

# PEMANFAATAN *BOTTOM ASH* BATUBARA MENJADI PRODUK BRIKET DENGAN PENAMBAHAN ARANG DAUN JATI

Indriyani <sup>\*)</sup> Badrus Zaman <sup>\*\*)</sup> Syafrudin <sup>\*\*)</sup>  
Email : Indriyanikensem@yahoo.com

## ABSTRACT

*The use of coal as the primary fossil fuels in Indonesia are increasingly widespread. Now, the use of coal is not only used for the power plant but also a wide range of industries. Resulting from the use of coal bottom ash which can still be used because they save the calorific value for alternative fuel that is becoming briquette product. Through research it is known that the bottom ash can be processed into briquettes products with the addition of teak leaves charcoal to improve its quality.*

*This study was conducted with a variety of compositions between bottom ash and teak leaves charcoal. The treatment uses ratio of coal bottom ash : teak leaves charcoal 0%:100%, 20%:80%, 40%:60%, 50%:50%, 60%:40%, 80%:20% and 100%:0%. The results showed that the optimum variation of briquettes is a variation of 20 % coal bottom ash and 80% teak leaves charcoal, this briquettes has a water content of 4,052 %, ash content of 36,358 %, calorific value of 4.520 cal/g, compressive strength of 2,383 kg/cm<sup>2</sup>, CO 54 ppm or 61,84 mg/Nm<sup>3</sup>, Cu 0,85 µg/g and Zn 1,21 µg/g. The result of the briquettes characteristics test showed that with increasing amounts of teak leaves charcoal can increase the moisture content and calorific value, and be able to lower ash content and compressive strength.*

*Keywords: bottom ash, teak leaves charcoal, briquettes, alternative fuels*

## PENDAHULUAN

Penggunaan batubara sebagai bahan bakar kian meluas diberbagai macam industri. Pengguna batubara kini tidak saja didominasi oleh PLTU tetapi telah meluas keberbagai industri dinataranya industri tekstil. Dari penggunaan batu bara tersebut akan dihasilkan sisa abu batubara (*fly ash dan bottom ash*) sebanyak 10 ribu ton per bulan. Kedua jenis limbah sisa pembakaran ini pada dasarnya merupakan oksida dari logam-logam yang terkandung dalam batubara. *Bottom ash* terbentuk pada zona pembakaran dengan kecepatan gas alir rendah dan/atau zona unggun tetap Morfologi *bottom ash* batubara yang dicirikan oleh ukuran partikel yang relatif kasar, geometri partikel yang tidak beraturan dan dengan permukaan yang kasar. *Bottom ash* cenderung berwarna lebih gelap, karena masih mengandung karbon yang tidak terbakar. (Samandhi, 2008). Pada penelitian

yang dilakukan oleh Samadhi, dkk (2008) juga disebutkan bahwa tingginya kadar karbon tetap dalam sampel abu bawah pabrik tekstil memberikan nilai kalor yang cukup tinggi yakni sebesar 3.324 kkal/kg atau sekira 13,96 MJ/kg. Nilai kalor ini setara dengan nilai kalor batubara kalori rendah (21,4 Mj/kg). Mengingat masih berpotensi nilai kalor *bottom ash*, pemanfaatannya melalui rute pembakaran ulang dipandang sebagai alternatif solusi yang layak ditinjau dalam upaya peningkatan efisiensi penggunaan energi terutama oleh industri kecil hingga menengah.

Salah satu teknologi yang dapat dilakukan dalam pembakaran ulang *bottom ash* batubara adalah dengan memanfaatkannya sebagai briket. Pembriketan *bottom ash* batubara merupakan upaya meningkatkan nilai tambahnya sebagai bahan bakar alternatif yakni dengan mengkonsolidasikan partikel-partikel *bottom ash* yang berbentuk tidak beraturan dan memiliki densitas rendah

\*Mahasiswa Teknik Lingkungan FT UNDIP

\*\*Dosen Pembimbing Tugas Akhir Teknik Lingkungan FT UNDIP

menjadi bahan bakar padat yang mudah ditangani dan dinyalakan (Samadhi,2008). Dari hasil pengujian karakteristik awal yang dilakukan terhadap sampel *bottom ash* pada salah satu pabrik tekstil Ungaran Semarang didapatkan nilai kalor *bottom ash* sebesar 610,012 kalori/gram. Untuk dapat dijadikan briket nilai kalor dari *bottom ash* ini belum memenuhi standar yang ada baik menurut SNI 01-6235-2000 tentang briket arang kayu maupun Permen ESDM No 047 tahun 2006 (briket bio batubara) yang masing-masing memiliki standar 5.000 kalori/gram dan 4.400 kalori/gram. Olehnya itu untuk meningkatkan nilai kalornya diperlukan sumber kalori lain yang berpotensi salah satunya adalah berasal dari biomassa. Indonesia sebagai negara agraris memiliki potensi besar terhadap biomassa, biomassa tersebut antara lain residu pertanian, kayu, sampah organik dan lain sebagainya. Jenis biomassa yang telah banyak diterapkan oleh masyarakat maupun didalam berbagai penelitian sebagai bahan utama maupun bahan tambah pembuatan briket salah satunya adalah berasal dari sampah dedaunan. Keberadaannya yang mudah ditemukan menyebabkan bahan ini banyak digunakan. Salah satu jenis dedaunan yang diketahui dapat dikonversi menjadi bioarang yaitu daun jati kering. Jati (*Tectona grandis L.F*) termasuk kelompok tumbuhan yang dapat menggugurkan daunnya sebagai mekanisme pengendalian diri terhadap keadaan defisiensi air selama musim kemarau. Dengan sifatnya tersebut daun jati menjadi sumber biomassa yang cukup melimpah keberadaannya. Namun dedaunan seperti jati ini memiliki daya tahan/ bakar *residence time* yang amat singkat sehingga harus dikonversi menjadi bahan yang memiliki waktu bakar yang lebih lama (Yusuf, 2010). Berdasarkan uji pendahuluan yang dilakukan, sampah daun jati kering memiliki potensi nilai kalor sebesar 2.419,9 kalori/gram. Dengan potensi yang dimiliki oleh daun jati tersebut akan diteliti sejauh mana pengaruh penambahan daun jati dapat meningkatkan nilai kalor dari briket berbahan utama *bottom ash* batubara sehingga

keberadaan *bottom ash* batubara dapat diminimalisir dengan dimanfaatkan sebagai produk briket. Tujuan umum dari Penelitian ini adalah untuk memanfaatkan *bottom ash* sebagai produk bermanfaat dan bernilai ekonomis yaitu menjadi bahan bakar alternatif yaitu briket. Tujuan Umum dari penelitian ini adalah Meminimalkan jumlah limbah *bottom ash* batubara dengan memanfaatkannya sebagai produk yang bermanfaat yaitu menjadi briket sedangkan tujuan khusus Menganalisis pengaruh variasi persentase antara *bottom ash* batubara dan daun jati kering terhadap karakteristik mutu briket berupa kadar air, nilai kalor, kadar abu dan kuat tekan briket, Menentukan variasi terbaik dari pembuatan briket berbahan *bottom ash* batubara dan daun jati kering, Mengetahui kandungan logam berat Tembaga (Cuppur-Cu) dan Seng (Zink-Zn) pada residu abu pembakaran briket variasi

## METODOLOGI

### A. Alat dan Bahan

Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain *furnance*, tumbukan(alu), oven, kompor listrik, Alumunium foil, desikator, cawan petri, cawan porselin, cetakan briket, tumbukan, *bomb kalorimetri*, AAS, *CO digital Analyzer*, *Compression Testing Machine* dll. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah *bottom ash* batubara dan daun jati .

### B. Prosedur Penelitian

#### 1. Karbonisasi sampah daun jati kering

Karbonisasi dilakukan pada suhu 350°C selama kurang lebih 1 jam. Karbonisasi dilakukan pada suhu 350°C sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Thoha (2010) yang mendapati bahwa briket dengan suhu karbonisasi 350°C memiliki nilai kalor paling tinggi. Karbonisasi dilakukan dengan memasukan sampah daun jati kering kedalam *furnance* yang sebelumnya sampah tersebut dibungkus dengan kertas alumunium foil. Tujuan pembukusan ini adalah agar terjadi pembakaran tanpa oksigen sehingga yang

dihasilkan adalah arang daun jati bukannya abu.

## **2. Penumbukan *bottom ash* batubara dan arang daun jati**

Setelah karbonisasi terhadap sampah daun jati kering dilakukan langkah selanjutnya yaitu menumbuk arang yang telah jadi tersebut dengan menggunakan alu sehingga berukuran kira-kira lolos 50 mesh. Penumbukan juga dilakukan terhadap *Bottom ash* batubara dengan ukuran yang sama yaitu diperkirakan bisa lolos 50 mesh

## **3. Pengayakan *bottom ash* batubara dan arang daun jati**

Setelah sampah daun jati selesai dikarbonisasi selanjutnya dilakukan pengayakan terhadap *bottom ash* batubara dan arang daun jati. Kedua bahan tersebut masing-masing menggunakan ukuran 50 mesh. Bahan yang lolos 50 mesh itulah yang kemudian diambil untuk dijadikan bahan briket.

## **4. Pencampuran *bottom ash* batubara dan arang daun jati**

Setelah masing-masing bahan di ayak lalu keduanya dicampur dengan variasi yang berbeda-beda yaitu *bottom ash* batubara : arang daun jati ( 0% : 100%, 20% : 80%, 40% : 60%, 50% : 50%, 60% : 40%, 80% : 20% dan 100% : 0% ).

## **5. Pembuatan larutan tepung kanji dan pencampuran dengan *bottom ash* batubara dan arang daun jati**

Tepung Kanji yang digunakan yaitu 5 % dari berat bahan baku. Setiap briket yang dibuat memiliki berat 10 gram jadi tepung kanji yang dibutuhkan yaitu 0,5 gram. Tepung kanji yang telah ditimbang kemudian diencerkan dan dipanaskan menggunakan kompor selama 3 menit pada suhu 150<sup>0</sup>C. Selama pemanasan larutan tepung kanji diaduk sampai mengental. Tepung kanji yang mengental tersebut kemudian dicampur dengan campuran *bottom ash* batubara dan arang daun jati

## **6. Pencetakan adonan briket**

Setelah proses pencampuran tepung kanji dengan bahan baku selesai dilakukan maka proses selanjutnya yaitu pencetakan dengan

cetakan briket yang telah dibuat dengan bahan dari pipa pvc berbentuk silinder dengan ukuran panjang 5 cm dan diameter 2,6 cm. Setelah itu briket dipres dan ditekan dengan cara manual yaitu menggunakan kayu berbentuk silinder dengan panjang 15 cm berdiameter 2,4 cm. Menurut Maryono (2013) dalam penelitiannya menyatakan bahwa tujuan pencetakan yaitu memperbaiki penampilan dan tekstur dari briket serta mempermudah dalam penggunaan terutama pada pembakaran dan pengemasan.

## **7. Pengeringan briket**

Setelah proses pencetakan dan pengepresan selesai dilakukan selanjutnya dilakukan pengeringan briket dengan menggunakan oven pada suhu 125<sup>0</sup>C ± selama 4 jam

## **8. Pengemasan briket**

Setelah briket selesai dikeringkan langkah selanjutnya yaitu memasukan kedalam desikator selama kurang lebih 30 menit. Briket yang telah didinginkan kemudian dikemas yang bertujuan agar briket tidak terkontaminasi dari pengaruh luar. Pengemasan dilakukan dengan menggunakan plastik yang kedap udara. Briket siap diuji

## **9. Penentuan Mutu Briket**

### **a. Kadar Air**

Analisis kadar air bertujuan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada briket. Pada penelitian ini tidak digunakan metode pengovenan yang umumnya digunakan tetapi menggunakan *moisture meter*

### **b. Nilai Kalor**

Mengetahui nilai kalor pembakaran bertujuan untuk mengetahui kuantitas atau jumlah panas baik yang diserap maupun dilepaskan oleh briket. Analisis Nilai Kalor mengikuti prosedur ASTM D 2015. Alat yang digunakan yaitu *bomb calorimeter*.

### **c. Kadar Abu**

Pengujian kadar abu bertujuan untuk mengetahui mineral yang tidak terbakar yang tertinggal pada saat proses pengabuan. Prosedur analisa kadar abu mengikuti SNI 06–3730–1995.

\*Mahasiswa Teknik Lingkungan FT UNDIP

\*\*Dosen Pembimbing Tugas Akhir Teknik Lingkungan FT UNDIP

Kadar abu dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{kadar Abu (\%)} = \frac{A}{B} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana A = Bobot abu (gram) , B = Bobot sampel (gram)

d. Kuat Tekan

Pada pengujian ini digunakan alat *Compression Testing Machine*. 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 3.2

$$Kt = \frac{P}{L} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan

Kt = Beban Kuat Tekan (kg/cm<sup>2</sup>) ,P = Beban penekanan (kg) ,L = Luas Permukaan (cm<sup>2</sup>)

e. Penentuan variasi terbaik dari briket

Penentuan variasi terbaik didasarkan Pada SNI No 01-6235-2000 tentang briket arang kayu dan Permen ESDM Nomor 047 Tahun 2006 Tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara untuk briket biobatubara serta standar briket dari Jepang, Inggris dan USA

f. Pengujian logam berat Cu dan Zn pada residu abu pembakaran briket variasi terbaik

Pengujian kadar logam berat bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pelepasan logam berat yang terjadi ketika produk yang bahan utamanya yaitu *bottom ash* masuk dalam kategori limbah B3. Dalam pengujian ini sampel yang diambil berasal dari residu abu pembakaran briket. Uji Logam berat dilakukan menggunakan AAS (*Atomic Absorbtion Spectrofotometer*) akan tetapi sebelum diuji sampel abu didestruksikan terlebih dahulu.

g. Pengujian emisi karbon monoksida pada briket variasi terbaik

Pengujian emisi karbon monoksida diukur pada asap briket yang telah dibakar. Pengukuran dilakukan menggunakan CO meter kurang lebih 5 menit selama tiga kali

pengambilan.Pembacaan pada alat dilakukan ketika emisinya konstan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**I. Analisis Pendahuluan**

**a. Karakteristik *Bottom Ash* Batubara**

Uji Pendahuluan bertujuan untuk mengetahui karakteristik awal dari bahan yang akan dibuat briket sehingga bisa menjadi acuan dalam melakukan analisis. Pengujian karakteristik awal pada *bottom ash* batubara meliputi kadar air, kadar abu, nilai kalor dan logam berat. Berikut hasil pengujian karakteristik *bottom ash* batubara

No	Karakteristik	Hasil Uji	Baku mutu		Keterangan
			SNI 01-6235-2000 tentang briket arang kayu	Permen ESDM No 047 tahun 2006 (briket biobatubara)	
1	Kadar air(%)	2	Maksimal 8	Maksimal 14	Memenuhi
2	Kadar abu(%)	83,927	Maksimal 8	<10	Belum Memenuhi
3	Nilai kalor(kal/g)	610,012	Minimal 5.000	Minimal 4.400	Belum memenuhi

Saat ini di Indonesia belum ada baku mutu yang mengatur secara khusus tentang briket biomassa dan *bottom ash* akan tetapi untuk briket arang kayu sudah memiliki baku mutu yaitu SNI 01-6235-2000 sedangkan untuk briket batubara juga telah diatur didalam Permen ESDM No 047 tahun 2006 tentang pedoman pembuatan dan pemanfaatan briket batubara dan bahan bakar padat berbasis batubara. Didalam Permen ESDM tersebut mengatur secara rinci tentang briket batubara yang terbagi menjadi empat bagian diantaranya adalah briket biobatubara yang diartikan sebagai jenis produk pembriketan yang menggunakan bahan baku partikel batubara, biomass, baik dengan/tanpa bahan pengikat(binder) maupun bahan imbuh lainnya, komposisi campurannya adalah batubara 50%-80%, biomasa10%-40%, bahan pengikat 5%-10%, bahan imbuh(kapur) 0%-5%.

Dari hasil pengujian diketahui bahwa kadar air dari *bottom ash* batubara yaitu 2 %, hal ini sangat baik bagi kualitas briket. Akan

tetapi kadar abu *bottom ash* batubara tergolong sangat tinggi yaitu 83,927% hal ini masih jauh melebihi standar yang ditetapkan menurut SNI 01-6235-2000 tentang briket arang kayu yaitu 8% dan Permen ESDM tentang briket biobatubara yaitu <10 %. Selain uji kadar air dan kadar abu dilakukan juga uji nilai kalor, hasil yang didapatkan yaitu 610,012 kal/gr. Hasil uji ini juga masih jauh memenuhi dari SNI yaitu 5.000 kal/gr dan Permen ESDM sebesar minimal 4.400 kal/gr. Selain menguji kualitas bahan *bottom ash* batubara dilakukan uji logam berat berupa Pb, Cd, Cr, Zn dan Cu. Untuk kadar logam berat pada *bottom ash* untuk Pb, Cd, Cr, Cu, Zn masing masing bernilai 0 µg/g, 0,056 µg/g, 0,0299 µg/g, 0,905 µg/g dan 1,36 µg/g. Dikarenakan logam berat yang tertinggi terdapat pada Cu dan Zn maka yang dianalisis adalah logam berat tersebut.

#### b. Karakteristik Biomassa Daun Jati

Uji pendahuluan terhadap biomassa ini meliputi uji kadar air, kadar abu dan nilai kalor, dimana dilakukan dua perlakuan pengujian yaitu sebelum dilakukannya karbonisasi yaitu ketika daun masih dalam keadaan aslinya dan setelah dilakukannya karbonisasi pada suhu 350<sup>0</sup>C selama 1 jam. Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut

No	Karakteristik	Hasil Uji	Baku Mutu		Keterangan
			SNI 01-6235-2000 tentang briket arang kayu	Permen ESDM No 047 tahun 2006 (briket biobatubara)	
1	Kadar air(%)				
	Sebelum dikarbonisasi	6,9	8	maksimal 15	Memenuhi
	Setelah dikarbonisasi	5,2	8	maksimal 15	Memenuhi
2	Kadar abu(%)				
	Sebelum dikarbonisasi	12,3	8	<10	Belum memenuhi
	Setelah dikarbonisasi	26,3	8	<10	Belum memenuhi
3	Nilai kalor(kal/g)				
	Sebelum dikarbonisasi	2419,9	5.000	4.400	Belum memenuhi
	Setelah dikarbonisasi	4172,6	5.000	4.400	Belum memenuhi

Untuk mengetahui kualitas dari briket standar yang digunakan yaitu SNI 01-6235-2000 tentang briket arang kayu dan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 047 Tahun 2006 Tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara(briket biobatubara). Dari tabel diatas diketahui bahwa kadar air dan nilai kalor dari daun jati kering kualitasnya meningkat setelah dilakukan karbonisasi yaitu untuk kadar air yang awalnya 6,9 % turun menjadi 5,2 % sedangkan untuk nilai kalor meningkat dua kali lipat dari sebelumnya 2.419,9 kal/gr menjadi 4.172,6 kal/gr. Peningkatan nilai kalor ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Surono (2010) yang menyimpulkan bahwa proses karbonisasi dapat meningkatkan kadar karbon dan nilai kalor. Akan tetapi walaupun demikian nilai kalor tersebut belum memenuhi SNI yaitu 5.000 kal/g dan Permen ESDM yaitu 4.400 kal/g. Kadar air baik sebelum maupun setelah dikarbonisasi telah memenuhi SNI yaitu maksimal 8% dan Permen ESDM yaitu maksimal 15%. Pengujian juga dilakukan terhadap kadar abu briket akan tetapi hasil yang didapatkan justru lebih menurunkan kualitasnya yaitu meningkatnya kadar abu yang awalnya sebelum dikarbonisasi yaitu 12,36% menjadi 26,32%. Hasil uji kadar abu tersebut belum memenuhi baik SNI yaitu maksimal 8% maupun Permen ESDM yaitu <10%

Dari hasil pengujian dua karakterisik bahan akan dilakukan pembuatan briket yang kemudian dianalisis sejauh apa arang daun jati memberikan pengaruh terhadap mutu kualitas briket.

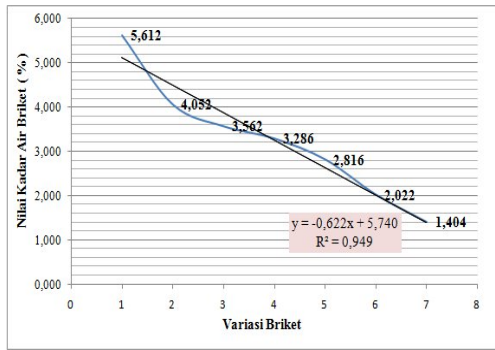
## II. Karakteristik Briket

### a. Kadar Air

Berdasarkan hasil pengujian persentase kadar air pada briket menunjukkan bahwa grafik berbanding terbalik yaitu semakin besar *bottom ash* batubara maka kadar air semakin kecil

\*Mahasiswa Teknik Lingkungan FT UNDIP

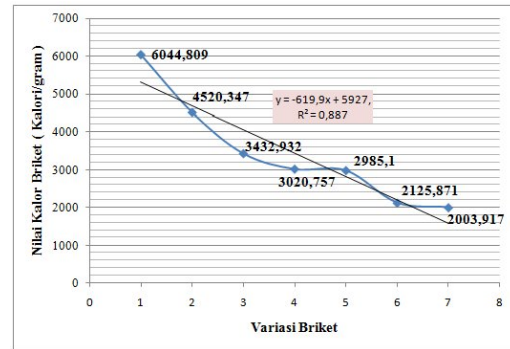
\*\*Dosen Pembimbing Tugas Akhir Teknik Lingkungan FT UNDIP



Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa hasil kadar air briket menurun seiring meningkatnya persentase *bottom ash* batubara. Persentase yang tertinggi terdapat pada variasi briket pertama yaitu *bottom ash* batubara : arang daun jati (0 % : 100 %) sebesar 5,612 % sedangkan persentase kadar air terendah terdapat pada variasi briket ketujuh *bottom ash* batubara : arang sampah daun jati kering (100 % : 0 %) yaitu 1,404 %. Berdasarkan SNI 01-6235-2000 semua variasi briket telah memenuhi standar kadar air yaitu maksimum 8 %. Begitupun juga berdasarkan standar dari Permen ESDM yaitu maksimal 15 %. Dari grafik diketahui bahwa lebih besarnya kadar air pada variasi yang dominan arang daun jatinya yaitu variasi satu sampai 3 dikarenakan bahan pembuat briket yang digunakan terbuat dari bahan organik dan tumbuh tumbuhan yang memiliki kandungan air lebih banyak serta kemampuannya menyerap air lebih banyak pula dibanding dengan *bottom ash* batubara yang hanya memiliki sedikit kandungan air. Kandungan air pada briket salah satunya disebabkan oleh ukuran partikel. Menurut Natsir (2010) partikel juga dapat mempengaruhi kadar air, partikel yang kasar lebih sedikit menyerap air dibandingkan dengan partikel lebih halus.

#### b. Nilai Kalor

Nilai kalori briket arang merupakan parameter penting dan utama dalam menentukan kualitas briket arang layak atau tidak digunakan sebagai bahan bakar. Semakin tinggi nilai kalor suatu briket arang makin tinggi pula kualitasnya dan harga jualnya pun akan tinggi. Hasil Pengujian nilai kalor dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini

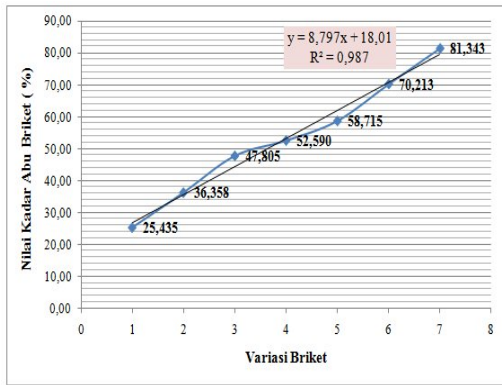


Dari grafik diatas didapatkan hasil nilai kalor menurun seiring semakin besarnya substitusi *bottom ash* batubara didalam briket. mulai dari persentase yang tertinggi terdapat pada variasi briket pertama yaitu *bottom ash* : arang daun jati (0 % : 100 %) dengan nilai kalor sebesar 6.044,809 kalori/gram sedangkan yang terendah terdapat pada variasi briket ketujuh yaitu *bottom ash* : arang daun jati (100 % : 20 %) sebesar 2.003,917 kalori/gram. Dari hasil diatas didapatkan hanya savariasi briket yang memenuhi SNI 01-6235-2000 tentang syarat mutu arang kayu yaitu minimum 5.000 kalori/gram. Variasi briket yang memenuhi standar ini yaitu pada variasi pertama dimana briket terbuat dari 100 % arang daun jati yaitu dengan nilai kalor 6.044,809 kalori/gram.

Nilai kalor tertinggi pada variasi briket pertama disebabkan karena pada briket 100 % arang daun jati dilakukan karbonisasi terlebih dahulu. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Untoro (2010) bahwa Perlakuan karbonisasi terlebih dahulu yang dilakukan mampu meningkatkan nilai kalor briket.

#### c. Kadar Abu

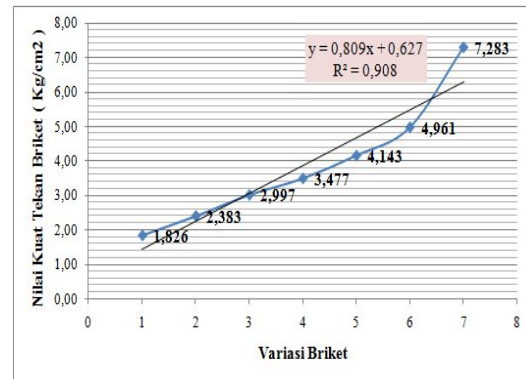
Abu dalam biomassa terdiri dari mineral yang tidak dapat menguap atau hilang dan akan tetap tinggal selama proses pengabuan. Berdasarkan hasil pengujian, persentase residu abu pembakaran pada briket terlihat pada gambar grafik dibawah ini



Dari grafik diatas didapatkan hasil nilai kadar abu briket berbanding lurus yaitu semakin tinggi kadar *bottom ash* batubara maka semakin besar kadar abu yang dihasilkan. Koefisien korelasi antara keduanya masuk dalam kriteria korelasi kuat bahkan hampir sempurna karena telah mencapai angka 0,99. Dari grafik terlihat kadar abu meningkat mulai dari persentase yang terendah terdapat pada briket variasi pertama yaitu *bottom ash* batubara : arang daun jati (0% : 100%) sebesar 25,435 % sedangkan yang tertinggi terdapat pada variasi ketujuh yaitu *bottom ash* batubara : arang daun jati (100 % : 0 %) sebesar 81,3425 %. Dari hasil pengujian kadar abu sangat tidak memenuhi SNI 01-6235-2000 tentang syarat mutu arang kayu yaitu maksimum 8 % dan juga Permen ESDM yaitu <10%. Besarnya kadar abu pada *bottom ash* batubara diakibatkan oleh tingginya kandungan mineral yang terdapat didalam *bottom ash* batubara yaitu berupa silika dan alumina sekitar 80 %. Didalam penelitiannya Munir (2010) menyatakan bahwa kadar abu batubara mengandung mineral yaitu  $Fe_2O_3 = 6,47\%$ ,  $SiO_2 = 61,92\%$ ,  $Al_2O_3 = 16,00\%$ ,  $CaO = 6,85\%$ ,  $MgO = 7,90\%$  dan beberapa senyawa lainnya seperti  $Na_2O_3$ ,  $K_2O$ ,  $P_2O_4$ , yang jumlahnya relatif kecil. Hal serupa berbeda jauh dengan arang daun jati lebih dominan bahan organik sehingga lebih mudah terbakar sehingga kadar abu yang dihasilkanpun lebih sedikit.

#### d. Kuat Tekan

Berdasarkan hasil pengujian, nilai kuat tekan pada briket terlihat pada gambar grafik dibawah ini



Dari grafik diatas terlihat bahwa grafik berbanding lurus yaitu semakin besar *bottom ash* batubara maka semakin besar pula nilai kuat tekan. Dari grafik terlihat bahwa kuat tekan terendah terdapat pada briket variasi pertama yaitu *bottom ash* batubara : arang daun jati (0 % : 100 %) sebesar 1,826 kg/m<sup>2</sup> sedangkan tertinggi pada briket variasi ketujuh yaitu *bottom ash* batubara : arang daun jati (100 % : 0 %) sebesar 7,283 kg/cm<sup>2</sup>. Dari Pengujian yang telah dilakukan didapati bahwa semakin besar kandungan *bottom ash* batubara maka akan meningkatkan kuat tekan dari briket yang dibuat hal ini dikarenakan *bottom ash* batubara memiliki kandungan mineral yang lebih banyak dibandingkan dengan arang daun jati yang dibuktikan dengan besarnya kadar abu pada *bottom ash* batubara yaitu 83,92 % . Kandungan mineral *Bottom ash*  $Fe_2O_3 = 6,47\%$ ,  $SiO_2 = 61,92\%$ ,  $Al_2O_3 = 16,00\%$ ,  $CaO = 6,85\%$ ,  $MgO = 7,90\%$  dan beberapa senyawa lainnya seperti  $Na_2O_3$ ,  $K_2O$ ,  $P_2O_4$ , yang jumlahnya relatif kecil (Munir, 2010).Kemampuannya mengikat dengan kehadiran air dan ukurannya yang halus, oksida silika yang dikandung didalam abu batubara akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari hidrasi semen dan akan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. (Djiwanto, 2011). Sejauh ini *bottom ash* telah banyak diteliti untuk dijadikan bahan tambahan pembuatan paving block. Karena kemampuan

\*Mahasiswa Teknik Lingkungan FT UNDIP

\*\*Dosen Pembimbing Tugas Akhir Teknik Lingkungan FT UNDIP

inilah sehingga briket dengan substitusi *bottom ash* memiliki kuat tekan yang lebih besar pula. Kekuatan briket biomassa terhadap penekanan merupakan salah satu sifat fisik yang harus dimiliki agar briket tersebut memenuhi satu dari beberapa kriteria briket yang sesuai standar. Pada Permen ESDM No 047 tahun 2006 terdapat standar kuat tekan untuk briket. Didalam peraturan tersebut ada berbagai standar tergantung dari jenis briket yang dibuat salah satunya adalah briket biobatu bara dengan standar beban pecah yaitu minimal 65 kg/cm<sup>2</sup>. Selain di Indonesia diluar negeri juga terdapat standar kuat tekan untuk briket yaitu Jepang (60 kg/cm<sup>2</sup>-65kg/cm<sup>2</sup>), Inggris(12,7kg/cm<sup>2</sup>) dan Amerika (62kg/cm<sup>2</sup>). Dari semua standar diatas baik didalam negeri berupa Permen ESDM maupun standar dari tiga negara tersebut tidak ada satupun yang memenuhi.

**e. Komposisi Optimal Briket Berbahan Bottom Ash Batubara dan Arang Daun Jati**

Dari hasil pengujian didapatkan hasil kualitas briket terbaik sebagai berikut

No	Karakteristik	Variasi terbaik	Hasil Uji	Standar				
				SNI 01-6235-2000 tentang briket arang kayu	Permen ESDM No 047 tahun 2006 (briket biobatu bara)	Jepang	Inggris	USA
1	Kadar air (%)	7	1,04	maks 8	maks 15	6-8	3-4	6
2	Nilai kalor (kal/g)	1	6,004	5.000	4.400	6.000-7.000	7.300	6.500
3	Kadar abu (%)	1	25,43	maks 8	<10	3-6	8-10	8,3
4	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	7	7,28	-	65	60-65	62	12,7

Jika ditinjau dari segi manfaatnya variasi yang terpilih tentu saja berasal dari variasi pertama akan tetapi karena tujuan umum penelitian adalah untuk meminimalkan jumlah limbah *bottom ash* batubara dengan memanfaatkannya sebagai produk yang bermanfaat yaitu menjadi briket maka keberadaan *bottom ash* batubara pada briket diusahakan harus tetap ada. Olehnya itu ditinjau dari berbagai aspek maka peneliti menentukan variasi terbaik yaitu variasi kedua dimana karakteristik variasi tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini

No	Karakteristik	Variasi terbaik	Hasil Uji	Standar				
				SNI 01-6235-2000 tentang briket arang kayu	Permen ESDM No 047 tahun 2006 (briket biobatu bara)	Jepang	Inggris	USA
1	Kadar air (%)	2	4,052	maks 8	maks 15	6-8	3-4	6
2	Nilai kalor (kal/g)	2	4.520	5.000	4.400	6.000-7.000	7.300	6.500
3	Kadar abu (%)	2	36,358	maks 8	<10	3-6	8-10	8,3
4	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	2	2,383	-	65	60-65	62	12,7

Dari tabel diatas diketahui bahwa variasi kedua yaitu *bottom ash* batubara : arang daun jati (20 % : 80 %) adalah variasi terpilih dikarenakan ditinjau dari segi kemanfaatannya untuk mengurangi limbah *bottom ash* batubara, sehingga briket yang dihasilkan tetap mengandung substitusi *bottom ash* batubara. Substitusi 20 % didalam *bottom ash* sudah melebihi standar yang telah ditetapkan oleh Permen ESDM tentang tentang pedoman pembuatan dan pemanfaatan briket batubara dan bahan bakar padat berbasis batubara yaitu minimal 4.400 kal/gr. Akan tetapi untuk standar SNI tentang briket arang kayu nilai kalor tersebut belum memenuhi. Olehnya itu untuk mengetahui seberapa besar substitusi *bottom ash* batubara kedalam briket sehingga memenuhi standar SNI yaitu 5.000 kalori/gram dapat menggunakan rumus interpolasi linear. Metode interpolasi linier adalah bentuk interpolasi yang paling sederhana, metode ini menghubungkan dua titik data dengan garis lurus. Dengan memakai segitiga sebangun yaitu :

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

Dimana

$f_1(x)y_x$  = Nilai y (kalor) yang dicari/ ditaksir

$f(x_0)y_0$  = Nilai kalor setelah nilai y(kalor) yang dicari/ ditaksir

$f(x_1)y_1$  = Nilai kalor sebelum nilai y(kalor) yang dicari/ ditaksir

$x$  = persenan(%) nilai y(kalor) yang dicari/ ditaksir

$x_0$  = persenan(%) setelah nilai y(kalor) yang dicari/ ditaksir

$x_1$  = persenan(%) sebelum nilai y(kalor) yang dicari/ ditaksir

Dengan rumus interpolasi menurut persamaan diatas, berikut ini cara menaksirkan nilai y yaitu variabel terikat berupa nilai kalor

= 5.000 kalori/gram



$$f_1(x)y_x = 5.000 \quad x = ? \% \text{ Arang daun jati}$$

$$f(x_0)y_0 = 4.520,347 \quad x_0 = 80 \% \text{ Arang daun jati}$$

$$f(x_1)y_1 = 6.044,450 \quad x_1 = 100 \% \text{ Arang daun jati}$$

$$\frac{f_1(x)-f(x_0)}{x-x_0} + \frac{f(x_1)-f(x_0)}{x_1-x_0} = \frac{5.000-4.520,347}{x-80} + \frac{6.044,450-4.520,347}{100-80}$$

$$= \frac{479,653}{x-80} + \frac{1.524,103}{20}$$

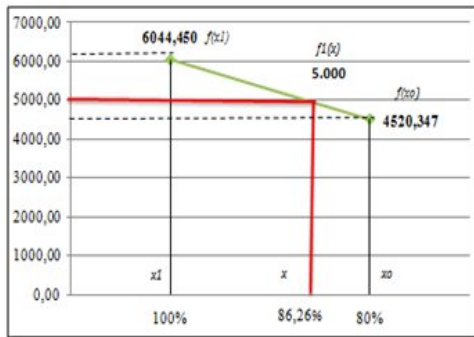
$$1.524,103 x - 121.928,24 = 9.593,06$$

$$1.524,103 x = 9.593,06 + 121.928,24$$

$$1.524,103 x = 131.516,3$$

$x = 86,29 \% \text{ Arang daun Jati atau } 13,71 \% \text{ bottom ash batubara}$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini



#### f. Kandungan Logam berat Cu dan Zn Pada Briket Variasi Terbaik

Dari hasil uji pendahuluan yang dilakukan terhadap karakteristik *bottom ash* batubara didapatkan hasil sebagai berikut

No	Nama logam berat	Uji pendahuluan ( <i>Bottom ash</i> batubara) mg/l	Uji pendahuluan ( <i>Bottom ash</i> batubara) µg/g	Residu abu pembakaran (Variasi 2) mg/l	Residu abu pembakaran (Variasi 2) µg/g
1	Cu	36,200	0,908	34,3774	0,85
2	Zn	54,533	1,363	48,613	1,21

Dari hasil pengujian didapatkan kadar logam berat yang berkurang setelah dilakukannya pembakaran. Idealnya residu briket yaitu abu sisa hasil pembakaran yang mengandung logam berat tidak terlepas keluar sehingga dampak negatifnya terhadap manusia dan lingkungan dapat dihindari. Untuk logam berat yang berasal dari residu abu pembakaran sampai saat ini belum ada baku mutu yang mengaturnya. Salah satu pengolahan yang dapat dilakukan terhadap residu abu pembakaran yaitu dengan cara stabilisasi/solidifikasi yaitu suatu tahapan

proses pengolahan limbah B3 untuk mengurangi potensi racun dan kandungan limbah B3 melalui upaya memperkecil/membatasi daya larut, pergerakan/penyebaran dan daya racunnya. (immobilisasi unsur yang bersifat racun) sebelum limbah B3 tersebut dibuang ke tempat penimbunan akhir (landfill). Prinsip kerja stabilisasi/solidifikasi adalah perubahan watak fisik dan kimiawi limbah B3 dengan cara penambahan senyawa pengikat sehingga pergerakan senyawa-senyawa B3 dapat dihambat atau terbatas dan membentuk ikatan massa monolit dengan struktur yang kekar (massive). Tata cara kerja stabilisasi/solidifikasi menurut Bapedal No 03/Bapedal/09/1995

#### g. Emisi Karbon Monoksida (CO) Pada Briket Variasi Terbaik

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan yaitu menggunakan alat CO meter didapatkan hasil emisi karbonmonoksida pada briket variasi terbaik yaitu variasi ketiga dengan komposisi 40% *bottom ash* batubara dan 60% arang daun jati memiliki emisi karbon monoksida sebesar 54 ppm yang jika dikonversi kedalam satuan mg/Nm<sup>3</sup> menjadi 61,84 mg/Nm<sup>3</sup>. 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/Nm<sup>3</sup> (Djayanti, 2011), emisi CO yang dihasilkan oleh briket campuran *bottom ash* batubara dan arang daun jati masih lebih tinggi.

Pada penggunaannya briket yang telah dibuat diasumsikan briket digunakan untuk sektor industri sehingga peraturan terkait juga harus sesuai yang berarti mengacu pada emisi sumber tidak bergerak. Akan tetapi karena pengukuran yang dilakukan tidak distandarisasi seperti seharusnya pada saat pengukuran emisi sumber tidak bergerak olehnya itu hasil pengukuran tersebut tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu tersebut. Akan tetapi Hasil pengkuran masih bisa dibandingkan dengan emisi udara ambien.

\*Mahasiswa Teknik Lingkungan FT UNDIP

\*\*Dosen Pembimbing Tugas Akhir Teknik Lingkungan FT UNDIP

Didalam Peraturan Pemerintah RI 41 tahun 1999 untuk parameter CO dengan waktu pengukuran 1 jam baku mutunya yaitu  $30.000 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Dari hasil pengukuran didapatkan CO dengan pengukuran selama kurang lebih 5 menit didapatkan nilai CO  $61,84 \text{ mg}/\text{Nm}^3$  atau  $61.840 \text{ mg}/\text{Nm}^3$  dengan mengacu pada baku mutu ini dapat dikatakan bahwa emisi CO masih tergolong tinggi. Selain Standar dari PP RI 41 tahun 1999 terdapat juga Permen ESDM No 047 Tahun 2006 tentang standar emisi kompor yaitu dengan baku mutu  $726 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ . Baku mutu Permen ini masih jauh lebih tinggi dibandingkan dengan PP RI 41 tahun 1999 sehingga hasil pengujian jika dibandingkan dengan baku mutu ini masih jauh dibawah standar. Pengukuran CO pada briket pada dasarnya adalah untuk meminimalkan pencemaran yang terjadi ketika briket telah diproduksi

## **PENUTUP**

1. Pengaruh variasi persentase *bottom ash* batubara dan arang daun jati kering terhadap karakteristik mutu briket berupa kadar air, nilai kalor, kadar abu dan kuat tekan briket yaitu semakin besar persentase substitusi arang daun jati kering maka semakin tinggi nilai kalor dan kadar air pada briket sedangkan kadar abu dan kuat tekannya semakin rendah sedangkan semakin besar persentase substitusi *bottom ash* batubara kedalam briket maka semakin besar kadar abu dan kuat tekannya.

2. Variasi terbaik dari pembuatan briket yaitu pada briket variasi ketiga dengan substitusi 20% *bottom ash* batubara dan 80% arang daun jati dengan kadar air 4,052 %, nilai kalor 4.520 kal/g, kadar abu 36,358% dan kuat tekan  $2,383 \text{ kg}/\text{cm}^2$

3. Kandungan logam berat yaitu Cu dan Zn dari residu abu pembakaran briket variasi terbaik yaitu kadar Cu dan Zn mengalami penurunan setelah dibakar yaitu masing masing turun sebesar 47mg untuk logam berat Cu dan 198 mg untuk logam berat Zn sedangkan emisi karbon monoksida pada briket variasi terbaik yaitu bernilai  $61,80 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ .

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

Selain menguji nilai kalor, kadar air, kadar abu kuat tekan sebagai karakteristik utama pembuatan briket perlu juga penelitian lanjutan tentang kadar karbon terikat serta volatil meter dari briket berbahan arang daun jati dan *bottom ash* batubara

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Djayanti,dkk,2011. Pengendalian Emisi Gas Buang Boiler Batubara dengan Sistem Absorbansi
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi air dan udara*. Kanisius : Bogor
- Munir,Misbachul.2008. Pemanfaatan Abu Batubara (Fly ash) untuk hollow block yang bermutu dan aman bagi lingkungan.Skirpsi.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 047 Tahun 2006 Tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara
- Samadhi,dkk. 2008. Pembakaran Ulang Abu Bawah Batubara. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, Vol 7 No 3 Desember 2008 : 810- 816
- sisni.bsn.go.id
- Thoha dan Fajrin.2010.Pembuatan briket arang dari daun jati dengan sugu aren sebagai pengikatnya. *Jurnal Teknik Kimia* No 1 Volume 17 Januari 2010

\*Mahasiswa Teknik Lingkungan FT UNDIP

\*\*Dosen Pembimbing Tugas Akhir Teknik Lingkungan FT UNDIP