kg adalah 43.86 T/H.

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai kalori batubara mempengaruhi perubahan nilai efisiensi boiler. Semakin tinggi nilai kalori batubara maka semakin tinggi nilai efisiensi boiler nya.
2. Nilai Gross Plant Heat Rate dipengaruhi oleh laju aliran batubara (coal flow) dan nilai kalori batubara (GCV). Semakin tinggi nilai kedua parameter ini maka semakin tinggi nilai GPHRnya. batubara dengan kalori 3535 kcal/kg yaitu 3338.7 kcal/kwh, kemudian kalori batubara 3636 kcal/kg yaitu sebesar 3012.4 kcal/kwh dan nilai GPHR paling kecil adalah kalori batubara 3823 kcal/kg yaitu sebesar 2794.6 kcal/kwh. Coal flow kalori batubara 3535 kcal/kg adalah 52.4 T/H, kalori batubara 3636 kcal/kg adalah 49.71 T/H dan kalori batubara 3823 kcal/kg adalah 43.86 T/H.
3. Nilai Nett Plant Heat Rate juga dipengaruhi oleh laju aliran batubara (coal flow) dan nilai kalori batubara (GCV). Semakin tinggi nilai kedua parameter ini maka semakin tinggi nilai NPHRnya. Nett Plant Heat Rate Tertinggi adalah batubara dengan kalori 3535 kcal/kg yaitu 3524.9 kcal/kwh, kemudian kalori batubara 3636 kcal/kg yaitu sebesar 3417.38 kcal/kwh dan nilai NPHR paling kecil adalah kalori batubara 3823 kcal/kg yaitu sebesar 3175.6 kcal/kwh. Coal flow kalori batubara 3535 kcal/kg adalah 52.4 T/H, kalori batubara 3636 kcal/kg adalah 49.71 T/H dan kalori batubara 3823 kcal/kg adalah 43.86 T/H.
4. Nilai SFC dipengaruhi oleh laju aliran batubara. Semakin tinggi nilai parameter tersebut maka semakin tinggi nilai SFC nya. Coal flow kalori batubara 3535 kcal/kg adalah 52.4 T/H, kalori batubara 3636 kcal/kg adalah 49.71 T/H dan kalori batubara 3823 kcal/kg adalah 43.86 T/H. Selain itu

semakin tinggi nilai kalori batubara maka semakin rendah nilai SFC nya begitu juga sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syahputera, Iqbal Muhammad, Dianta Mustofa Kamal, and Arifia Ekayuliana. 2018. "Analisis Pengaruh Nilai Kalori Batubara Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Biaya Produksi Listrik." *Seminar Nasional Teknik Mesin*: 474–83. http://semnas.mesin.pnj.ac.id/prosiding/2018_pdf/A054.pdf.
- [2] M. M. El-Wakil : Instalasi Pembangkit Daya, Erlangga, Jakarta, 1992.
- [3] M.Raut, S., Kumbhare, S. B., & Thakur, K. C. (2014). Energy Performance Assessment of Boiler at P.S.S.K. Ltd, Basmathnagar, Maharashtra State. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 4(12), <https://doi.org/10.5507/fot.2011.009>
- [4] Nagar, V. (2013). Boiler Efficiency Improvement through Analysis of Losses. *International Journal for Scientific Research & Development*, 1(3), 801–805
- [5] Dirgantara, A. B., & Hamda, A. (2018). ANALISIS PENGARUH BLENDING BATUBARA TERHADAP NILAI EFISIENSI BOILER DI UNIT 3 PLTU SURALAYA. xx(2).
- [6] Operation & maintenance manual, PT Merak Energi Indonesia, 2013.
- [7] Speight, James G, 1994, *The Chemistry and Technology of Coal*, Marcel Dekker, Inc. New York, page. 569
- [8] Pelumas, M., Melalui, B., Upgrading, P., Coal, B., & Putri, R. Z. (2016).
- [9] Peningkatan Kualitas Batubara Low Calorie Menggunakan. *Jurnal Bina Tambang*, 5(2), 208–217.
- [10] Kurniawan, Bagas. 2018. "ANALISIS PENGARUH NILAI KALORI BATUBARA TERHADAP EFISIENSI BOILER UNIT 1 PLTU OMBILIN." xx(xx).
- [11] Muzaki, I., & Mursadin, A. (2019). ANALISIS EFISIENSI BOILER DENGAN METODE INPUT– OUTPUT DI PT. JAPFA COMFEED INDONESIA Tbk.
- [12] Suprpto, S. (2009). Blending Batubara untuk pembangkit listrik - studi kasus PLTU Suralaya unit 1 - 4. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, Vol. 5(13), 31–39.
- [13] Wahyono, & Teguh, H. (2015). Penggunaan mix coal terhadap efisiensi pembangkit dan biaya produksi listrik (bpl) di pltu tanjung jati b unit 3. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, 11(2), 53–60.

- [14] Usman. (2012). Pengendalian Kualitas Batubara Dengan Sistem Pencampuran Pada Pt. Bukit Baiduri Energi Site Merandai Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. Universitas 17 Agustus 1945, Samarinda.
- [15] Bono, Wahyono, and Muhamad Burhani S. 2017. "Analisis Konsumsi Batubara Spesifik Ditinjau Dari Nilai Kalor Batubara Dan Perubahan Beban Di PLTU Tanjung Jati B Unit 2." EKSERGI Jurnal Teknik Energi 13(2): 50–53.