

PEMBUATAN BRIKET DARI BOTTOM ASH DAN ARANG TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

Stevie Erga Anetiesia^{*)}, Syafrudin <sup>**) , Badrus Zaman ^{**})
email: stevierga@gmail.com</sup>

ABSTRACT

Limited availability of energy resources, especially fuel unrenewable become a serious threat to society. The use of coal as an energy source replacement for fossil fuels is very beneficial, but on the other side can cause problems such as coal ash. Coal ash is composed of bottom ash (bottom ash).

Through research, it is known that the bottom ash can be processed into charcoal, when mixed with coconut shell, plus a binder and further processing can be made into briquettes. It can be used as an alternative fuel, bottom ash and coconut shell can give positive impact for the environment.

This study was conducted with a variety of compositions between bottom ash and coconut shell charcoal. The treatment uses ratio of 100%: 0%; 80%: 20%; 60%: 40%; 50%: 50%; 40%: 60%; 20%: 80%; 0%: 100%. The results showed that the optimum variation of briquettes is a variation of 20% bottom ash and 80% coconut shell charcoal, this briquettes has a water content of 3.45%, ash content of 17.32%, calorific value of 7945.72 cal/g, compressive strength of 2.18 kg/cm², CO 105 mg/Nm³, Cu 29.83 mg/l ($745,6 \times 10^3$ µg/g) and Zn 32.99 mg/l ($824,8 \times 10^3$ µg/g). The result of the briquettes characteristics test showed that with increasing amounts of coconut shell charcoal can increase the moisture content and calorific value, and be able to lower ash content and compressive strength.

Keywords: bottom ash, coconut shell charcoal, briquettes, alternative fuels

PENDAHULUAN

Dewasa ini seiring dengan perkembangan ekonomi, ketergantungan terhadap sumber energi berupa bahan bakar fosil terus meningkat. Tidak hanya negara maju saja, tetapi hampir semua negara mengalaminya. Salah satunya adalah Indonesia, meskipun terkena dampak krisis ekonomi, tetap mengalami peningkatan konsumsi energi. Diperkirakan cadangan minyak bumi yang ada di Indonesia akan habis. Perkiraan ini dibuktikan dengan sering terjadinya kelangkaan BBM di beberapa daerah yang ada di Indonesia. Banyak industri yang telah menggunakan batubara sebagai sumber tenaga pada unit boiler karena langka dan mahalnya bahan bakar minyak. Salah satunya adalah industri tekstil di Semarang yang telah menggunakan batubara sebagai pengganti minyak dengan jumlah batubara sebanyak 20 ton/hari. Dari penggunaan batubara tersebut,

dihasilkan sisa abu batubara sebanyak 1,6 ton/hari. Abu batubara terdiri dari abu bawah (bottom ash) dan abu terbang (fly ash) (Munir, 2008).

Pada penelitian ini digunakan *bottom ash* sebagai obyek pemanfaatan. Dilihat dari karakteristiknya, *bottom ash* memiliki morfologi yang dicirikan dengan ukuran dan permukaan partikel yang relatif kasar serta geometri partikel yang tidak beraturan. Dilihat dari tingginya nilai kalor *bottom ash*, pemanfaatan *bottom ash* dengan cara pembakaran ulang limbah tersebut dapat dipandang sebagai alternatif yang perlu ditinjau dalam upaya peningkatan efisiensi penggunaan energi. Proses pengolahan yang dilakukan sebelum *bottom ash* dibakar adalah dengan pembuatan briket yang terdiri dari campuran *bottom ash* dan biomassa. Dalam penelitian ini digunakan biomassa berupa tempurung kelapa. Tempurung kelapa adalah

^{*)} Mahasiswa teknik Lingkungan FT UNDIP

^{**) Dosen Pembimbing Tugas Akhir Teknik Lingkungan FT UNDIP}

salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui dan belum termanfaatkan secara optimal. Bahan sisa hasil pertanian seperti tempurung kelapa bisa digunakan sebagai sumber alternatif bahan bakar berupa briket karena memiliki nilai kalor sebesar 5.780 kal/g (Jamilatun, 2008). Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan bahan baku berupa *bottom ash* dan tempurung kelapa dengan tujuan agar mendapatkan bahan bakar pengganti yang efisien dan ekonomis. Selain itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk meminimalkan jumlah limbah *bottom ash* dengan cara memanfaatkannya kembali dan juga mendapatkan rasio campuran briket *bottom ash* dan arang tempurung kelapa yang memiliki nilai optimum.

METODOLOGI

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya tungku pengarangan (kiln), alu/blender, ayakan, pencetak briket, oven, neraca analitik, cawan porselin, kaca arloji, erlenmeyer, gelas ukur, toples plastik 7 buah, *Bomb Kalorimeter*, desikator dan lain-lain. Bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya *bottom ash*, tempurung kelapa, tepung kanji, dan air.

B. Prosedur Penelitian

Prosedur kerja pada penelitian ini meliputi pengeringan bahan baku, karbonisasi, penggilingan dan pengayakan, pencampuran bahan perekat, pencetakan, pengeringan dan penentuan mutu briket yang meliputi kadar air, kadar abu, kuat tekan, dan nilai kalor. Adapun prosedur kerja dari masing-masing tahapan tersebut dapat diterangkan sebagai berikut:

1. Pengeringan Bahan Baku

Pada proses ini tempurung kelapa dibersihkan terlebih dahulu dari bahan pengotor seperti serabut-serabut, tanah dan kotoran-kotoran lain yang menempel pada tempurung. Selanjutnya tempurung dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil untuk memudahkan pada saat proses pengarangan. Tempurung kemudian dikeringkan di bawah

sinar matahari selama 2 hari untuk mengurangi kandungan air tempurung tersebut.

2. Karbonisasi

Tempurung kelapa yang sudah kering, diarangkan dengan menggunakan kiln drum. Sebelum tempurung kelapa dimasukkan ke drum terlebih dahulu pada bagian bawah drum diletakkan sabut kelapa sebagai umpan, selanjutnya sabut kelapa dibakar hingga bahan baku terbakar dan menyala. Penutup drum bagian bawah ditutup sedangkan penutup pada bagian atas dibiarkan terbuka.

Pada saat asap yang ditimbulkan dari proses pembakaran mulai menipis dan tempurung telah menjadi bara maka penutup drum pada bagian atas ditutup. Pembakaran selesai yang ditandai dengan asap yang keluar mulai menipis. Selanjutnya arang didinginkan selama 1 jam dan dilakukan penyortiran dengan memisahkan antara arang yang berwarna hitam dengan arang yang telah membentuk abu maupun arang yang belum terbentuk sempurna.

3. Penggilingan dan Pengayakan

Arang yang telah terbentuk pada proses karbonisasi selanjutnya dihaluskan dengan menggunakan alu/blender dan diayak sehingga diperoleh serbuk arang dengan ukuran lolos 50 mesh.

4. Pencampuran dengan Bahan Baku

Perekat kanji dibuat dengan cara memasak tepung kanji dengan air pada suhu 150°C sampai membentuk gel. Perekat kanji yang telah terbentuk selanjutnya dicampur dengan serbuk arang secara merata hingga membentuk adonan. *Bottom ash* dan tempurung kelapa dicampurkan hingga rata dengan rasio 100%:0% ; 80%:20% ; 60%:40% ; 50%:50% ; 40%:60% ; 20%:80% ; 0%:100% serta perekat berupa tepung kanji dengan variasi tetap yaitu 5% dari jumlah keseluruhan bahan.

5. Pencetakan

Hasil adonan briket diletakkan pada cetakan berbentuk silinder dengan diameter 1 inch dan tinggi 5 cm kemudian dipadatkan dengan alat pengepres.

6. Pengeringan

Briket arang yang dihasilkan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 4 jam, hal ini bertujuan untuk menurunkan nilai kadar air yang terdapat di dalam briket. Briket yang telah dikeringkan dikemas dalam kantong plastik dan ditutup rapat untuk menjaga agar briket tetap dalam keadaan kering.

7. Penentuan Mutu Briket

a. Kadar Air

Penentuan kadar air dilakukan dengan menggunakan *moisture meter*.

b. Kadar Abu

Kadar abu dapat ditentukan dengan cara menimbang residu (sisa) pembakaran sempurna dari sampel. Kadar abu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

Keterangan :

A = berat cawan dan abu (gr)

B = berat cawan kosong (gr)

C = berat sampel (gr)

c. Kuat Tekan

Prinsip pengujian kuat tekan adalah dengan mengukur kekuatan briket dengan memberikan penekanan sampai briket pecah, penentuan kuat tekan ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

Keterangan :

K_t = Beban Kuat Tekan (kg/cm²)

P = Beban Penekanan (kg)

L ≡ Luas Permukaan

d. Nilai Kalor (ASTM D2015)

Nilai kalor ditentukan dengan cara membakar contoh didalam *bomb calorimeter*.

e. Kadar Karbon Monoksida (CO)

Menganalisis polutan udara yang dihasilkan pada saat pembakaran briket. Pengujian ini dilakukan untuk parameter Karbon Monoksida (CO) dengan menggunakan CO meter.

f. Logam Berat

Menganalisis kandungan logam berat yang terdapat pada sisa abu hasil pembakaran briket. Pengujian ini dilakukan untuk parameter Cu dan Zn dengan menggunakan AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

I. Analisis Pendahuluan

a. Analisis Karakteristik *Bottom Ash*

Analisis pendahuluan bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari *bottom ash*, yaitu meliputi kandungan logam berat, nilai kalor, kadar air dan kadar abu *bottom ash*. Hasil analisis pendahuluan logam berat dari *bottom ash* dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini

Tabel 4.1
Karakteristik Awal *Bottom Ash*

Karakteristik Awar Bottom Ash				
Bahan	Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Metode Uji
<i>Bottom Ash</i>	Nilai Kalor	kal/gr	610,012	Bom Kalorimeter
	Kadar Air	%	2,0	Moisturemeter
	Kadar Abu	%	83,93	Furnace
	Kandungan Logam Berat			
	Cadmium (Cd)	mg/l	2,257	AAS
		µg/g	$56,425 \times 10^3$	
	Krom (Cr)	mg/l	1,191	AAS
		µg/g	$29,775 \times 10^3$	
	Tembaga (Cu)	mg/l	36,296	AAS
		µg/g	907×10^3	

Bahan	Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Metode Uji
Timbal (Pb)	mg/l	Tidak terdeteksi	AAS	
	µg/g	Tidak terdeteksi		
Seng (Zn)	mg/l	54,533	AAS	
	µg/g	1363,3x10 ³		

Tabel 4.1 diatas menunjukkan bahwa kandungan logam berat yang dimiliki oleh *bottom ash* adalah logam berat tembaga (Cu) dan Seng (Zn). Sifat kimia maupun karakteristik fisik dari abu batubara sangat dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar, teknik penyimpanan dan penanganannya. Dari data diatas menunjukkan bahwa kandungan cemaran logam tertinggi adalah logam seng (Zn) sebesar 54,533 mg/l atau 1363,3x10³ µg/g dan tembaga (Cu) sebesar 36,296 mg/l atau 907x10³ µg/g, sedangkan logam lainnya relatif kecil. Dalam penelitian ini dilakukan pengolahan *bottom ash* menjadi briket. Pengolahan ini dimungkinkan untuk dilakukan karena *bottom ash* memiliki nilai kalor yang masih bisa dimanfaatkan, yaitu sebesar 610,012 kal/gram.

b. Analisis Karakteristik Biomassa Tempurung Kelapa

Pengujian karakteristik tempurung kelapa dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik dari tempurung kelapa yang akan digunakan sebagai bahan tambahan pembuatan briket. Hasil analisis pendahuluan biomassa ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2
Karakteristik Awal Tempurung Kelapa dan Arang Tempurung Kelapa

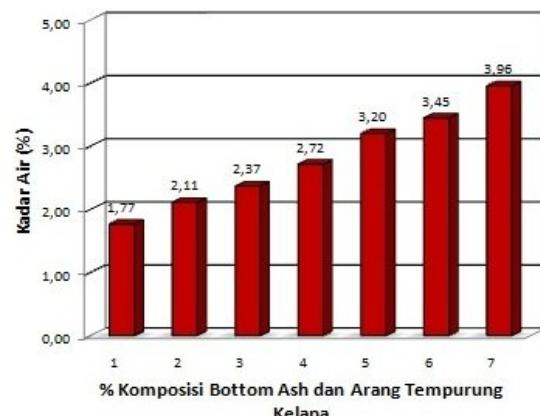
Bahan	Komponen	Satuan	Hasil Analisis
Tempurung Kelapa	Nilai Kalor	kal/gr	4027,8
	Kadar Air	%	10,21
	Kadar Abu	%	3,78
Tempurung Kelapa Setelah Dikarbonisasi	Nilai Kalor	kal/gr	7427,6
	Kadar Air	%	4,07
	Kadar Abu	%	2,22

Dilihat dari tabel 4.2 dapat diketahui bahwa perubahan tempurung kelapa menjadi arang menghasilkan peningkatan nilai kalor yang cukup tinggi yaitu 4027,8 kal/gr menjadi 7427,6 kal/gr dan penurunan kadar abu dari 3,78% menjadi 2,22%. Perubahan lain yang mencolok adalah penghilangan kandungan air sebesar 10,21% menurun menjadi 4,07%. Perubahan tempurung kelapa menjadi arang dapat meningkatkan sifat termal bahan itu sendiri akibat peningkatan kandungan karbon.

II. Karakteristik Briket

a. Analisis Kadar Air

Kadar air yang dihasilkan dari penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.1 Diagram Kadar Air Briket Campuran *Bottom Ash* dan Arang Tempurung Kelapa

Kadar air terendah dalam sampel briket diperoleh pada variasi pertama yaitu 100% *bottom ash* sebesar 1,77% dan hasil tertinggi pada variasi ketujuh yaitu 100% arang tempurung kelapa sebesar 3,96%. Keseluruhan briket yang dihasilkan telah sesuai dengan SNI dimana menurut SNI 01-6235-2000 tentang syarat mutu briket arang kayu yaitu kadar air maksimal 8%.

Pada gambar 4.1 terlihat bahwa kadar air briket meningkat secara signifikan seiring dengan bertambahnya jumlah arang tempurung kelapa. Hal ini dikarenakan biomassa memiliki kandungan air lebih banyak serta kemampuannya menyerap air lebih banyak dibandingkan dengan *bottom ash* yang hanya memiliki sedikit kandungan air. Hal ini dibuktikan dari uji pendahuluan yang telah dilakukan, yaitu kadar air arang tempurung kelapa sebesar 4,07% dan *bottom ash* sebesar 2,0%. Oleh karena itu pada variasi ketujuh dengan komposisi 100% arang arang tempurung kelapa memiliki nilai air yang tinggi dibandingkan dengan variasi lainnya

b. Analisis Kadar Abu



Gambar 4.2 Diagram Kadar Abu Briket Campuran *Bottom Ash* dan Arang Tempurung Kelapa

Nilai rata-rata kadar abu yang dihasilkan dari penelitian ini yaitu berkisar antara 1,20%-81,01%. Berdasarkan gambar 4.2 diatas, dapat disimpulkan bahwa penambahan *bottom ash* pada campuran briket ternyata cenderung meningkatkan kadar abu. Semakin banyak penambahan *bottom ash* pada campuran briket maka semakin tinggi kadar abu briket yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena pada uji pendahuluan hasil kadar abu *bottom ash* lebih tinggi dibandingkan dengan arang tempurung kelapa, dimana *bottom ash* memiliki kandungan abu 83,93% dan arang tempurung kelapa hanya sebesar 2,22%.

Kenaikan kadar abu pada masing-masing variasi disebabkan karena kandungan silika

yang terdapat dalam *bottom ash*. Selain itu tingginya kadar abu juga dipengaruhi oleh penambahan kanji karena adanya bahan anorganik yang terdapat didalam tepung kanji seperti silika (SiO_2), MgO dan Fe_2O_3 , AlF_3 , MgF_2 dan Fe (Maryono, 2013). Meskipun bahan perekat memberikan penambahan abu pada briket, namun bahan perekat harus tetap digunakan karena briket yang tidak menggunakan bahan perekat maka akan menyebabkan kerapatan rendah sehingga briket akan mudah hancur dan sukar dijadikan bahan bakar.

c. Analisis Kuat Tekan

Kuat tekan briket merupakan kemampuan briket untuk memberikan daya tahan atau kekompakan briket terhadap pecah atau hancurnya briket jika diberikan beban pada benda tersebut. Tingkat kekuatan tersebut diketahui ketika briket tidak mampu menahan beban lagi. Semakin besar nilai kuat tekan berarti daya tahan briket semakin baik. Hal tersebut akan menguntungkan dalam hal kegiatan pemasaran yang meliputi pengemasan maupun distribusi dan memudahkan pengangkutan briket. Hasil analisis perbandingan penggunaan *bottom ash* dan arang tempurung kelapa terhadap kuat tekan dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Diagram Kuat Tekan Briket Campuran *Bottom Ash* dan Arang Tempurung Kelapa

Berdasarkan analisis seperti yang telah tertera pada gambar 4.3 terlihat bahwa kuat

tekan yang ada pada briket campuran *bottom ash* dan arang tempurung kelapa berkisar antara 1,729-5,647 kg/cm². Pada gambar 4.3 terlihat bahwa penambahan *bottom ash* mempengaruhi nilai kuat tekan briket. Hal ini disebabkan karena penggunaan limbah *bottom ash* menyebabkan kerapatan partikel pada briket semakin tinggi, sehingga kuat tekan briket semakin tinggi.

d. Analisis Nilai Kalor

Pengujian terhadap nilai kalor bertujuan untuk mengetahui sejauh mana nilai kalor (panas) yang dihasilkan oleh briket. Nilai kalor dapat dianalisis dengan menggunakan bom calorimeter.



Gambar 4.4 Diagram Nilai Kalor Briket Campuran *Bottom Ash* dan Arang Tempurung Kelapa

Berdasarkan hasil analisis dari gambar 4.4, diketahui bahwa pencampuran arang tempurung kelapa dan *bottom ash* menghasilkan nilai kalor yang berfariasi tergantung pada komposisi campuran bahan baku, yaitu berkisar antara 1321,330 kal/gr hingga 8822,67 kal/gr. Semakin banyak komposisi biomassa yang digunakan pada campuran briket maka semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan. Hal ini disebabkan pada analisa pendahuluan bahwa nilai kalor dari *bottom ash* lebih rendah yaitu sebesar 610,012 kal/gr dibandingkan dengan arang tempurung kelapa sebesar 7344,5 kal/gr. Karena jenis *bottom ash* yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis *bottom ash* kualitas rendah yaitu sisa hasil pembakaran batubara dengan temperatur rendah.

III. Penentuan Variasi Terbaik

Berdasarkan hasil pengujian mutu yang telah dilakukan yaitu perbandingan komposisi bahan penyusun dengan berbagai variasi, maka didapatkan nilai karakteristik dari tiap-tiap komposisi briket dan dibandingkan dengan SNI 01-6235-2000 yang ditunjukkan pada tabel 4.3 dibawah ini.

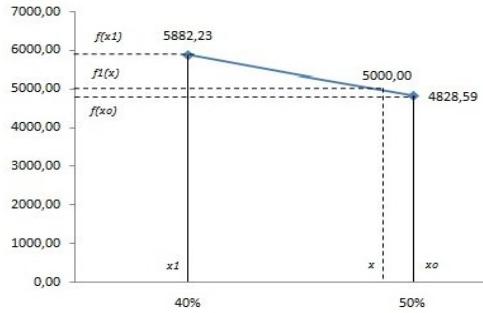
Tabel 4.3
Perbandingan Mutu Briket Campuran *Bottom Ash* dan Arang Tempurung Kelapa Berdasarkan SNI

Parameter	SNI 01-6235-2000	Variasi							Kesimpulan
		1	2	3	4	5	6	7	
Kadar Air (%)	Maks 8%	1,77	2,11	2,37	2,72	3,20	3,45	3,96	Semua komposisi sesuai dengan SNI
Kadar Abu (%)	Maks 8%	81,01	66,02	49,85	40,93	33,47	17,32	1,20	Komposisi 7 sesuai dengan SNI
Nilai Kalor (kal/gr)	Min 5000 kal/gr	1321,33	3258,89	3396,52	4828,59	5882,23	7945,72	8822,67	Komposisi 3, 5, 6, 7 sesuai dengan SNI

*Ket : variasi 1 = 100%:0% ; variasi 2 = 80%:20% ; variasi 3 = 60%:40% ; variasi 4 = 50%:50% ; variasi 5 = 40%:60% ; variasi 6 = 20%:80% ; variasi 7 = 0%:100%

Berdasarkan tabel 4.3 menunjukkan perbandingan antara hasil penelitian dengan SNI 01-6235-2000, bahwa beberapa variasi briket campuran *bottom ash* dan arang tempurung kelapa masih memenuhi standar Indonesia. Dari ketujuh perlakuan komposisi, maka perlakuan keenam 20% *bottom ash* : 80% arang tempurung kelapa yang sifat karakteristiknya paling baik dan mendekati nilai parameter pada SNI 01-6235-2000.

Disamping itu, jika dilihat dari tujuan umum penelitian ini yaitu meminimalkan jumlah *bottom ash* dengan cara memanfaatkan kembali limbah tersebut, maka perlu dicari komposisi optimum *bottom ash* yang dapat disubtitusikan kedalam briket dan bisa menghasilkan nilai kalor 5000 kal/gr.



Untuk menentukan nilai *bottom ash* optimum agar mendapatkan nilai kalor 5000 kal/gr, maka dapat dihitung dengan persamaan interpolasi linear sebagai berikut :

$$f_1(x)y_x = 5.000 \quad x = ? \% \text{ } bottom \text{ } ash$$

$$f(x_0)y_0 = 4828,59 \quad x_0 = 50 \% \text{ } bottom \text{ } ash$$

$$f(x_1)y_1 = 5882,23 \quad x_1 = 40 \% \text{ } bottom \text{ } ash$$

$$\frac{f_1(x)-f(x_0)}{x-x_0} = \frac{f(x_1)-f(x_0)}{x_1-x_0}$$

$$\frac{5.000 - 4828,59}{x - 50} = \frac{5882,23 - 4828,59}{40 - 50}$$

$$\frac{171,41}{x - 50} = \frac{1053,64}{-10}$$

$$x = 48,37 \%$$

Berdasarkan persamaan linear diatas, menunjukkan bahwa prosentase *bottom ash* yang disubtitusikan kedalam briket untuk

mendapatkan nilai kalor 5000 kal/gr adalah sebesar 48,37%.

a. Analisis Kadar Carbon Monoksida (CO) Pada Variasi Terbaik

Pengukuran pencemar udara berupa kadar karbon monoksida (CO) digunakan untuk mengetahui kadar CO yang terlepas dari briket pada saat dibakar. Kadar CO pada briket mempengaruhi kualitas briket yang dihasilkan. Semakin rendah kadar CO maka kualitas briket yang dihasilkan akan semakin baik, karena CO merupakan salah satu parameter polutan yang dapat mengganggu kesehatan makhluk hidup. Pengukuran kadar CO dilakukan dengan cara briket dibakar dengan bantuan spiritus sebagai bahan pemicu api. Briket dibakar selama 5 menit dan emisinya diukur dengan menggunakan CO meter. Nilai rata-rata kadar CO yang diperoleh pada briket variasi 20% *bottom ash* : 80% arang tempurung kelapa adalah sebesar 92 ppm. Jika dikonversi dalam satuan mg/m³, maka kadar CO dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Berat Molekul CO} = 28$$

$$\text{Konsentrasi CO mg/m}^3 = ppm CO \times \frac{bm}{24,47}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi CO mg/m}^3 &= 92 \times \frac{28}{24,47} \\ &= 105 \text{ mg/m}^3 \end{aligned}$$

Apabila dibandingkan dengan konsentrasi emisi CO yang dihasilkan dari bahan bakar minyak, dimana konsentrasi gas emisi CO dari boiler berbahan bakar minyak sekitar 25,8 mg/m³ (Djayanti, 2011), emisi CO yang dihasilkan oleh briket campuran *bottom ash* dan arang tempurung kelapa masih lebih tinggi. Akan tetapi jika dibandingkan kompor jelantah yang menggunakan bahan bakar minyak jelantah dan menghasilkan emisi CO 242,60 ppm maka emisi CO yang dihasilkan oleh briket campuran *bottom ash* dan arang tempurung kelapa masih lebih rendah. Dilihat dari bahan baku menggunakan *bottom ash* dan arang tempurung kelapa, briket ini cenderung disarankan untuk digunakan dalam skala industri. Pembakaran briket di dalam ruang

bakar menggunakan boiler dapat mengurangi efek polusi asap karena pembakaran dalam industri menggunakan peralatan kendali polusi untuk mengendalikan asap, sehingga lebih efisien dan bersih daripada pembakaran langsung.

b. Analisis Kadar Logam Berat Cu Dan Zn Pada Variasi Terbaik

1. Kandungan Logam Berat Cu

Uji kadar logam berat dilakukan pada briket variasi terbaik, pengujian ini dilakukan dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometer*).

Absorption Spectrofotometer). Pengujian logam berat dilakukan terhadap abu sisa pembakaran briket, dimana abu tersebut didestruksi dan diuji dengan menggunakan AAS untuk mengetahui kandungan logam yang terkandung. Dilihat dari hasil pengujian, kandungan tembaga (Cu) mengalami penurunan menjadi $29,825 \text{ mg/l}$ ($745,6 \times 10^3 \mu\text{g/g}$), hal ini menunjukkan bahwa terdapat kemungkinan pada saat briket dibakar kandungan logam berat yang ada didalam abu sisa pembakaran briket terlepas seiring dengan terbakarnya briket.

**Tabel 4.4
Kandungan Logam Tembaga (Cu) Pada Sisa Abu Pembakaran**

No Sampel	Parameter	Kadar Logam Berat Hasil uji Pendahuluan (mg/l)	Kadar Logam Berat Bottom Ash dari Hasil uji Pendahuluan ($\mu\text{g/g}$)	Kadar Logam Berat Sisa Abu Pembakaran (mg/l)	Kadar Logam Berat Sisa Abu Pembakaran Briket ($\mu\text{g/g}$)
6a	Cu	36,296	907×10^3	29,825	$745,6 \times 10^3$

2. Kandungan Logam Berat Zn

Perlakuan pengujian logam berat Seng (Zn) sama dengan pengujian logam berat Cu. Pengujian ini dilakukan pada briket variasi terbaik dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometer*). Setelah dilakukan proses pengolahan dengan

mengolah *bottom ash* menjadi briket dengan bahan tambahan arang tempurung kelapa, didapat hasil kandungan seng (Zn) mengalami penurunan menjadi $32,992 \text{ mg/l}$ ($824,8 \times 10^3 \mu\text{g/g}$). Tabel 4.5 dibawah ini merupakan hasil kandungan Zn dari sampel briket variasi terbaik.

**Tabel 4.5
Kandungan Logam Zink (Zn) Pada Sisa Abu Pembakaran**

No Sampel	Parameter	Kadar Logam Berat Hasil uji Pendahuluan (mg/l)	Kadar Logam Berat Bottom Ash dari Hasil uji Pendahuluan ($\mu\text{g/g}$)	Kadar Logam Berat Sisa Abu Pembakaran (mg/l)	Kadar Logam Berat Sisa Abu Pembakaran Briket ($\mu\text{g/g}$)
6a	Zn	54,533	$1363,3 \times 10^3$	32,992	$824,8 \times 10^3$

PENUTUP

1. Variasi *bottom ash* dan tempurung kelapa mempengaruhi nilai kalor pembakaran, residu abu pembakaran, kadar air, dan kuat tekan pada pembuatan briket. Semakin banyak *bottom ash* dapat menurunkan nilai kalor dan kadar air, sebaliknya semakin banyak *bottom ash* maka dapat meningkatkan kadar abu dan kuat tekan. Semakin banyak tempurung kelapa dapat menaikkan nilai kalor dan kadar air, sebaliknya dapat menurunkan kadar abu dan kuat tekan.
2. Rasio campuran terbaik hasil penelitian berdasarkan perbandingan yang sesuai dengan kriteria SNI 01-6235-2000 tentang Syarat Mutu Briket Arang Kayu adalah 20% *bottom ash* : 80% arang tempurung kelapa dengan parameter kadar air 3,45%, kadar abu 17,32% dan kalor 7945,72 kal/g. Sedangkan ditinjau dari jumlah pemanfaatan *bottom ash* yang memenuhi kriteria minimal SNI 01-6235-2000 tentang Syarat Mutu Briket Arang Kayu diperoleh dari hasil penelitian komposisi *bottom ash* adalah 48,37%.
3. Polutan CO yang dihasilkan oleh pembakaran briket variasi terbaik kelapa sebesar 92 ppm atau 105 mg/m^3 .
4. Sedangkan Kandungan logam berat Cu dan Zn yang terdapat pada abu briket pembakaran pada variasi terbaik adalah $29,83 \text{ mg/l}$ ($745,6 \times 10^3 \text{ } \mu\text{g/g}$) dan $32,99 \text{ mg/l}$ ($824,8 \times 10^3 \text{ } \mu\text{g/g}$).

Berdasarkan proses pelaksanaan penelitian dan hasil yang diperoleh, maka dapat disarankan sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut mengenai pemanfaatan *bottom ash* sebagai bahan pembuatan briket. Untuk memperbaiki hasil penelitian diperlukan *bottom ash* dengan kualitas yang baik yaitu *bottom ash* yang memiliki kandungan kalor cukup tinggi.
2. Diharapkan *bottom ash* pada Industri X Semarang dapat dimanfaatkan kembali oleh industri yang bersangkutan dengan mengolah *bottom ash* menjadi briket dan diproduksi untuk kepentingan internal.

DAFTAR PUSTAKA

- Djayanti, Silvy, dkk. 2011. *Pengendalian Emisi Gas Buang Boiler Batubara Dengan Sistem Absorbsi*. Jurnal Departemen Perindustrian Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri
- Jamilatun, Siti. 2008. Sifat-Sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu. Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta
- Maryono, dkk. 2013. Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji. Universitas Negeri Makasar
- Munir, Misbachul. 2008. Pemanfaatan Abu Batubara (Fly Ash) Untuk hollow Block Yang Bermutu Dan Aman Bagi Lingkungan. Universitas Diponegoro
- SNI 01-6235-2000 Tentang Briket Arang Kayu (sisni.bsn.go.id/)