

Analisis Pengaruh Perbedaan Nilai HHV (*High Heating Value*) Batubara terhadap Gas Hasil Pembakaran pada *Boiler*

Agus Sukandi^{1,a)}, Muhamad Idris Solahuddin^{2,b)}, M. Kurniadi Rasyid^{3,c)}

¹Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta,
Jalan Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok, 16424

^{2,3}Dosen Tetap Program Studi Teknik Mesin ITI,
Jalan Raya Puspitek Serpong, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia, 15320

^{a)}agus.sukandi@mesin.pnj.ac.id, ^{b)}idrisolahuddin@gmail.com, ^{c)}kurniadirasyid@gmail.com

Abstrak

Ketel uap atau *boiler* merupakan salah satu komponen utama didalam PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). Bahan bakar yang biasa digunakan oleh *boiler* adalah batubara dimana batubara memiliki spesifikasi yang berbeda-beda terutama dalam perbedaan nilai HHV (*High heating value*) atau yang lebih dikenal dengan nilai kalor tinggi batubara. Nilai kalori batubara tersebut mempengaruhi gas hasil pembakaran yang terbentuk didalam *boiler*, oleh sebab itu penelitian ini adalah tentang analisis pengaruh perbedaan batubara terhadap gas hasil pembakaran pada *boiler* dengan menggunakan standar ASME (*American Society of Mechanical Engineer*) PTC 4.1 *BTU Method*. Hasil yang diperoleh dari penelitian yakni penggunaan batubara dengan nilai kalori 6780 kcal/kg lebih banyak menghasilkan gas yaitu sebesar 11,36 lb/10.000 BTU dibandingkan dengan batubara yang lebih besar nilai kalorinya yaitu 8814 kcal/kg yang hanya menghasilkan 9,96 lb/10.000 BTU.

Kata kunci: *Boiler*, batubara, ASME PTC 4.1 *BTU Method*

Abstract

Steam boiler is one of the main components in Steam Power Plant. The general fuel used by boiler is coal which has different specification especially the difference of HHV (High Heating Value) or known as high coal calorie value. The coal calorie value influent the gas combustion in the boiler. This research is about analyzing the influence of the different coal toward gas combustion in the boiler with ASME (American Society of Mechanical Engineer) PTC 4.1 BTU Method. This research yield that coal with the calorific value of 6780 kcal/kg produces more gas which is 11.36 lb/10.000 BTU compared to coal with greater calorific value which is 8814 kcal/kg which produces only 9.96 lb/10,000 BTU.

Keywords: Boiler, coal, ASME PTC 4.1 BTU Method

I. PENDAHULUAN

Salah satu bahan bakar dari boiler adalah batubara dimana batubara memiliki jenis-jenis yang beragam. Keberagaman jenis-jenis batubara ini diklasifikasikan menurut kandungan setiap unsur yang terdapat pada batubara serta nilai HHV (*High Heating Value*). Unsur-unsur yang terdapat pada batubara yaitu karbon, sulfur, hidrogen, air, nitrogen, oksigen, serta *ash*. Batubara tidak semuanya dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk Boiler berdasar nilai HHV (*High Heating Value*) yang selalu menjadi pertimbangan. Jika nilai HHV (*High Heating Value*) nya rendah maka akan menghasilkan panas yang relatif rendah setelah terjadi pembakaran sehingga mempengaruhi performa dari boiler itu sendiri.

Dalam perhitungan ASME (*American Standard of Mechanical Engineering*) PTC 4 spesifikasi batubara merupakan salah satu hal penting untuk menentukan performa boiler. Salah satu cara perhitungannya adalah

menggunakan *BTU Method* yang mengukur performa boiler pada setiap unsur-unsur yang terdapat pada Batubara serta nilai HHV (*High Heating Value*). Setiap unsur yang terdapat pada batubara dihitung dan dianalisis pada saat sebelum terjadi pembakaran serta setelah terjadi pembakaran untuk diamati sejauh mana hasil pembakaran tersebut dapat berubah menjadi panas yang akan digunakan untuk merubah air menjadi fasa uap.

Salah satu tahap perhitungan untuk performa *boiler* adalah perhitungan gas hasil pembakaran. Analisis ini bertujuan untuk menghitung berapa banyak gas yang dihasilkan setelah proses pembakaran dengan acuan 10.000 BTU batubara yang dibakar didalam *boiler*. Oleh sebab itu tujuan dari penelitian ini adalah menghitung serta menganalisis perbedaan jenis batubara terhadap gas hasil pembakaran yang dihasilkan didalam *boiler*.

II. TEORI DASAR

Proses pembangkitan listrik pada PLTU dihasilkan dari pembakaran batubara pada ruang bakar (*furnace*) didalam boiler yang menghasilkan energi panas berupa gas hasil pembakaran. Energi panas dari gas hasil pembakaran inilah yang dimanfaatkan untuk mengubah air pengisi boiler menjadi uap bertekanan tinggi. Uap bertekanan tinggi ini kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin yang dikopel dengan generator sehingga generator ikut berputar dan menghasilkan listrik. Proses produksi listrik pada sebuah PLTU umumnya mempunyai 5 siklus utama, yakni siklus air pengisi boiler, siklus uap, siklus batubara, sistem bahan bakar minyak, dan siklus udara pembakar [1].

Pada PLTU terdapat ketel uap (*boiler*). Efisiensi ketel uap dinyatakan sebagai perbandingan panas sebenarnya yang digunakan untuk memanaskan air dan pembentukan uap terhadap panas hasil pembakaran bahan bakar [2].

Batubara adalah sisa tumbuhan dari jaman prasejarah yang berubah bentuk yang awalnya berakumulasi di rawa dan lahan gambut. Penimbunan lanau dan sedimen lainnya, bersama dengan pergeseran kerak bumi (dikenal sebagai pergeseran tektonik) mengubur rawa dan gambut yang seringkali sampai ke kedalaman yang sangat dalam. Dengan penimbunan tersebut, material tumbuhan tersebut terkena suhu dan tekanan yang tinggi. Suhu dan tekanan yang tinggi tersebut menyebabkan tumbuhan tersebut mengalami proses perubahan fisika dan kimiawi dan mengubah tumbuhan tersebut menjadi gambut dan kemudian batu bara [3].

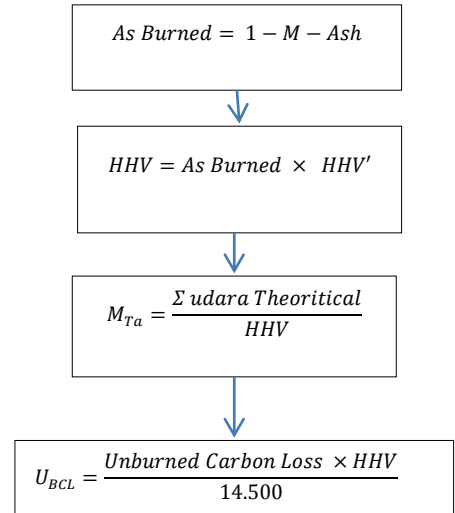
Kete luap (*boiler*) adalah sebuah alat untuk menghasilkan uap, yang terdiri atas dua bagian penting yaitu dapur pemanasan untuk menghasilkan panas yang didapat dari pembakaran bahan bakar dan *boiler proper* untuk mengubah air menjadi uap [4].

Pembakaran adalah reaksi kimia yang cepat antara oksigen dan bahan yang dapat terbakar yang menghasilkan kalor [5]. Pembakaran yang sempurna akan dapat mengubah seluruh energi yang memungkinkan pada bahan bakar. Akan tetapi pada kenyataannya pembakaran sempurna dengan efisiensi 100% sangat sulit tercapai akibat kerugian (*loss*) pada instrumen pendukung [6].

Menurut ASME PTC 4.1 BTU Method dalam menghitung gas hasil pembakaran untuk *boiler* digunakan tahapan-tahapan serta persamaan sebagai berikut:

1. Analisis batubara

Analisis batubara bertujuan untuk menghitung seberapa besar nilai HHV sebenarnya serta kebutuhan udara yang dibutuhkan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir perhitungan analisis batubara

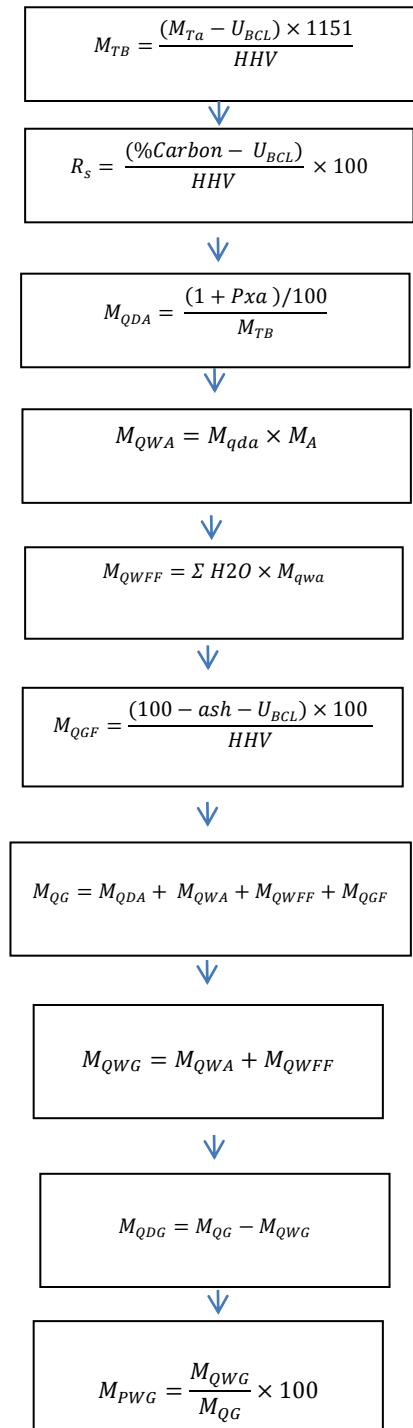
Keterangan:

M	: Kandungan <i>moisture</i> pada batubara
Ash	: Kandungan abu pada batubara
HHV	: Nilai kalor sebenarnya yang terkandung pada batubara
HHV'	: Nilai kalor batubara
$\Sigma \text{UdaraTheoretical}$: Jumlah massa udara yang dibutuhkan
M_{Ta}	: Nilai Massa Udara <i>Theoretical</i>
U_{BCL}	: Nilai Karbon yang tidak terbakar

Gambar 1 merupakan persamaan-persamaan yang digunakan untuk menganalisis batubara sesuai dengan standar ASME PTC 4.1.

2. Analisis Gas Hasil Pembakaran

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menghitung analisis ini seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir perhitungan gas hasil pembakaran

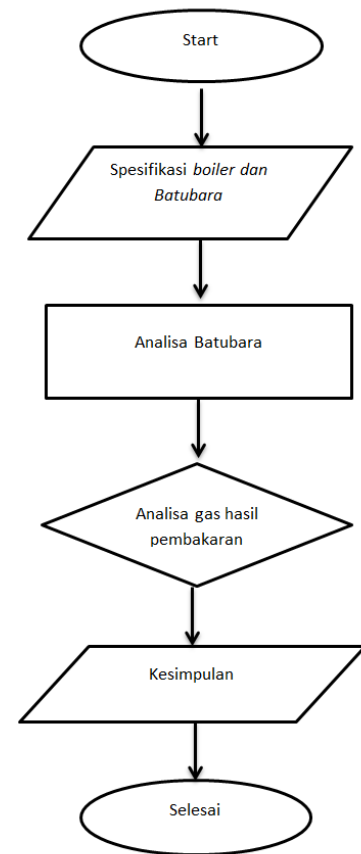
Keterangan:

- M_{TB} : nilai udara *theoretical*
 R_s : residu pada bahan bakar
 $\%Carbon$: nilai kandungan karbon pada batubara

- M_{qda} : massa *dry air*
 Pxa : persentasi dari nilai *excess air*
 M_{qwa} : nilai kadar air pada udara
 M_A : nilai kelembaban pada udara
 M_{qwoff} : nilai kadar air dari batubara
 ΣH_2O : jumlah kandungan air dalam batubara
 M_{qgf} : nilai *wet gases* dari batubara
 ash : nilai kandungan abu pada batubara

III. METODOLOGI

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Gambar 3 menunjukkan diagram alir tahapan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini, dimana data yang dibutuhkan untuk analisis ini adalah data spesifikasi *boiler* serta batubara yang kemudian di analisis sesuai dengan standar dari ASME PTC 4.1 BTU method.

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah mendapatkan nilai spesifikasi dari *boiler* dan juga spesifikasi batubara yang akan di gunakan sebagai bahan bakar yang memiliki nilai HHV berbeda yang digunakan untuk *boiler*. Adapun spesifikasi boiler untuk perhitungan ASME PTC 4.1 yaitu boiler yang terdapat disalah satu PLTU X. Spesifikasi boiler diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi boiler di PLTU X

<i>Input Conditions - Specification Or Boiler Design</i>		
1	<i>Excess air</i>	30/30/30
2	<i>Entering air temperature, F</i>	81
3	<i>Refrence temperature, F (tRA = 77 for PTC 4)</i>	80
4	<i>Fuel temperature, F</i>	81
5	<i>Air temperature leaving air heater, F</i>	262.4
6	<i>Flue gas temperatur leaving (excluding leakage), F</i>	332.6
7	<i>Moisture in air, lb/lb dry air</i>	0.0175
8	<i>Additional moisture, lb/100 lb fuel</i>	0
9	<i>Residu leaving boiler/econ/entering AH, % Total</i>	82
10	<i>Output steam generator, 1,000,000 BTU/h</i>	99.98

Adapun spesifikasi batubara yakni menggunakan 2 jenis batubara yang memiliki nilai HHV berbeda seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi batubara jenis 1

Batu bara I		
No	Unsur	Jumlah berat (%)
1	C	38.73
2	S	0.19
3	H2	3.55
4	H2O	36.00
5	N2	15.72
6	O2	0.80
7	ash	5.00
Note :	M (36%); V (30,5%); Fc (28,5%) HHV = 6780 kcal/kg	

Tabel 2 menunjukkan spesifikasi batubara yang memiliki nilai HHV sebesar 6780 kcal/kg. Adapun batubara yang dijadikan sebagai pembandingan dengan nilai HHV lebih besar yaitu 8814 kcal/kg seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi batubara jenis 2

Batu bara II		
No	Unsur	Jumlah berat (%)
1	C	46.73
2	S	0.19
3	H2	3.55
4	H2O	30.00

5	N2	13.73
6	O2	0.80
7	ash	5.00

Note : M (36%); V (30,5%); Fc (28,5%)
HHV = 8814 kcal/kg

Tahap kedua adalah melakukan analisis yang sesuai dengan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan sebelumnya yaitu analisis bahan bakar serta analisis hasil gas pembakaran.

Tahap ketiga adalah menganalisis hasil-hasil perhitungan yang telah didapatkan lalu dilakukan pengamatan untuk melihat sejauh mana nilai HHV berpengaruh terhadap gas hasil pembakaran pada *boile*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perhitungan Bahan Bakar

Setelah dilakukan perhitungan sesuai standar ASME PTC 4.1 seperti yang yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya maka didapatkan nilai-nilai untuk analisis bahan bakar seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan bahan bakar

Hasil Perhitungan Bahan Bakar				
No	Jenis Analisis	Batubara jenis 1	Batubara jenis 2	satuan
1	<i>As Burned</i>	0.59	0.59	
2	HHV	7201.38	9361.20	BTU/lb
3	Massa udara untuk pembakaran	7.85	7.02	lb/10.000 BTU
4	<i>Unburned carbon loss</i>	1.49	1.94	%

B. Hasil Perhitungan Gas Hasil Pembakaran

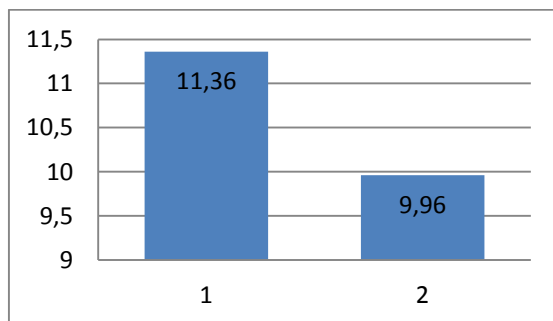
Berdasar perhitungan yang telah dilakukan sesuai dengan standar ASME PTC 4.1, maka didapatkan nilai-nilai gas hasil pembakaran untuk kedua jenis batubara, seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil perhitungan gas hasil pembakaran

Hasil perhitungan Gas Hasil Pembakaran			
No	Jenis Analisis Gas	Batubara jenis 1 (lb/10.000 BTU)	Batubara jenis 2 (lb/10000 BTU)
1	Massa udara untuk pembakaran	7.68	6.779
2	<i>Residue</i>	0.092	0.0741
3	<i>Dry air</i>	9.89	8.81
4	Kadar air pada udara	0.17	0.15
5	Kadar air pada batubara	0.94	0.66
6	Gas basah dari batubara	1.3	0.99
7	Total gas basah	11.36	9.96
8	massa air didalam gas basah	1.11	0.81
9	Massa gas kering	10.25	9.15

C. Analisis Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan yang didapatkan, terjadi pengaruh anatara perbedaan batubara yang memiliki nilai HHV rendah dan juga tinggi terhadap hasil gas pembakaran yang akan terbentuk setelah proses pembakaran. *Boiler* yang menggunakan batubara yang memiliki nilai HHV lebih tinggi cenderung lebih sedikit menghasilkan gas yang berupa campuran antara gas kering dengan gas basah, sementara *Boiler* yang menggunakan bahan batubara yang memiliki nilai HHV lebih rendah lebih banyak menghasilkan gas, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

**Gambar 4.** Grafik Batubara vs Total Gas Basah

Gambar 4 menunjukkan perbedaan HHV terhadap gas hasil pembakaran, dimana batubara yang memiliki nilai HHV rendah yaitu 6780 kcal/kg menghasilkan gas hasil pembakaran sebanyak 11,36 lb/10.000 BTU, yang artinya apabila batubara dibakar didalam *boiler* maka akan menghasilkan 11,36 lb gas untuk setiap 10.000 BTU yang dihasilkan. Sementara penggunaan batubara yang memiliki nilai HHV lebih tinggi yaitu 8814

kcal/kg hanya menghasilkan gas hasil pembakaran sebesar 9,96 lb setiap 10.000 BTU energi yang di hasilkan dari proses pembakaran di dalam *boiler*.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan Batubara dengan nilai kalori 6780 kcal/kg menghasilkan gas hasil pembakaran sebesar 11,36 lb/10.000 BTU
2. Penggunaan batubara dengan nilai kalori 8814 menghasilkan gas hasil pembakaran sebesar 9,96 lb/10.000 BTU
3. Bahwa nilai HHV pada batubara dapat mempengaruhi gas-gas hasil pembakaran baik itu gas yang bersifat kering maupun gas basah.
4. Semakin tinggi nilai HHV pada batubara yang digunakan untuk bahan bakar *boiler* maka gas hasil pembakaran atau emisi yang dihasilkan semakin sedikit.

REFERENSI

- [1] Budhi Prasetyo Sahid, *Heat Rate* Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton Baru (Unit 9) Berdasarkan *Performance Test* Setiap Bulan dengan Beban 100%. *Jurnal Teknik Energi*, vol. 12 no. 2, Mei 2016.
- [2] C. A. Basuki, Ir. A. Nugroho, dan Ir. B. Winardi, Analisis Konsumsi Bahan Bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan Menggunakan Metode Least Square, *Tugas Akhir*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2008.
- [3] Yesaya Timotius Sinambela; Studi Operasional Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Embalut 2x25 MW di Desa Tanjung Batu, Tenggara Seberang Kalimantan Timur, dan Pengaruhnya Terhadap Tarif Listrik Regional Kalimantan Timur, *Jurnal ITS Undergraduated*, 2009.
- [4] Yolanda Pravitasari, Analisis Efisiensi Boiler Menggunakan Metode Langsung, *Prisma Fisika*, vol. V, no. 01, 2017.
- [5] W.S. Winanti, T. Prayudi, Perhitungan Efisiensi Boiler pada Industri -Industri Tepung Terigu, *Jurnal Teknik Lingkungan*, edisi khusus, 2006.
- [6] A. N. Ristyanto, J. Windarto, dan S. Handoko, Simulator Perhitungan Efisiensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Rembang. *Seminar Kerja Praktek Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro*, Semarang, 2013, http://elektro.undip.ac.id/el_kpta/wp-content/uploads/2012/05/L2F607008_MTA.pdf