

KARAKTERISTIK BIOBRIKET KULIT DURIAN SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF TERBARUKAN

CHARACTERISTICS OF DURIAN PEEL BIOBRIQUETTES AS RENEWABLE ALTERNATIVE FUELS

Wahidin Nuriana^{1)*}, Nurfa Anisa¹⁾, dan Martana²⁾

¹⁾Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka, Madiun
Jl. Serayu, No. 79, Madiun 63133
E-mail: w_nuriana@yahoo.co.id

²⁾Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka, Madiun

ABSTRACT

The search for alternative renewable and environmental friendly source of energy has been done continuously in order to reduce dependence on fossil fuels such as kerosene used in household stoves. Biomass has been considered as one of several potential source of renewable energy. Amongst potential biomass known is the Durian Fruit (*Durio zibethinus*), which is abundant in Indonesia's fruit production. It consists of $\pm 20.92\%$ fruit pulp, peel and stone waste of $\pm 79.08\%$ and it is considered a highly potential biomass when used as a bioenergy raw materials. The purpose of this research was to create and test the characteristics of Durian skin briquette as a source of renewable energy by applying proximate analysis that was conducted in Laboratories. The research applied comprehensive random plan in 3 repetitions. The treatment is to carbonize dried durian skin at 200, 250, 300, 350, 400, 450, and 500 degrees Celcius for 1.5 hours against its carbon's content, water, volatile matter, ash, its density and its calorie's proportion. From the proximate analysis at 450°C carbonization temperature it is found that there is 77.87% Fixed Carbon (FC), 0.01% Moisture (M), 3.94% of Volatile Matter (VM) and 18.18% Ash (A). The chemical properties of briquettes gained 0.09% of moisture content, 0.99 g/mL of density, 6274.29 cal /g of heating value, the size of 100 mesh of briquettes composer particle have compressive strength at 15.10 N/cm² apply on 3.8 cm of diameter briquette in high at 6.5 cm and the weight ratio of the durian's peel before and after 450 °C carbonization was 22.12%.

Keywords: durian peel waste, briquettes characteristics, compressive strength, heating value

ABSTRAK

Upaya untuk mencari bahan bakar alternatif terbarukan (*renewable*) yang ramah lingkungan dilakukan terus-menerus guna mengurangi ketergantungan pada energi fosil, sebagai bahan bakar dalam keperluan rumah tangga khususnya untuk pengganti minyak kompor. Salah satu energi terbarukan yang mempunyai potensi besar di Indonesia adalah biomassa. Buah durian (*Durio zibethinus*) adalah salah satu jenis buah Indonesia yang produksinya cukup melimpah dan merupakan biomassa yang sangat potensial bila dimanfaatkan sebagai bahan baku bioenergi karena buah durian terdiri atas daging buah $\pm 20,92\%$, limbah berupa biji dan kulit $\pm 79,08\%$. Tujuan penelitian ini adalah membuat dan menguji karakteristik biobriket kulit luar durian sebagai bahan bakar dengan analisis proksimasi yang dilakukan secara laboratorium. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan 3 pengulangan. Sebagai perlakuan adalah suhu karbonisasi pada 200, 250, 300, 350, 400, 450 dan 500°C pada kulit durian kering terhadap kandungan karbon, air, zat mudah menguap, abu, densitas dan nilai kalor. Hasil analisis proksimasi pada temperatur karbonisasi 450°C adalah karbon tetap 77,87%, kebasahan 0,01%, zat mudah menguap 3,94% dan abu 18,18%. Karakteristik kimiawi briket meningkat kadar air sebesar 0,09%, densitas 0,99 g/mL, nilai kalor 6.274,29 cal/g, ukuran partikel pembentuk briket 100 mesh mempunyai kuat tekan sebesar 15,10 N/cm² pada ukuran briket diameter 3,8 cm tinggi 6,5 cm dan rasio bobot kulit durian sesudah dengan sebelum karbonisasi pada suhu 450°C adalah 22,12%.

Kata kunci: limbah kulit durian, karakteristik biobriket, kuat tekan, harga kalor

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi termasuk bahan bakar minyak (BBM) merupakan isu global yang penting terkait dengan konsumsi, sumber daya dan dampak lingkungan. Berbagai kebijakan dan upaya dilakukan untuk menjaga keseimbangan persediaan dan kebutuhan energi dunia secara berkesinambungan, sehingga menghasilkan sebuah kebijakan campuran energi (*energi mix*) pada level

global ataupun nasional dengan mempertimbangkan aspek ekonomis dan dampaknya bagi lingkungan (Agustina, 2006; Pambudi *et al.*, 2008; Nuriana, 2007).

Indonesia merupakan negara agraris yang kaya akan tanaman yang sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai energi terbarukan. Potensi biomassa mencapai 50.000 MW kapasitas terpasang hanya 320 MW atau sekitar 0,64% yang sudah dimanfaatkan (Pambudi *et al.*, 2008). Potensi

biomassa di Indonesia yang sementara dimanfaatkan bersumber dari sawit, sisa penggilingan padi, kayu, *polywood*, limbah pabrik gula, kakao dan limbah pertanian lainnya. Dalam hal ini yang belum banyak dimanfaatkan adalah limbah pertanian durian khususnya kulit durian. Produksi durian lokal tanah air adalah 683.232 ton per tahun. Banyak jenis durian bermutu baik dari Indonesia, namun juga banyak mengimpor dan sejak 2004 hingga 2010 impor durian makin naik.

Umumnya sebagian limbah kulit durian hanya digunakan sebagai bahan bakar tungku, atau dibakar begitu saja, sehingga dapat menimbulkan pencemaran lingkungan (Jatiet *et al.*, 2005). Konversi kulit durian menjadi briket memperbesar densitas, akan meningkatkan nilai ekonomis bahan tersebut, serta mengurangi pencemaran lingkungan. Briket arang merupakan bahan bakar padat dari bahan organik yang mengandung karbon, mempunyai nilai kalori yang tinggi, dan dapat menyala dalam waktu yang lama (Lusia, 2008). Bioarang adalah arang yang diperoleh dengan membakar biomassa kering tanpa udara (pirolisis). Biomassa adalah bahan organik yang berasal dari jasad hidup. Biomassa sebenarnya dapat digunakan secara langsung sebagai sumber energi panas untuk bahan bakar, tetapi kurang efisien karena densitasnya kecil. Nilai bakar biomassa hanya sekitar 3000 kal (Brades *et al.*, 2008, Syamsirol *et al.*, 2007;).

Pirolisis adalah proses dekomposisi kimia dengan menggunakan pemanasan tanpa adanya oksigen. Proses ini disebut juga proses karbonisasi, yaitu proses untuk memperoleh karbon atau arang. Dalam proses pirolisis dihasilkan gas-gas, seperti CO, CO₂, CH₄, H₂, dan hidrokarbon-hidrokarbon ringan. Jenis gas yang dihasilkan bermacam-macam tergantung pada bahan baku. Salah satu contoh pada pirolisis dengan bahan baku batubara menghasilkan gas seperti CO, CO₂, NO, dan SO. Bila dalam jumlah besar, gas-gas tersebut dapat mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia baik secara langsung maupun tidak langsung.

Briket bioarang mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan arang biasa (konvensional), antara lain: (a) Bioarang mampu menghasilkan panas kalor hingga 5.000 kalori, (b) Briket bioarang bila dibakar tidak menimbulkan asap maupun bau, sehingga dapat digunakan oleh masyarakat ekonomi lemah yang tinggal di kota dengan ventilasi perumahannya kurang mencukupi, praktis menggunakan briket bioarang, (c) Setelah briket bioarang terbakar (menjadi bara) tidak perlu dilakukan pengipasan, (d) Peralatan pengepresan dibentuk sesuai kebutuhan (Tim Nasional, 2007; Tirono *et al.*, 2011; Syamsirol *et al.*, 2007).

Hal di atas yang mendorong perlu dikembangkan produksi briket bioarang dalam upaya pemanfaatan limbah kulit durian menjadi briket bioarang dan dilakukan penelitian untuk mencari bahan bakar alternatif terbarukan berbasis kulit

durian sebagai bahan bakar pengganti minyak kompor. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada upayamengurangi ketergantungan pada enegi fosil. Bagian akhir dari penelitian ini adalah menentukan karakteristik bioriket yang memiliki nilai ekonomis tinggi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: limbah kulit durian yaitu , kulit durian segar jenis alas dan kulit hijau yang diperoleh dari sentra penjual durian di Kabupaten Madiun. Kulit durian bagian luar yang telah diiris-iris dikeringkan di bawah sinar matahari (3hari) hingga kadar air 15,38%, kemudian kulit durian kering diarangkan/ dikarbonisasi dalam *furnace* selama 1,5 jam untuk mendapatkan karbon yang tinggi selanjutnya diayak menggunakan alat pengayak ukuran 80 mesh dan 100 mesh. Tepung kanji dan air dimasak sebagai lem, dengan perbandingan 60g tepung kanji dicampur dengan air 200 mL dimasak hingga mendidih dalam jumlah 10% bobot terhadap total briket (Sulistyanto, 2005). Aluminium foil adalah bahan pembungkus saat bahan dibakar dalam *furnace*.

Peralatan yang digunakan adalah pisau, tampah, pengayak ukuran 80 mesh dan 100 mesh, *furnace* untuk karbonisasi, mortal, desikator, alat press pencetak briket, waskom, gelas ukur, labu volume, piknometer untuk mengukur densitas bahan hasil karbonisasi, timbangan, ayakan, vibrator, *calorimetry bomb* untuk mengukur nilai kalor bahan bakar, *UTM (Universal Test Material)* merk *Comten Industries, tipes of tests 94-A* adalah alat penguji kuat tekan.

Metode

Penelitian dilakukan dan diuji secara laboratorium.

P
e
r
a
n
c
a
n
g
a
n

P
e
r
c
o
b
a
n

m
e
n
g
g
u
n
a
k
a
n

r
a
n
c
a
n
g
a
n

a
c
a
k

l
e
n
g
k
a
p
,

d
e
n
g
a
n

v
a
r
i
a
b
e
l

p
e
n
g
a
r
u

h
s
u
h
u

k
a
r
b
o
n
i
s
a
s
i

2
0
0
-
5
0
0
°
C
,
d
a
n

v
a
r
i
a
b
e
l

r
e
s
p
o
n

a
d
a
l
a
h

b
o
b

o
t

b
a
h
a
n

s
e
s
u
d
a
h

p
r
o
s
e
s

k
a
r
b
o
n
i
s
a
s
i
,

k
a
d
a
r

k
a
r
b
o
n

t
e
t
a
p
,

k
a
d

a
r

a
i
r
,

b
a
h
a
n

m
u
d
a
h

m
e
n
g
u
a
p
,

k
a
d
a
r

a
b
u
,

n
i
l
a
i

k
a
l
o
r

d
a
n

d
e
n
s

i
t
a
s
.
T
a
h
a
p
a
n

p
e
m
b
u
a
t
a
n

d
a
n

p
e
n
g
u
j
i
a
n

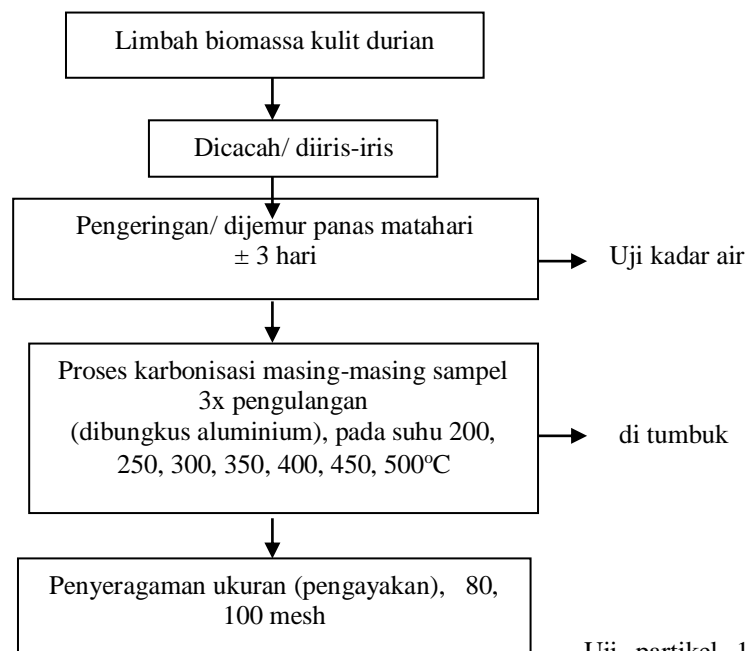
b
r
i
k
e
t

d
i
s
a
j
i
k
a
n

p
a
d
a

G
a
m
b
a
r

1
.



Uji partikel 100 mesh (Bobot sesudah karbonisasi, karbon tetap, bahan mudah menguap, kadar air, kadar abu, densitas

Gambar 1. Bagan alir pembuatan dan pengujian biobriket kulit durian

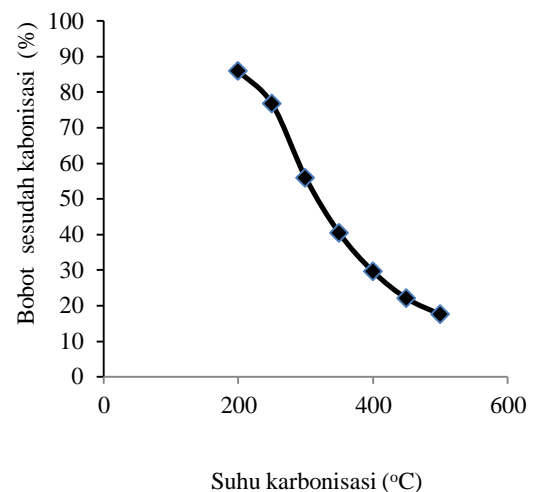
Analisis Data

Data diperoleh dari percobaan, dengan replikasi 3 (tiga) kali. Analisis data menggunakan Anova (*Analysis of Variance*) univarian pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ dibandingkan dengan P, hasil P adalah 0,05. Bila terdapat beda nyata maka dilanjutkan dengan menggunakan uji Tukey pada taraf $\alpha = 5\%$. Data terdiri atas variabel pengaruh yaitu suhu karbonisasi 200-500°C variabel respon bobot bahan sesudah karbonisasi, kadar karbon tetap, kadar air, bahan mudah menguap, kadar abu, nilai kalor, dan densitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bobot Bahan Sesudah Karbonisasi

Pada penelitian ini, bahan bakar kulit durian bagian luar yang digunakan dalam keadaan kering dengan kandungan air 15,38%. Setelah perlakuan proses karbonisasi pada suhu 200-500°C diukur bobot bahan, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh suhu karbonisasi terhadap bobot bahan sesudah karbonisasi

Gambar 2 menunjukkan makin besar perlakuan suhu maka bobot sesudah karbonisasi makin kecil. Hal ini disebabkan pada suhu 225-500 °C kandungan air menguap, selulose, hemiselulosa dan lignin terurai, sehingga berpengaruh pada bobot bahan sesudah proses karbonisasi (Jatiet *al.*, 2005; Subroto, 2006; Natsir, 2007).

Kadar Karbon Tetap

Berdasarkan perhitungan selisih bobot bahan sebelum dan sesudah proses, karbonisasi merupakan karbon tetap atau massa yang terkarbonisasi dapat dilihat pada Gambar 3. Pengaruh perlakuan suhu makin tinggi maka hasil kandungan karbon makin naik secara signifikan.

Hasil Anova pada signifikansi $\alpha=5\%$ diperoleh $P < 0,05$ menunjukkan bahwa perlakuan suhu berpengaruh nyata terhadap kadar karbon tetap. Dilanjutkan dengan BNJ menggunakan Tukey, hasil

antara data perlakuan suhu ada beda nyata terhadap kandungan karbon, nilai kalor dan zat yang mudah menguap dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil uji Tukey menjelaskan bahwa pada masing-masing perlakuan suhu terdapat peningkatan kandungan karbon tetap yang signifikan dan beda nyata, sedang nilai kalor dengan perlakuan suhu menunjukkan peningkatan secara signifikan dari pada kandungan zat mudah menguap menurun sehingga berbeda nyata.

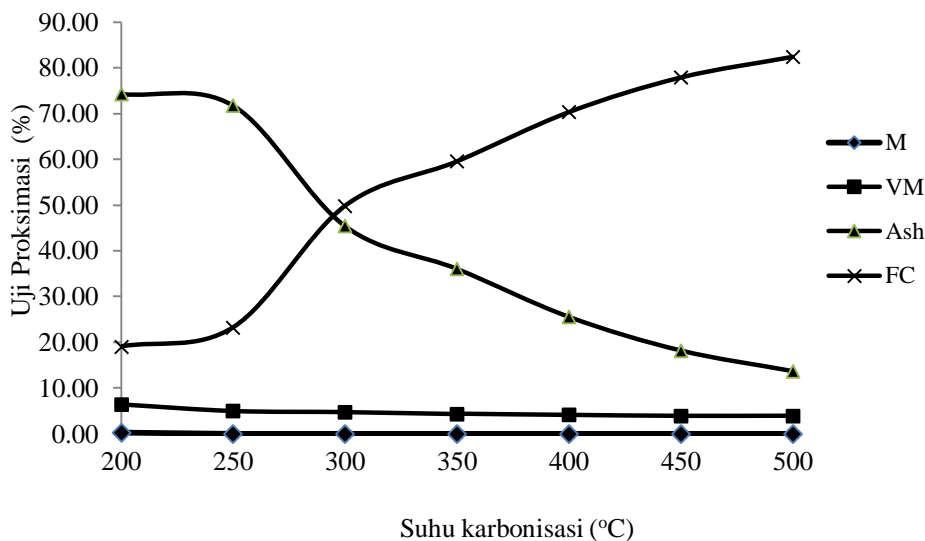
Suatu bahan bakar dikatakan mempunyai mutu yang baik apabila mempunyai kandungan karbon yang tinggi dan mempunyai nilai kalor yang tinggi pula, hal ini dapat dilihat pada Gambar 3. Proses karbonisasi merupakan pembakaran yang tidak sempurna tanpa adanya oksigen, sehingga terjadi pelepasan senyawa yang mudah menguap dalam bentuk gas atau asap dan meninggalkan residu gas atau arang karbon. Makin tinggi suhu karbonisasi mengakibatkan kadar karbon tetap makin tinggi (Suyitno, 2009). Pembentukan karbon pada saat proses karbonisasi secara baik pada suhu 300-500°C dan akan menimbulkan asap akibat terlepasnya unsur yang mudah menguap dari selulosa pada suhu 325-375°C, sedang hemi selulosa (C₅H₈O₄)_n akan terurai 225-325°C. Lignin [(C₉H₁₀O)₃ (CH₃O)]_n akan terurai pada suhu 300-500°C (Jatiet *et al.*, 2005).

Kadar Air dan Kadar Abu

Kadar air setelah karbonisasi pada suhu 200-500°C dapat dilihat pada Gambar 3, makin tinggi suhu maka kadar air makin kecil, disebabkan makin tinggi suhu zat air makin banyak menguap. Berdasar uji Anova pada signifikansi α=5% diperoleh P< 0,05, menunjukkan bahwa perlakuan suhu berpengaruh nyata terhadap kadar karbon tetap. Dilanjutkan dengan BNJ menggunakan Tukey, hasil antara data perlakuan suhu beda nyata. Kadar air tertinggi adalah 0,28% lebih rendah dibandingkan briket campuran tempurung kelapa dan serbuk kayu yaitu antara 4,74%. Harga kadar abu pada penelitian ini 18,8% lebih besar dibanding dengan briket tongkol jagung, kayu jarak, standar arang Jepang dapat dilihat pada Tabel 4. Kadar abu briket kayu keras adalah 0,35-0,5%. Kadar abu yang tinggi dapat mempengaruhi nilai kalori suatu briket arang (Shankar *et al.*, 2010).

Bahan Mudah Menguap

Pada proses karbonisasi ada bahan-bahan yang mudah menguap antara lain karbon, hidrogen, oksigen. Pengaruh karbonisasi pada perlakuan suhu 200-500 °C dapat dilihat pada Gambar 3. Karakteristik biobriket kulit durian ukuran butiran 100mesh pada suhu 450°C dapat dilihat pada Tabel 2 dan beberapa nilai kalor dari beberapa briket hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 3. Pengaruh suhu karbonisasi 200-500°C terhadap komposisi kadar air (M), zat mudah menguap (VM), abu (Ash) dan kadar karbon tetap (FC)

Tabel 1. Hasil uji Tukey pada perlakuan suhu karbonisasi terhadap kandungan karbon, nilai kalor dan kandungan zat mudah menguap dengan pengulangan 3 kali

Suhu (°C)	N	Kandungan Carbon (%)	Nilai kalor (cal/g)	Zat mudah menguap (%)
200	3	19,0433 ^a	4,5685E3 ^a	6,3600 ^a
250	3	23,2400 ^b	4,7760E3 ^b	4,9600 ^b

300	3	49,8233 ^c	6,1191E3 ^c	4,7600 ^c
350	3	59,5300 ^d	6,1673E3 ^e	4,4000 ^d
400	3	70,3033 ^e	6,2136E3 ^f	4,1000 ^e
450	3	77,8700 ^f	6,2523E3 ^g	3,9400 ^f
500	3	82.1300 ^g	6,1362E3 ^d	3,9400 ^f
Sig.		1.000	1.000	1.000

Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang sama tidak beda menurut uji Tukey

Tabel 2. Karakteristik biobriket kulit durian pada suhu 450°C

Kadar Karbon (%)	Kadar Air (%)	Bahan mudah menguap (%)	Kadar abu (%)	Nilai kalor (cal/g)	Densitas (g/mL)
77,87	0,01	3,94	18,18	6.274,29	0,99

Tabel 3. Nilai kalor beberapa biobriket

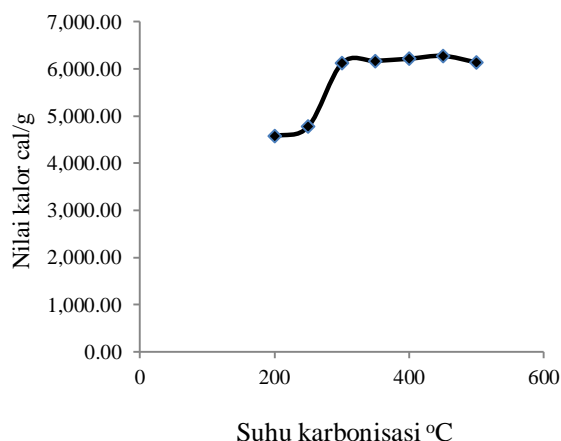
Sumber Bahan Baku	Nilai Kalor (kal/g)	Referensi
Kulit durian	6.274,29	Hasil Penelitian
Cangkang sawit	4.439,00	Sekianti, 2008
Batubara	6.999,50	Jamilatun, 2008
Serbuk gergaji	5.786,37	Yudanto, 2011
Cangkang kakao	2.845,42	Syamsirol, 2007
Tempurung kelapa	8.142,68	Tirono <i>et al.</i> , 2011
Tongkol jagung	7.128,38	Budi <i>et al.</i> , 2010
Sekam padi	5.609,45	Puji <i>et al.</i> , 2010

Nilai Kalor

Setelah proses karbonisasi, bahan dijadikan serbuk dipilih ukuran 100 mesh untuk mempermudah uji nilai kalor pada proses pembakaran dengan oksigen dalam *calorimetry bomb* (Wahyudi, 2006), karena semakin kecil ukuran partikel (memperbesar permukaan) sehingga bahan makin cepat terbakar. Hasil pengaruh suhu karbonisasi terhadap nilai kalor pada ukuran butiran 100 mesh disajikan pada Gambar 4.

Nilai kalor tertinggi adalah 6.274,29 cal/g ini terjadi pada suhu 450°C. Selisih bobot bahan sebelum dan sesudah karbonisasi dari interval suhu karbonisasi 200-500°C makin kecil, disebabkan karena kandungan air, zat mudah menguap, selulosa, dan hemiselulosa terurai menjadi karbon pada suhu 225-325°C, sedang lignin akan terurai menjadi karbon pada suhu 300-500°C. Menurut Destyorini *et al.* (2010), karbonisasi merupakan pembakaran tidak sempurna tanpa adanya oksigen, sehingga terjadi pelepasan senyawa yang mudah menguap ke dalam bentuk gas atau asap dan meninggalkan residu gas atau berupa arang karbon. Karbon tidak akan terbakar tanpa oksigen, sehingga semakin tinggi suhu karbonisasi, mengakibatkan kadar karbon makin tinggi (Gambar 3). Pada proses karbonisasi, karbon terbentuk secara baik pada suhu 300-500°C dan akan menimbulkan asap akibat

terlepasnya unsur yang mudah menguap selulosa, hemiselulosa, lignin, dan serat (Jati, 2005; Subroto, 2006). Mutu pembakaran biomasa limbah durian dapat ditingkatkan dalam bentuk briket melalui proses karbonisasi sehingga dapat meningkatkan kadar karbon dan nilai kalor. Briket kulit durian memiliki nilai kalor lebih besar dibanding briket cangkang sawit, briket campuran batubara (jenis *lignite*) dan sabut kelapa pada perbandingan 30%: 70%, briket serbuk gergaji kayu jati, sekam padi tetapi lebih kecil dari nilai kalor biobriket dari arang tempurung kelapa pada suhu 500°C, briket batubara dan tongkol jagung (Puji *et al.*, 2010).



Gambar 5. Suhu karbonisasi 200-500°C versus densitas hasil karbonisasi (g/mL)

Karakteristik biobriket kulit durian dibanding dengan briket tongkol jagung hasil penelitian Budi (2010), briket kulit kakao hasil penelitian Natsir (2007), briket kayu jarak dan briket arang standar Jepang (Sudradjat *et al.*, 2005) yang dinyatakan pada Tabel 4.

Ukuran Partikel

Partikel hasil proses karbonisasi ditumbuk dan diayak dengan ukuran 80 mesh dan 100 mesh, hasil pengepresan mempunyai kuat tekan 14,65 N/cm² dan 15,10N/cm². Partikel 100 mesh mempunyai kerapatan partikel lebih besar, sehingga harga kuat tekan lebih tinggi, sesuai penelitian Yudanto *et al.* (2011) bahwa pada pembuatan briket bioarang dari serbuk gergaji kayu jati makin kecil ukuran partikel makin tinggi harga kuat tekannya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Briket kulit durian berbentuk silinder dengan ukuran diameter 3,8 cm, tinggi 6,5 cm dan ukuran butiran 100 mesh, mempunyai karakteristik

kadar karbon tetap/ (*fixed carbon*) 77,87%, kebasahan/ (*moisture*) 0,01%, zat mudah menguap (*volatile matter*) 3,94% dan abu (*ash*) 18,18%. Untuk memperoleh kadar karbon dilakukan proses karbonisasi pada suhu 450°C, diperoleh nilai kalor (*heating value*) 6.274,29 kal/g, densitas 0,99 g/mL, kuat tekan pada 100 mesh adalah 15,10 N/cm², dan nilai kalor 6.274,29 kal/g. Proses densifikasi/pembriketan hasil karbonisasi menaikkan nilai kalor per volume atau menaikkan densitas bahan bakar.

Limbah kulit durian dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif terbarukan berupa biobriket dengan rasio kulit bobot kering terhadap kulit bobot basah rata-rata 1:3.

Saran

Penelitian lebih lanjut disarankan melakukan perbandingan efisiensi tentang pembakaran biobriket kulit durian dengan biobriket limbah pertanian lain dan briket dari batubara. Juga diadakan penelitian lanjut tentang pengaruh sisa pembakaran terhadap kesuburan tanah terkait dengan tanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian No. 0044/SP2H/PP/K7/KL/II/2012, tanggal 9 Februari 2012, atas dana yang diberikan untuk penelitian ini
2. Rektor dan Ketua LPPM Universitas Merdeka Madiun, atas kesempatan dan fasilitasnya
3. Kepala Taki Teknik Kimia ITS Surabaya dan Kepala Sekolah SMKN 3 Madiun atas fasilitas laboratoriumnya.

Tabel 4. Karakteristik briket kulit durian dibanding briket tongkol jagung,kayu jarak, kulitkakao dan briket arang (standar) Jepang

Karakteristik Briket	Kulit Durian	Tongkol Jagung	Kayu Jarak	Kulit kakao	Standar Jepang*)
Carbon, (%)	77,87	79,374	66,01	49,93	60 - 80
Kadar Air (%)	0,01	0,644	5,87	10,67	6 - 8
Kadar Abu (%)	18,18	4,350	11,80	18,98	1 - 6
Zat mudah menguap(%)	3,94	15,632	20,90	24,99	15-30
Densitas (g/mL)	0,99	-	0,16	1,15	0,9 – 1
Nilai Kalor (cal/g)	6.274,29	7.128,38	5.250,00	4.372,54	6.000-7.000

*)Sudradjat *et al.*(2005)

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina SE. 2006. Peran Sumber Energi Terbarukan dalam Memenuhi Kebutuhan Energi Nasional. Paper pada Seminar Nasional Hemat Energi. Jakarta: 29 Juni 2006.
- Brades AC dan Febrina ST. 2008. Pembuatan Briket Arang Dari Enceng Gondok (Eichornia Crasipess Solm) Dengan Sagu Sebagai Pengikat. Dari-Enceng-Gondok-Eichornia-Crasipess-Solm-Dengan-Sagu Sebagai Pengikat. [19 Maret 2009].
- Budi US. 2010. Peningkatan Kualitas Pembakaran Biomassa Limbah Tongkol Jagung Sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Karbonisasi dan Pembriketan. *J Rekayasa Proses* 4 (1): 26-28.
- Destyorini F, Suhandi A, Subhan A, Indyaningsih, 2010. Pengaruh Suhu Karbonisasi Terhadap Struktur Dan Konduktivitas Listrik Arang Serabut Kelapa. *J Fisika Himpunan Fisika Indo*. 10(2): 124-125.
- Instruksi Presiden, Instruksi Preiden No 1 tahun 2006 tertanggal 25 Januari 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (biofuels), sebagai energi alternative, Jakarta: 2-9.
- Jamilatun. 2008. Sifat-sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu. *J Rekayasa Proses* 2 (2):14-17.
- Jati E dan Santoso AB, 2005. Penentuan Kalor Bakar Arang Dari Sejumlah Jenis Kayu dan Lama Pirolisis. *J Fisika Indonesia*, F MIPA UGM Yogyakarta IX(28):11-13
- Lusia. 2008. Pembuatan Briket Dengan Komposisi Limbah Cair CPO (Crude Pal Oil) dan Arang Tandan Kosong Kelapa Sawit. Alternatif Pengganti BBMPotensi Limbah Biomassa Smart Sebagai Sumber Energi Terbarukan. Palembang: Laporan Penelitian. Hal. 17-20.
- Natsir MU. 2007. Mutu Briket Arang Kulit Buah Kakao dengan Menggunakan Kanji Sebagai Perekat. *J Perennial* 3 (2):56-62.
- Nuriana W. 2007. Pemanfaatan Biji Durian Menjadi Etanol Sebagai Upaya Pengembangan Energi Alternatif Terbarukan Ramah Lingkungan. LPPM Universitas Merdeka Madiun: Laporan Penelitian. Hal. 10-15
- Pambudi NA. 2008. Energi Alternatif Itu Bernama Biomassa <http://alpensteel.com/article/51-111-energi-lain/279-energi>. [10 Maret 2009].
- Puji FH dan Alim F. 2010. Optimasi Kondisi Operasi Pirolisis Sekam Padi Untuk Menghasilkan Bahan Briket Bioarang Sebagai Bahan Bakar Alternatif. Laporan Penelitian. Hal. 12-13
- Sekianti R. 2008. Analisis Teknik dan Finansial Pada Produk Bahan Bakar Briket Dari Cangkang Kelapa Sawit, Palembang: Laporan Penelitian. Hal. 9-11
- Shankar JT, Christopher TW, Kevin LK, J Richard H 2010. A Technical Review on Biomass Processing: Densification, Preprocessing, Modelling, and Optimization. An ASABE, International Meeting. Paper No. 1009401. America: INL/CON-10-june, 2010. P. 3-5
- Suyitno. 2009. Energi dari Biomasa: Potensi, Teknologi dan Strategi. Surakarta: Laporan Penelitian (Hibah Bersaing).
- Syamsirol M dan Harwin S. 2007. Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao: Pengaruh Temperatur Udara Preheat. Di dalam prosiding Seminar Nasional Teknologi Teknik Mesin UGM Yogyakarta. 24 November 2007.
- Subroto. 2006. Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara, Ampas Tebu, Jerami. *J Media Mesin* 2(2):47-54.
- Sudradjat R, Setiawan D, dan Roliadi H. 2005. Teknik Pembuatan Dan Sifat Briket Arang Dari Tempurung Dan Kayu Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*) Tempurung Kayu Jarak. *J Penelitian Hasil Hutan* 12(6): 23-24.
- Sulistiyanto A. 2005. Pengaruh Variasi Bahan Perekat Terhadap Laju Pembakaran Biobriket Campuran Batubara Dan Sabut Kelapa, Surakarta: Laporan Penelitian. Hal. 11-13.
- Tim Nasional Pengembangan BBN, 2007, BBN, Bahan Bakar Alternatif dari Tumbuhan Sebagai Pengganti Minyak Bumi, hal. 32-35
- Tirono M dan Sabit A. 2011. Efek Suhu Pada Proses Pengarangan Terhadap Nilai Kalor Arang Tempurung Kelapa (Coconut shell charcoal). *Jurnal Neutrino* 3 (2):146-149.
- Wahyudi. 2006. Penelitian Nilai Kalor Biomassa: Perbandingan Antara Hasil Pengujian Dengan Hasil Perhitungan. *J Ilmiah Semesta Teknik* 9(2):208-210.
- Yudanto A dan Kartika K. 2011. Pembuatan Biorang dari Arang Serbuk Gergaji Kayu Jati. [Tesis]. Semarang: Universitas Diponegoro Semarang.