

Pemanfaatan Cangkang Biji Pala sebagai Briket dengan Proses Pirolisis

Rukmana^{1*}, Suryo Purwono¹, dan Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah¹

¹Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jl Grafika No. 2 Kampus UGM, 55281 Yogyakarta

*Email: rukmana_idris@yahoo.com

ABSTRACT

The abundance of nutmeg seed shells in Tidore is the reason to study the possibility to prepare charcoal briquettes. The use of charcoal briquettes was expected to reduce waste of nutmeg seed shell and can be an alternative energy source with a high economic value. This study aims to investigate the effect of pyrolysis temperature and composition of tapioca adhesive to resulting quality of briquettes. The first step of the research was preparation of nutmeg seed shells consisted of drying and size reduction into <20 mesh size. Afterward, the powder was put into furnace and heated to 350°C, 400°C, and 450°C for 90 minutes. During the process, volume of gas and liquids were measured every 15 minutes, while gas was sampled at 60 minute reaction. When pyrolysis was finished, about 20 g of charcoal was mixed with tapioca adhesive. The compositions of adhesive were 10%, 15%, 20%, 25%, and 30%. Finally, composite was formed in a cylindrical shape and compressed with hydraulic press at 3 tons weight for a minute. The briquettes were then dried and analyzed with proximate analysis test. The results show that the highest calorific value was 6717.74 cal/g for material pyrolyzed at 450°C and 20% adhesive. The effect of adhesive on shatter index test showed that increasing composition of adhesive makes a better briquette quality as shown by a lower shatter index. In this study, the minimum weight loss was obtained by the addition of 30% adhesive.

Keywords: briquettes, nutmeg seed shells, pyrolysis

ABSTRAK

Ketersediaan cangkang biji pala yang melimpah di kota Tidore menjadi dasar dilakukannya penelitian mengenai pemanfaatan cangkang biji pala menjadi briket arang. Penggunaan briket arang diharapkan dapat mengurangi limbah cangkang biji pala dan sebagai sumber energi alternatif ramah lingkungan yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh suhu pirolisis dan komposisi campuran perekat dengan arang cangkang biji pala terhadap kualitas briket. Tahap pertama dalam penelitian ini adalah penyiapan bahan baku berupa pengeringan dan penyesuaian ukuran cangkang biji pala sebesar 20 mesh. Tahap kedua yaitu proses pirolisis dengan cara memasukkan bubuk cangkang biji pala ke dalam tungku pirolisis (pirolisis selama 90 menit dengan variasi suhu 350°C, 400°C dan 450°C). Selama proses pirolisis berlangsung, volume gas dan cairan diukur setiap 15 menit, sedangkan pengambilan sampel gas dilakukan setelah pirolisis mencapai waktu 60 menit. Setelah dipirolisis, arang cangkang biji pala ditimbang seberat 20 gram kemudian bahan ini dicampurkan dengan perekat tapioka dengan variasi komposisi sebesar 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Setelah itu, arang cangkang biji pala dicetak dalam bentuk silinder dan dikempa dengan alat kempa hidrolik dengan berat 3 ton selama 1 menit. Briket kemudian dikeringkan

dan dianalisis uji proksimat. Hasil uji proksimat menunjukkan bahwa nilai kalor yang tertinggi sebesar 6717,74 kal/g dimiliki oleh bahan hasil pirolisis suhu 450°C dengan campuran perekat 20%. Pengaruh perekat terhadap uji *shatter index* menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan perekat dalam briket maka semakin baik *shatter index* dari briket. Pada penelitian ini diketahui bahwa briket dengan penambahan perekat sebesar 30% mengalami kehilangan berat yang paling sedikit.

Kata kunci: briket, cangkang biji pala, pirolisis

1. Pendahuluan

Rempah-rempah merupakan produk unggulan Indonesia, misalnya pala (*Myristica fragrans*). Sebagian besar komoditas pala dihasilkan oleh perkebunan rakyat (98%). Pada tahun 2000, luas perkebunan pala di Indonesia sebesar 43870 ha (Nurdjannah, 2007). Provinsi Maluku Utara, tepatnya di Kota Tidore Kepulauan merupakan salah satu penghasil pala terbesar. Produksi pala yang tinggi mampu meningkatkan penghasilan dan taraf hidup masyarakat.

Buah pala terdiri dari daging buah (77.8%), fuli (4%), tempurung (5.1%) dan biji (13.1%) (Nurdjannah 2007). Tidak semua bagian pala dimanfaatkan oleh masyarakat untuk dijual. Biji, fuli (salut merah yang membalut cangkang biji) dan daging buah pala merupakan bagian yang mempunyai nilai ekonomis, sedangkan bagian lainnya yaitu cangkang biji pala belum dimanfaatkan dengan baik. Berdasarkan data BKPM, produksi pala di kota Tidore adalah sekitar 300 ton per tahun (Regionalinvestment.bkpm.go.id). Hasil produksi pala dalam jumlah besar di setiap tahunnya menyebabkan jumlah cangkang biji pala yang dihasilkan juga menjadi besar.

Padahal sebenarnya cangkang biji pala memiliki kandungan energi yang tinggi. Nilai kalor cangkang ini sebesar 4340 kkal/kg, dengan nilai tersebut tidak jauh berbeda dengan nilai kalor batubara yaitu 4800 kkal/kg. Hal ini menunjukkan bahwa cangkang biji pala memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar misalnya dalam bentuk briket. Briket adalah bahan bakar padat yang dibentuk dengan dimensi tertentu, misalnya bantal (*oval*), sarang tawon (*honey comb*), silinder (*cylinder*), telur (*egg*), dan lain-lain (Brades dan Tobing, 2007). Pirolisis merupakan cara yang digunakan untuk membuat briket. Proses ini merupakan dekomposisi bahan kimia organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen.

Pada penelitian ini dilakukan studi pembuatan briket dari cangkang biji pala. Studi yang dilakukan dapat menjadi jawaban untuk

pemanfaatan material yang mempunyai potensi energi tinggi tetapi belum digunakan dengan baik. Proses pembuatan briket, nilai kalor, dan peluang pemanfaatannya akan diuraikan secara komprehensif dalam artikel ini.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat dan bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain alat pirolisis, oven, ayakan 20 mesh, pencetak briket, cawan porselin, kompor, neraca analitik, penghancur (*blender*), loyang, spatula, batang pengaduk, desikator, *stopwatch*, dan panci. Bahan yang digunakan adalah cangkang biji pala yang didapat dari kelurahan Gurabati Kota Tidore Kepulauan, tepung tapioka sebagai bahan perekat dan aquadest.

2.2 Persiapan bahan baku

Bahan baku yaitu cangkang biji pala dijemur di bawah sinar matahari hingga kering. Ukuran cangkang kemudian dikecilkan dengan mesin penghancur/penggiling dan kemudian hasilnya diayak dengan ukuran 20 mesh. Cangkang biji pala (<20 mesh) selanjutnya dipirolisis pada suhu 350°C, 400°C dan 450°C selama 90 menit. Selama pirolisis berlangsung, volume cairan dan gas yang dihasilkan diukur setiap 15 menit. Sampel gas yang diambil disimpan dalam tabung vakum untuk dianalisis kadar CO, CO₂, dan CH₄. Tekanan gas diukur menggunakan manometer terbuka. Setelah proses pirolisis, arang cangkang biji pala yang tersisa di *furnace* ditimbang beratnya. Sebanyak 20 gr arang kemudian dicampur dengan perekat sesuai dengan variasi rasio berat perekat dan cangkang biji pala yaitu 10:90%, 15:85%, 20:80%, 25:75% dan 30:70%. Perekat dibuat dengan mencampurkan tepung tapioka dengan aquadest dengan perbandingan 10:1. Campuran arang dan perekat kemudian dicetak dengan alat pencetak berbentuk silinder lalu dikempa dengan dengan alat tekan hidrolik dengan tekanan pengempaan 3 ton selama 1 menit. Briket yang sudah dicetak dikeringkan

menggunakan oven pada suhu $\pm 60-80^{\circ}\text{C}$ hingga kering.

2.3 Variabel penelitian

Variabel tetap terdiri dari waktu pirolisis selama 90 menit dan ukuran partikel < 20 Mesh. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu suhu pirolisis 350°C , 400°C dan 450°C dan persentase berat perekat tepung tapioka dalam briket 10%, 15%, 20%, 25%, 30%.

2.4 Analisis hasil dari proses pirolisis

Yield (Y) dihitung dari total produk yang dihasilkan berupa padatan (Pa), gas (G) dan cairan (C) dengan menggunakan Persamaan 1.

$$Y = \frac{W(G/C/Pa)}{W_0} \times 100\% \quad (1)$$

Kandungan gas CO , CO_2 , dan metan yang keluar saat pirolisis dianalisis menggunakan *gas chromatography* (GC) di Laboratorium Analisis Instrumental Departemen Teknik Kimia UGM. Analisis proksimat dari briket yaitu analisis nilai kalor, kadar air, *volatile matter*, karbon terikat, kadar abu dilakukan di Laboratorium Pangan dan Gizi Pusat Antar Universitas (PAU) UGM. Uji *shatter index* atau pengujian *drop test* menggunakan metode ASTM D 440-86 R02 dilakukan untuk mengetahui kekuatan briket.

2.5 Evaluasi model kinetika pirolisis

Evaluasi parameter dilakukan dari data *yield* produk. Mekanisme reaksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah modifikasi dari *three-step mechanism* (Erawati dkk., 2013) yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Mekanisme modifikasi *three-step mechanism* mengikuti persamaan 2 hingga 5:

$$\frac{dK}{dt} = -(k_1 + k_2 + k_3) K \quad (2)$$

$$\frac{dG}{dt} = k_1 K \quad (3)$$

$$\frac{dC}{dt} = k_2 K \quad (4)$$

$$\frac{dPa}{dt} = k_3 K \quad (5)$$

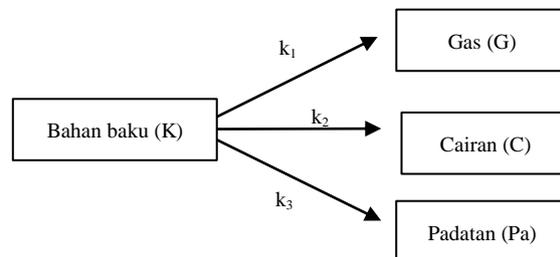
Konstanta laju reaksi (k_1 , k_2 , k_3) mengikuti persamaan Arrhenius seperti ditunjukkan pada persamaan 6.

$$k = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (6)$$

Persamaan differensial simultan (Persamaan 2 sampai 5) diselesaikan dengan menggunakan minimasi pada program Matlab. Nilai-nilai

parameter dievaluasi dengan minimasi jumlah kuadrat (SSE) yang dihitung menggunakan persamaan 7:

$$\text{SSE} = \sum (m_{\text{Cdata}} - m_{\text{Chitung}})^2 + (m_{\text{Gdata}} - m_{\text{Ghitung}})^2 + (m_{\text{Pdata}} - m_{\text{Phitung}})^2 \dots (7)$$



Gambar 1. Three-step mechanism

Untuk melihat kesesuaian model, koefisien determinasi (R^2) digunakan yaitu 1 dikurangi perbandingan jumlah kuadrat selisih (SSE) dengan jumlah kuadrat rata-rata (SST) seperti persamaan 8.

$$R^2 = 1 - \frac{\text{SSE}}{\text{SST}} \quad (8)$$

SST disebut sebagai kuadrat rata-rata yang dicari dengan persamaan 9.

$$\text{SST} = \sum (x_i - \bar{x})^2 \quad (9)$$

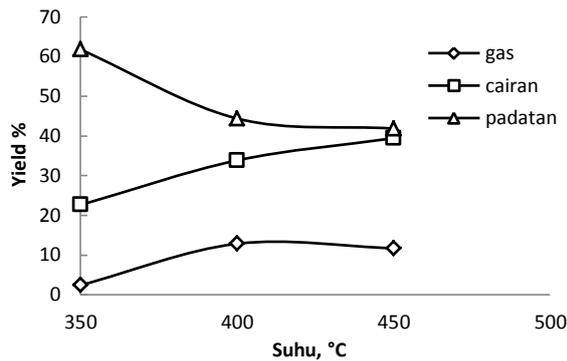
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik bahan baku

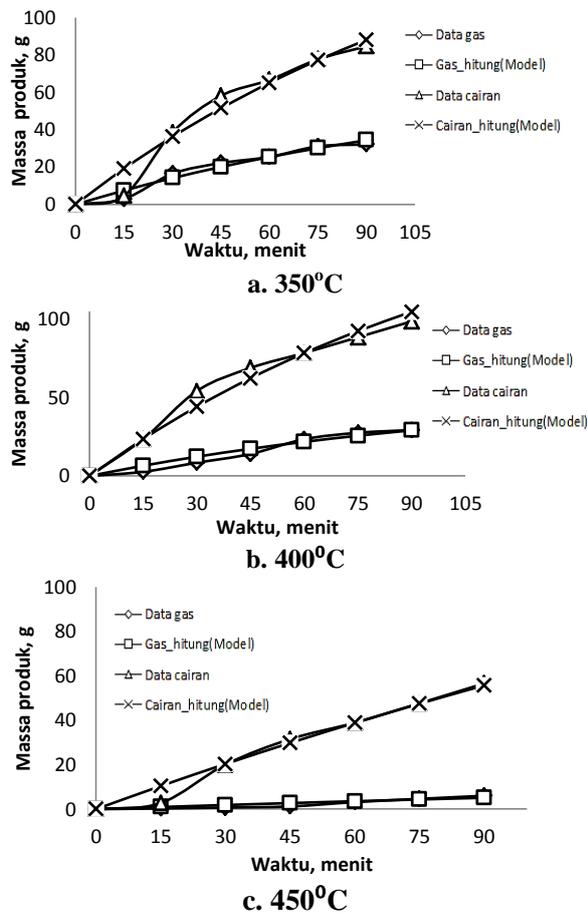
Briket merupakan salah satu bahan bakar padat yang dibuat dari bahan organik yang memiliki bentuk tertentu. Berdasarkan hasil *proximate analysis*, cangkang biji pala memiliki kadar abu 1,12%, kadar air 10,26%, *volatile matter* 58,42%, karbon terikat 30,71% dan nilai kalor 4339,86 kkal/kg. Analisis ini menunjukkan bahwa cangkang biji pala memiliki kandungan energi yang tinggi dan memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai briket.

3.2. Pengaruh suhu terhadap yield produk dari proses pirolisis

Yield produk berupa padatan, cairan dan gas dapat dilihat pada gambar 2. Terlihat jelas, suhu berpengaruh besar pada persentase produk yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu yang dioperasikan pada proses pirolisis, maka dekomposisi padatan yang terjadi semakin meningkat. Hal ini menyebabkan produk padatan semakin sedikit tetapi meningkatkan hasil cairan dan gas.



Gambar 2. Yield produk dari pirolisis cangkang biji pala



Gambar 3. Grafik pengaruh suhu terhadap hasil gas dan cairan pada suhu (a).350°C, (b). 400°C dan (c). 450°C

3.3 Kinetika reaksi pirolisis

Mekanisme untuk menggambarkan dekomposisi cangkang biji pala selama proses pirolisis adalah *three-step mechanism* oleh Erawati dkk (2013). Model ini menggambarkan penurunan massa padatan, kenaikan massa gas dan cairan terhadap waktu pirolisis. Gambar 3 memperlihatkan plot hasil gas dan cairan baik berupa data maupun garis simulasi dengan *three-step mechanism*. Seperti terlihat, jumlah

gas dan cairan meningkat seiring waktu pirolisis. Menurut Yuniarti (2016) kenaikan massa gas dan cairan disebabkan karena pemecahan rantai pada senyawa lignoselulosa yang terjadi secara bertahap. Pada awal pemanasan, ikatan yang berantai pendek akan mengalami degradasi lebih awal setelah itu rantai panjang akan terdegradasi yang menyebabkan kenaikan massa gas dan cairan secara signifikan.

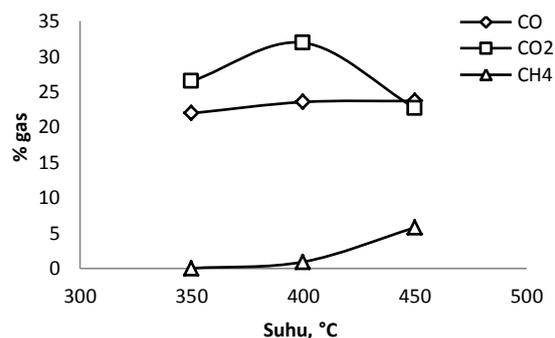
Nilai pre-eksponensial (*A*) dan energi aktivasi (*E_a*) dievaluasi dari konstanta kinetika. Hasil dirangkum pada Tabel 1. Nilai energi aktivasi briket cangkang biji pala tidak jauh berbeda dengan energi aktivasi jerami yaitu 11,3(kJ/mol) (Riyanto, 2009).

Tabel 1. Nilai parameter kinetika dari pirolisis cangkang biji pala

Parameter	k_1	k_2	k_3
Nilai pre-eksponensial (<i>A</i>), menit ⁻¹	4,77	0,52	$6,36 \times 10^{-4}$
energi aktivasi (<i>E_a</i>), kJ/mol	27,89	11,59	11,22

3.4 Hasil analisis gas

Komposisi gas yang diperoleh dari proses pirolisis dianalisis menggunakan *gas chromatography* (GC). Komposisi gas dapat dilihat pada Gambar 4 yang berupa gas CH₄, CO₂, dan CO pada berbagai suhu pirolisis. Gas hasil yang dominan adalah CO dan CO₂. Gas metana memiliki persentase tinggi ketika reaksi terjadi pada suhu tinggi (450°C).



Gambar 4. Pengaruh suhu terhadap komposisi gas

Menurut Varfolomeev dan Grachev (2015) yang menyebabkan produksi CH₄ meningkat adalah karena lignin yang mulai terdekomposisi di atas 350°C. Produksi gas CO juga semakin meningkat dengan bertambahnya suhu pirolisis. Hasil ini sama dengan yang dikemukakan oleh Ion (2013).

3.5 Pengaruh suhu dan berat perekat terhadap kualitas briket

Pengaruh suhu dan perekat terhadap kualitas briket dianalisis dengan uji proksimat (kadar air, kadar abu, volatile matter, karbon terikat dan nilai kalor) dan nilai *shatter index*s. Semua parameter uji dapat dilihat pada Gambar 5 dan diuraikan seperti berikut:

a. Kadar Air

Semakin kecil kadar air yang terkandung dalam briket, maka semakin baik kualitas briket tersebut. Standar kadar air yang ditetapkan SNI No. 1/6235/2000 adalah $\leq 8\%$. Berdasarkan Gambar 5a nilai terendah kadar air cangkang biji pala sebelum dicampur dengan perekat adalah material hasil pirolisis pada suhu 400°C . Hal ini berbeda dengan hasil material suhu 450°C yang memiliki nilai kadar air yang lebih tinggi. Penelitian Novak (2007) menjelaskan hal ini bahwa kadar air dipengaruhi oleh suhu pirolisis dan cara penyimpanan bahan yang berpengaruh terhadap penyerapan air dari udara.

b. Kadar abu

Abu merupakan residu yang tersisa setelah proses pirolisis atau mineral yang tidak terbakar. Berdasarkan Gambar 5b, kadar abu meningkat dengan meningkatnya suhu pirolisis. Hal ini sama halnya dengan hasil laporan dari Siahaan dkk. (2013) dan Iskandar (2012) bahwa kadar abu meningkat pada suhu $400\text{-}500^{\circ}\text{C}$. Kadar abu maksimum yang didapat pada penelitian yaitu $11,3\%$ yang merupakan material hasil pirolisis pada 450°C . Sedangkan kadar abu yang terendah ($2,8\%$) didapat dari material hasil pirolisis pada 350°C . Ketika material hasil pirolisis dicampur dengan perekat, persentase kadar abu menjadi di bawah 8% atau memenuhi standar SNI Standar SNI No. 1/6235/2000.

c. Volatile matter

Volatile matter ditunjukkan pada Gambar 5c. Kadar zat volatil yang terendah terdapat pada bahan hasil pirolisis pada 450°C yaitu $8,4\%$. Kadar ini memenuhi Standar SNI No. 1/6235/2000 untuk zat volatil yaitu $\leq 15\%$. Sedangkan pada penambahan perekat lainnya, kadar zat volatil menunjukkan nilai tinggi dan belum memenuhi standar.

d. Karbon terikat

Tingginya nilai karbon terikat dipengaruhi oleh kadar abu dan kadar zat volatil pada briket. Semakin tinggi nilai karbon terikat maka kadar abu dan zat volatil pada briket

semakin rendah. Selain itu kadar karbon terikat juga berpengaruh terhadap nilai kalor bakar briket arang (Faizal, 2014). Berdasarkan pengaruh komposisi perekat, kandungan karbon terikat semua briket yang dihasilkan belum memenuhi standar. Bahan yang memenuhi standar hanya berupa material hasil pirolisis pada suhu 400°C dengan karbon terikat sebesar $77,68\%$. Berdasarkan standar SNI No. 1/6235/2000, nilai karbon terikat senilai $\geq 77\%$. Data karbon terikat dirangkum pada Gambar 5d.

e. Nilai kalor

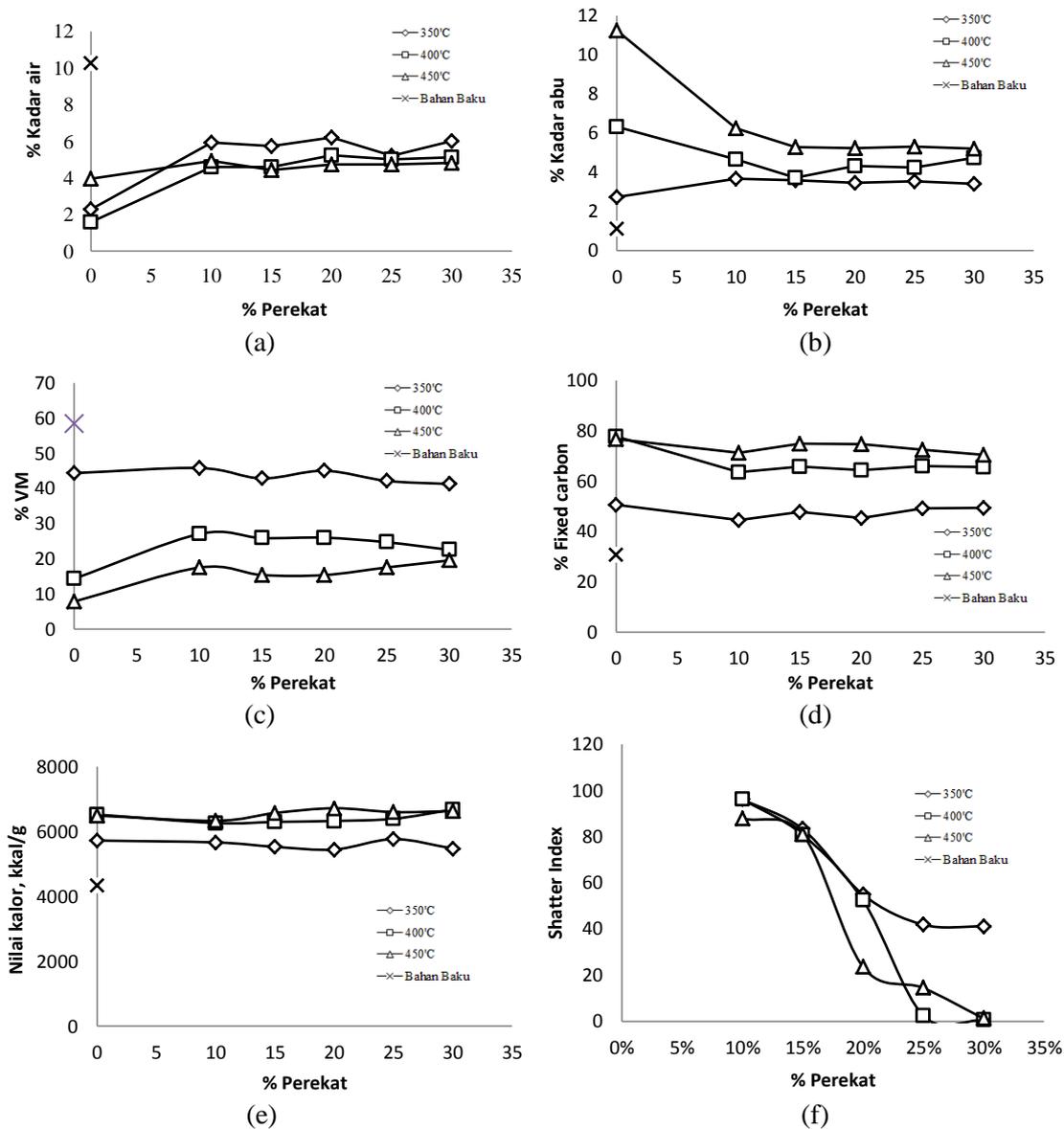
Semakin tinggi nilai kalor maka semakin baik kualitas briket. Standar nilai kalor berdasarkan SNI No. 1/6235/2000 adalah ≥ 5000 kal/g. Nilai kalor dari semua bahan yang dibuat ditampilkan pada Gambar 5e. Material briket dengan nilai kalor tertinggi yaitu material hasil pirolisis pada suhu 450°C dengan penambahan perekat 20% dengan nilai kalor sebesar $6717,74$ kal/g. Gambar 5e menunjukkan bahwa semua briket yang dihasilkan telah memenuhi nilai kalor bahan.

f. Shatter index

Berdasarkan Gambar 5f, *shatter index* dari briket hasil pirolisis bahan baku pada 400°C dan 450°C lebih kecil dibanding *shatter index* material yang dipirolisis pada 350°C . Hal tersebut bisa disebabkan oleh kandungan karbon terikat yang tinggi yang menyebabkan ikatan dengan perekat semakin tinggi, sehingga semakin kuat bahan (*shatter index* kecil). Selain itu hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan perekat dalam briket semakin kuat briket tersebut. Misalnya briket dengan perekat 30% kehilangan padatan lebih sedikit dibanding yang lainnya. Hasil penelitian memiliki kesimpulan yang sama sama dengan penelitiannya Utomo dan Primastuti (2013).

3.6 Aspek lingkungan dan ekonomi

Pemanfaatan cangkang biji pala sebagai briket merupakan salah satu cara untuk mengurangi penumpukan cangkang biji pala yang meningkat saat panen. Hasil panen pala tahun 2013 sebesar 225 ton dan dengan cangkang sebesar 28% maka diperoleh material seberat $71,4$ ton. Bila cangkang dikonversi menjadi arang maka jumlah arang yang diperoleh sebesar $31,7$ ton (pengurangan massa maksimal $44,4\%$), jika semua bahan dipakai sebagai bahan baku untuk pembuatan briket. Hal ini menunjukkan bahwa



Gambar 5. Pengaruh suhu pPirolisis dan komposisi perekat terhadap kualitas briket: kadar air (a), kadar abu (b), volatile matter (c), fixed carbon (d), nilai kalor (e) dan Shatter Index (f).

pemanfaatan cangkang biji pala sebagai briket dapat mengurangi limbah yang dihasilkan dari produksi pala. Selain itu, arang yang dihasilkan dapat meningkatkan aspek ekonomi masyarakat yaitu tersedianya bahan bakar murah dengan nilai kalor tinggi.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Cangkang biji pala dapat digunakan sebagai bahan baku briket dengan proses pirolisis dan pencampuran bahan perekat.
2. Briket barubara yang merupakan bahan hasil pirolisis suhu 450°C dengan perekat 20% memiliki nilai kalor optimum yakni 6717,4 kal/g.

Daftar Pustaka

- Brades AC., Tobing FS. 2007. Pembuatan Briket Arang dari Enceng Gondok (*Eichornia Crasipess Solm*) dengan Sagu sebagai Pengikat. Departemen Teknik Kimia; UNSRI. Inderalaya.
- Erawati E., Sediawan W.B., Mulyono P. 2013. Modifikasi Mekanisme Koufopanos pada Kinetika Reaksi Pirolisis Ampas Tebu (Bagasse). Departemen Teknik Kimia; UMS dan UGM.
- Faizal M., Andynapratiwi I., Putri P.D.A. 2014. Pengaruh Komposisi Arang dan Perak terhadap Kualitas Biobriket dari Kayu Karet. Departemen Teknik Kimia; Universitas Brawijaya. Palembang.
- Ion IV., Popescu Florin., Rolea Gina G. 2012. A Biomass Pyrolysis Model for CFD Application. Akadémiái Kiado', Budapest, Hungary.
- Iskandar T. Identifikasi Nilai Kalor Biochar dari Tongkol Jagung dan Sekam Padi pada Proses Pirolisis. Departemen Teknik Kimia; Universitas Tribhuwana Tungadewi.
- Novak J M., Busscher DL., Laird M., Ahmedna DW., Watts., Niandou M AS. 2007. Impact of Biochar Amandement on Fertility of a Southeastern Coastal Plain Soil. *Soil Science* 174: 105-112.
- Nurdjannah N. 2007. Teknologi Pengolahan Pala. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Riyanto S. 2009. Uji Kualitas Fisik dan Uji Kinetika Pembakaran Briket Jerami Padi dengan dan Tanpa Bahan Pengikat. Departemen Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Siahaan S., Hutape M., Hasibuan R. 2013. Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonasi pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi. Departemen Teknik Kimia; Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Utomo AF., Primastuti N. 2013. Pemanfaatan Limbah Furniture Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*) di Keon Gallery sebagai Bahan Dasar Pembuatan Briket Bio Arang. Departemen Teknik Kimia Universitas Diponegoro, Semarang.
- Varfolomeev MA., Grachev AN. 2015. Thermal Analysis and Calorimetric Study of the Combustion of Hydrolytic Wood Lignin and Products of Its Pyrolysis. *Kazan National Research Technological University*.
- Yuniarti. 2016. Tunjauan Kinetika Reaksi Pirolisis Cangkang Biji Ketapang untuk Menghasilkan Bahan Bakar Briket Arang. Departemen Teknik Kimia UGM, Yogyakarta.