J. MANUSIA DAN LINGKUNGAN, Vol. 14, No.3, November 2007: 127-136

PEMANFAATAN LIMBAH BIOMASSA CANGKANG KAKAO DAN KEMIRI SEBAGAI BAHAN BAKAR BRIKET

(Utilization of Biomass Wastes from Cocoa and Candlenut Shells as Fuel Briquette)

Harwin Saptoadi* Moch. Syamsirodan Bisrul Hapis Tambunan*****

*Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika 2, Yogyakarta
e-mail : harwins@lycos.com, harwins@ugm.ac.id
**Jurusan Teknik Mesin, Universitas Janabadra
Jl. TR Mataram 57, Yogyakarta
***Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Medan
Jl. William Iskandar, Medan

Diterima: 3 September 2007 Disetujui: 11 Oktober 2007

Abstrak

Biomassa adalah sumber energi utama jutaan manusia di dunia, akan tetapi penggunaannya menurun ketika batubara, minyak dan gas tersedia cukup melimpah. Namun akhir-akhir ini perhatian muncul kembali karena terjadinya krisis energi dan isu-isu lingkungan. Pemanfaatan biomassa untuk menggantikan bahan bakar fosil dapat menurunkan persoalan emisi CO_2 global. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji alternatif sumber energi terbarukan dengan pemanfaatan limbah biomassa cangkang kakao dan kemiri. Penelitian dilakukan dengan menghaluskan biomassa dengan ukuran partikel kurang dari 1 mm. Kemudian 5 gram campuran bahan baku dengan bahan pengikat gel tepung kanji dengan perbandingan 70:30 untuk kakao dan 80:20 untuk kemiri dibriket dalam cetakan berdiameter 16 mm. Setelah dibriket kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 50°C selama 5 jam. Pembakaran dilakukan dalam ruang bakar pada temperatur dinding 350°C dan laju aliran udara bervariasi antara 0,1 – 0,4 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cangkang kakao dan kemiri mempunyai nilai kalor masing-masing 16.998 and 21.960 kJ/kg. Emisi CO cukup signifikan pada tahap devolatilisasi. Cangkang kakao memberikan total emisi CO lebih tinggi dibandingkan dengan cangkang kemiri. Laju aliran udara juga berpengaruh terhadap emisi CO yang dihasilkan. Penambahan laju aliran udara akan mengurangi emisi CO, hal ini karena adanya penambahan suplai oksigen sehingga pembakaran dapat berlangsung lebih sempurna.

Kata kunci : bahan bakar briket, biomassa, cangkang kakao, cangkang kemiri, emisi CO

Abstract

Biomass was the primary source of energy for millions of people in the world, but when coal, oil, and gas became widely available, its use was declined. However, in recent years interest in biomass utilization increases because of energy crisis and environmental issues. Utilization of biomass for substituting fossil fuel can reduce global CO_2 emission problem. The objective of this research is to study alternative energy sources that utilize biomass waste from cocoa and candlenut shells. Biomass materials were crushed until particle size of less than 1 mm were obtained. Five grams mixture of biomass and binder with composition 70:30 for cocoa and 80:20 for candlenut were briquetted

in 16 mm cylindrical mould and dried in an oven at 50°C for 5 hours. Combustion tests were conducted in a combustion chamber at constant wall temperature 350°C and air velocity ranges between 0.1 – 0,4 m/s. The results show that cocoa and candlenut shells have calorific value of 16,998 and 21,960 kJ/kg respectively. The CO emission was generated significantly during devolatilization phase. Cocoa shell generate total CO emission higher than that of candlenut shell. The increase of air velocity can reduce CO emission, because more oxygen is supplied to the briquette that can help completing the combustion.

Key words : biomass, briquette fuels, candlenut shell, cocoa shell, CO emission

PENDAHULUAN

Perkembangan ekonomi di era globalisasi menyebabkan pertambahan konsumsi energi di segala sektor kehidupan. Diperkirakan kebutuhan energi nasional akan meningkat dari 674 juta SBM (setara barel minyak) tahun 2002 menjadi 1680 juta SBM pada tahun 2020, meningkat sekitar 2,5 kali lipat atau naik dengan laju pertumbuhan rerata tahunan sebesar 5,2% (KNRT, 2006). Sedangkan cadangan energi nasional semakin menipis apabila tidak ditemukan cadangan energi baru. Perlu dilakukan berbagai terobosan untuk mencegah terjadinya krisis energi. Peningkatan kebutuhan energi nasional tentunya diikuti dengan peningkatan emisi dari gas buang hasil pembakaran. Diperkirakan terjadi peningkatan emisi CO_2 dari 183,1 juta Ton pada tahun 2002 menjadi 584,9 juta Ton pada tahun 2020 atau naik menjadi 3,2 kali lipat (KNRT, 2006).

Dalam rangka menghindari terjadinya krisis energi Pemerintah Indonesia telah mengeluarkan *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional tahun 2005-2025. Salah satu misinya adalah mengelola energi secara etis dan berkelanjutan termasuk memperhatikan pelestarian fungsi lingkungan. Penyusunan Kebijakan Energi Nasional dimulai dengan dituangkannya dokumen Kebijakan Umum Bidang Energi (KUBE) yang telah dirumuskan oleh Badan Koordinasi Energi Nasional (BAKOREN) mulai tahun 1981 hingga yang terakhir tahun 1998. Kemudian dilanjutkan dengan Kebijakan Energi Nasional tahun 2003 dengan kebijakan utama meliputi intensifikasi, diversifikasi, dan konservasi energi.

Kebijakan energi ini khususnya ditekankan pada usaha untuk menurunkan ketergantungan penggunaan energi hanya pada minyak bumi. Dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional dirumuskan bahwa perlu adanya peningkatan pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan (EBT). Sasaran Kebijakan Energi Nasional adalah tercapainya elastisitas energi lebih kecil dari 1 (satu) pada tahun 2025 dan terwujudnya *energy mix* yang optimal meliputi penggunaan minyak bumi menjadi kurang dari 20 %. Termasuk di dalamnya adalah EBT menjadi lebih dari 5 %. Tahun 2003 penggunaan minyak bumi mencapai 54,4 % dari kebutuhan energi nasional.

Salah satu energi terbarukan yang mempunyai potensi besar di Indonesia adalah biomassa. Dalam Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Koservasi Energi (Energi Hijau) Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral dijelaskan bahwa yang dimaksud energi biomasa meliputi kayu, limbah pertanian / perkebunan / hutan, komponen organik dari industri dan rumah tangga (DESDM, 2003). Pemanfaatan energi biomassa sudah sejak lama dilakukan dan termasuk energi tertua yang peranannya sangat besar khususnya di pedesaan. Diperkirakan kira-kira 35% dari total konsumsi energi nasional berasal dari biomassa. Energi yang dihasilkan telah digunakan untuk berbagai tujuan antara lain untuk kebutuhan rumah tangga (memasak dan industri rumah tangga),

pengering hasil pertanian, industri kayu, industri keramik, batu bata dan genteng, dan pembangkit listrik pada industri gula.

Beberapa jenis limbah biomassa memiliki potensi yang cukup besar seperti limbah kayu, sekam padi, ampas tebu, cangkang sawit, dan sampah kota. Potensi lain yang belum tergarap adalah limbah cangkang kakao dan kemiri. Dengan jumlah produksi kakao dan kemiri yang cukup besar di Indonesia menjadikan limbah ini mempunyai prospek cukup bagus di masa yang akan datang, sehingga perlu dikaji pemanfaatannya. Pemerintah melalui Kementerian Negara Riset dan Teknologi (KNRT) telah menyusun *roadmap* pengembangan energi sektor bahan bakar padat dan gas dari biomassa, baik untuk jangka pendek, menengah maupun panjang. Dalam jangka pendek (2005-2010) pemerintah mendukung program karakterisasi biomassa di seluruh Indonesia berikut teknologi pembriketannya dan difokuskan pada dua hal yaitu pengurangan dampak lingkungan dan perbaikan efisiensi (KNRT, 2006).

Pemanfaatan biomassa untuk menggantikan bahan bakar fosil untuk pembangkitan kalor dan listrik dapat menurunkan persoalan emisi CO_2 global (Moran dkk, 2004). Hal ini karena CO_2 yang dihasilkan bersifat netral karena akan diserap kembali oleh tanaman sebagai sumber utama biomassa. Biomassa juga mempunyai kandungan sulfur yang rendah dibandingkan dengan batubara, sehingga emisi SO_X dapat diminimalisir.

POTENSI CANGKANG KAKAO DAN KEMIRI

Kakao yang produk utamanya adalah coklat termasuk produk andalan Indonesia. Coklat menjadi kebutuhan masyarakat sebagai campuran pada proses pengolahan makanan. Berdasarkan data tahun 2003 luas areal lahan perkebunan kakao mencapai 801.332 Ha, terjadi kenaikan dibanding tahun 1995 yang hanya 428.614 Ha. Produksinya pun meningkat dari 231.992 ton pada tahun 1995 hingga mencapai 512.251 ton pada tahun 2003. Sedangkan areal perkebunan kemiri mencapai 212.518 Ha pada tahun 2003 dengan produksi mencapai 89.155 ton (Deptan, 2003).

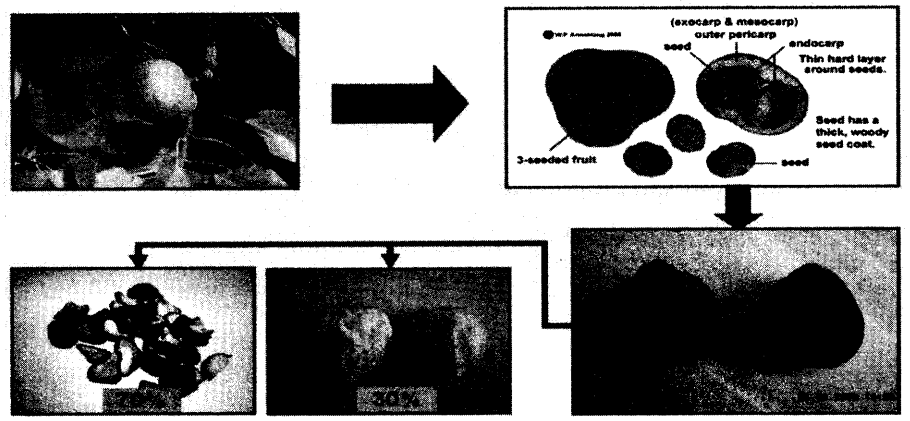
Pemanfaatan kakao dan kemiri selama ini adalah dengan mengambil bijinya. Adapun cangkangnya dibuang begitu saja di areal perkebunan, sedikit sekali yang memanfaatkannya. Padahal ini merupakan potensi yang bisa dikembangkan di masa mendatang. Bagian kakao dan cangkang kakao dapat dilihat pada **Gambar 1,** dan bagian kemiri pada **Gambar 2** di bawah ini. Proses lanjutan perlu dilakukan untuk dapat memanfaatkan cangkang kakao dan kemiri ini agar dapat dimanfaatkan secara optimal, yaitu proses karbonisasi dan pembriketan. Secara umum pembriketan biomassa mempunyai beberapa keuntungan, yaitu (Bhattacharya dkk, 1996) :

a. Menaikkan nilai kalori per unit volume.
b. Mudah disimpan dan diangkut.
c. Mempunyai ukuran dan kualitas yang seragam.

Secara umum teknologi pembriketan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu (Grover dan Mishra, 1996) :

a. Pembriketan tekanan tinggi.
b. Pembriketan tekanan medium dengan pemanas.
c. Pembriketan tekanan rendah dengan bahan pengikat (*binder*).

Gambar 1. Cangkang kakao



Gambar 2. Cangkang kemiri

Beberapa jenis bahan dapat digunakan sebagai pengikat di antaranya adalah amilum / tepung kanji, tetes, dan aspal. Ada beberapa metode yang digunakan untuk pembriketan biomassa. Metode yang paling populer untuk aplikasi skala kecil di negara berkembang adalah dengan menggunakan press ulir. Dengan metode ini dihasilkan briket yang lebih padat dan kuat.

Karbonisasi biomassa atau yang lebih dikenal dengan proses pengarangan adalah suatu proses untuk menaikkan nilai kalor biomassa dan untuk menghasilkan pembakaran yang bersih dengan sedikit asap. Hasil karbonisasi adalah berupa arang yang tersusun atas karbon dan berwarna hitam. Prinsip dari proses karbonisasi adalah pemanasan biomassa tanpa adanya oksigen, sehingga yang terlepas hanya bagian *volatile matter*, sedangkan karbonnya tetap tinggal di dalamnya. Temperatur karbonisasi akan sangat berpengaruh terhadap arang yang dihasilkan, sehingga penentuan temperatur yang tepat akan menentukan kualitas arang. Kuantitas arang yang dihasilkan tergantung pada komposisi awal biomassa. Semakin banyak kandungan *volatile matter* maka semakin sedikit arang yang dihasilkan karena banyak bagian yang terlepas ke udara.

PEMBAKARAN BIOMASSA

Mekanisme pembakaran biomassa dan bahan bakar padat lainnya terjadi melalui tahap-tahap sebagai berikut :

1. Pengeringan (*drying*)

Tahap pertama yang terjadi adalah pengeringan, dimana ketika sebuah partikel dipanaskan dengan dikenai temperatur tinggi atau radiasi api, air dalam bentuk *moisture* di permukaan bahan bakar akan menguap, sedangkan yang berada di dalam akan mengalir keluar melalui pori-pori partikel dan menguap. *Moisture* dalam bahan bakar padat terdapat dalam dua bentuk, yaitu sebagai air bebas (*free water*) yang me-

ngisi rongga pori-pori di dalam bahan bakar dan sebagai air terikat (*bound water*) yang terserap di permukaan ruang dalam struktur bahan bakar (Borman dan Ragland, 1998).

2. Devolatilisasi

Proses pengeringan akan dilanjutkan dengan proses devolatilisasi / pirolisis. Setelah proses pengeringan, bahan bakar mulai mengalami dekomposisi, yaitu pecahnya ikatan kimia secara termal, dan zat terbang (*volatile matter*) akan keluar dari partikel. *Volatile matter* adalah hasil dari proses devolatilisasi. *Volatile matter* terdiri dari gas-gas *combustibles* dan *non combustibles*. Untuk partikel yang besar gas hasil devolatilisasi berpindah dari pusat partikel ke permukaan untuk kemudian keluar. Selama perpindahan ini, hasil devolatilisasi bisa retak, mengembun, membentuk polimer dan mungkin membentuk endapan karbon di sepanjang lintasannya. Ketika *volatile matter* keluar dari pori-pori bahan bakar padat, oksigen luar tidak dapat menembus ke dalam partikel, sehingga proses devolatilisasi dapat dianggap sebagai tahap pirolisis.

Laju devolatilisasi dan hasil proses pirolisis tergantung pada suhu dan tipe bahan bakar. Sebagian gas hasil pirolisis kemudian menyala dan membentuk nyala yang berimpit di sekeliling partikel sebagai hasil difusi oksigen di dalam pembakaran.

3. Pembakaran Arang (*char combustion*)

Proses pengeringan dan devolatilisasi menyisakan arang. Laju pembakaran arang tergantung pada konsentrasi oksigen, temperatur gas, bilangan Reynolds, ukuran, dan porositas arang. Arang mempunyai porositas yang tinggi, dimana porositas arang kayu berkisar 0,9 (Borman dan Ragland, 1998). Untuk perhitungan teknis lebih tepat menggunakan laju reaksi global (*global reaction rate*) untuk menunjukkan laju pembakaran partikel arang (*char*). Laju reaksi global dirumuskan dalam istilah laju reaksi massa arang per satuan luas permukaan luar dan per satuan konsentrasi oksigen di luar lapis batas partikel. Sehingga reaksi global bisa dituliskan sebagai berikut :

$$C + \tfrac{1}{2} O_2 \rightarrow CO \qquad (a)$$

dimana permukaan karbon juga bereaksi dengan karbondioksida dan uap air dengan reaksi reduksi sebagai berikut :

$$C + CO_2 \rightarrow 2CO \qquad (b)$$
$$C + H_2O \rightarrow CO + H_2 \qquad (c)$$

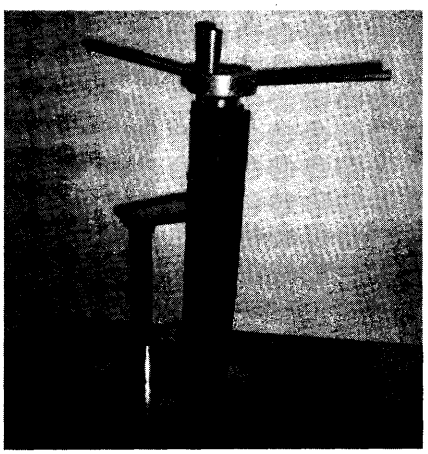
Reaksi reduksi (b) dan (c) secara umum lebih lambat daripada reaksi oksidasi (a), dan untuk pembakaran biasanya hanya reaksi (a) yang diperhitungkan.

PROSEDUR PENELITIAN

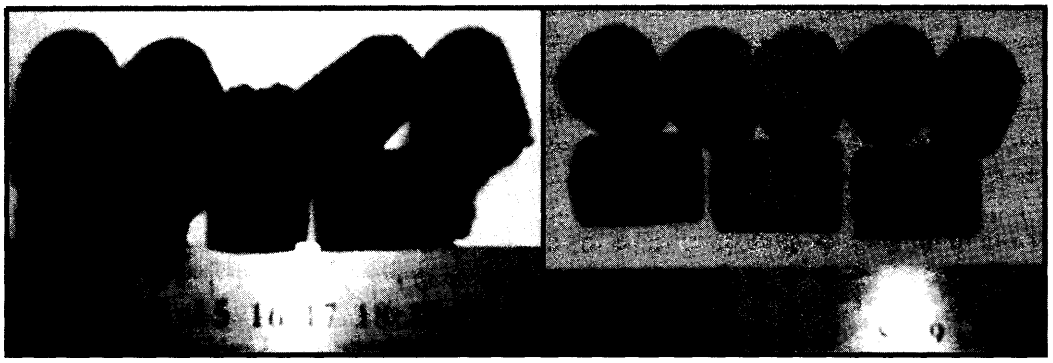
Bahan yang digunakan adalah limbah cangkang kakao dan kemiri. Penelitian dilakukan dengan mengeringkan cangkang kakao dan kemiri terlebih dahulu dengan sinar matahari selama kurang lebih 3 hari. Untuk mengetahui kandungan energi dan komposisinya kemudian pada bahan dasar ini dilakukan pengujian nilai kalor dan analisa proksimasi.

Setelah itu bahan dihaluskan dengan penumbuk dan dipilih serbuk dengan ukuran partikel 1 mm (lolos saringan mesh 18). Kemudian dilakukan pembriketan 5 gram sampel berbentuk silinder dengan alat pembriketan (**Gambar 3**) dan diameter cetakan 16 mm.

Komposisi biomassa dan bahan pengikat (gel dari tepung kanji) adalah 70% : 30% untuk cangkang kakao dan 80% : 20% untuk cangkang kemiri. Pengeringan briket menggunakan oven pada suhu 50°C selama kurang lebih 5 jam. Briket yang dihasilkan ditunjukkan pada **Gambar 4** dengan berat rata rata untuk briket cangkang kakao 3,6 gram dan cangkang kemiri 4,2 gram. Pengujian pembakaran dilakukan pada laju aliran udara yang bervariasi antara 0,1 – 0,4 m/s dengan temperatur dinding ruang bakar dijaga konstan sebesar 350°C dengan pemanasan menggunakan LPG. Skema pengujian ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Gambar 3. Alat pembriketan cangkang kakao dan kemiri.



(a) (b)

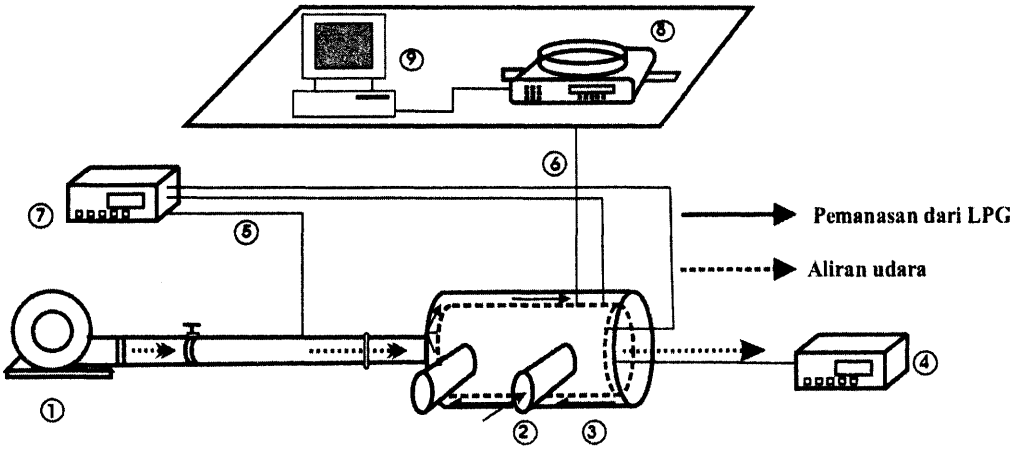
Gambar 4. Briket biomassa (a).cangkang kakao dan (b). cangkang kemiri dengan pengikat gel tepung kanji.

Briket diletakkan pada cawan dan cawan tersebut dimasukkan ke dalam tungku dalam kondisi tergantung dengan kawat yang terhubung ke timbangan digital di bagian atas. Pengukuran massa dan emisi CO dilakukan sampai tidak terjadi lagi pengurangan massa, yang berarti bahwa pembakaran telah selesai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Kalor dan Analisa Proksimasi

Hasil pengujian nilai kalor dan analisis proksimasi ditampilkan pada **Tabel 1** di bawah ini. Nilai kalor cangkang kemiri lebih tinggi dari cangkang kakao, hal ini dipengaruhi oleh kandungan karbon terikat (*fixed carbon*). Semakin tinggi kandungan karbon terikat maka akan semakin tinggi pula nilai kalornya. Kandungan abu pada cangkang kakao lebih tinggi dari cangkang kemiri. Kandungan abu yang terlalu tinggi akan menghambat laju pembakaran karena oksigen akan mengalami kesulitan berdifusi menembus briket, tetapi abu juga berfungsi sebagai penyimpan sementara kalor yang dilepaskan briket sehingga kalor dapat tertahan agak lama dalam briket untuk mempertahankan pembakaran.



1. Blower udara
2. Saluran masuk pemanasan LPG
3. Ruang pembakaran
4. *Gas analyser*
5. Kawat termokopel
6. Kawat penggantung briket
7. *Digital termocouple reader*
8. Timbangan elektrik
9. Komputer

Gambar 5. Skema Alat Uji Pembakaran.

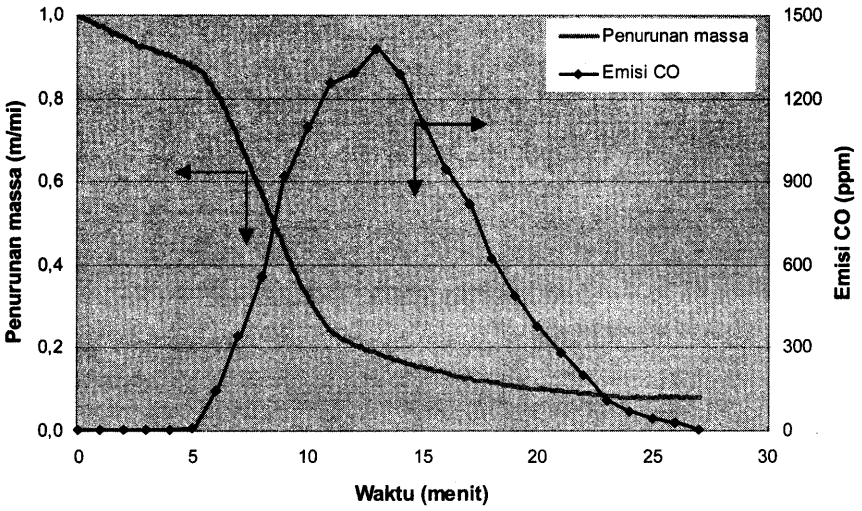
Tabel 1. Analisis proksimasi limbah cangkang kakao dan kemiri

Material	*Proximate Analysis* (% berat, *wet basis*)				Nilai kalor (kJ/ kg)
	Moisture	*Volatile matter*	*Fixed carbon*	*Ash*	
Cangkang kakao	16,1	49,9	20,5	13,5	16.998
Cangkang kemiri	9,5	48,6	34,9	7,0	21.960

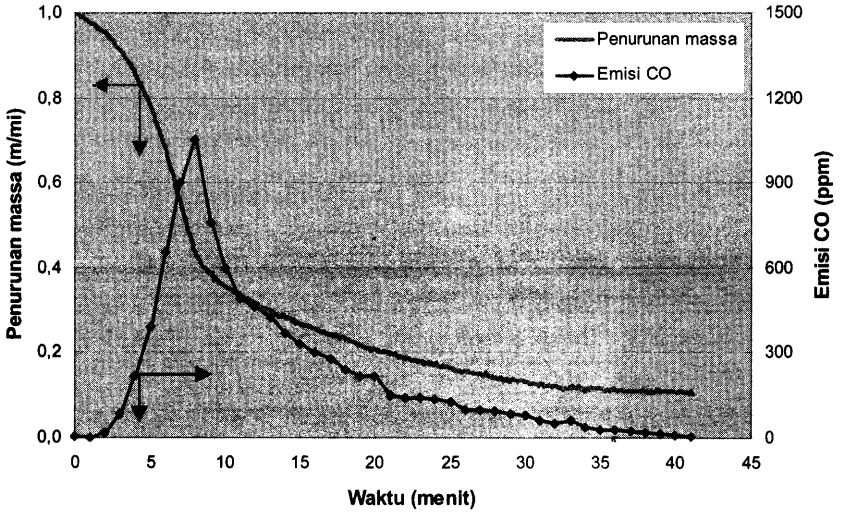
Emisi CO hasil Pembakaran

Gambar 6 dan 7 berikut ini menunjukkan grafik emisi CO selama proses pembakaran briket cangkang kakao dan kemiri. Dalam grafik juga ditunjukkan penurunan massa briket selama proses pembakaran. Kenaikan emisi CO secara cepat terjadi ketika terjadi penurunan massa yang cepat. Secara umum pembakaran biomassa dibagi menjadi 3 tahap. Tahap pertama adalah pengeringan / pemanasan yang ditunjukkan dengan penurunan massa yang lambat. Tahap kedua merupakan devolatilisasi yang ditunjukkan dengan penurunan massa yang sangat cepat dan tahap ketiga adalah pembakaran arang dengan penurunan massa yang sangat lambat. Hal ini berarti bahwa kenaikan emisi CO secara drastis terjadi pada tahap devolatilisasi untuk melepaskan zat terbang / *volatile matter*. Sedangkan pembentukan gas CO pada proses *char burning*, sesuai dengan reaksi (a), tidak menghasilkan CO sebanyak pada proses devolatilisasi. Pada tahap pengeringan sama sekali tidak dihasilkan emisi CO.

Emisi CO sebagai akibat perubahan laju aliran udara terlihat seperti **Gambar 8** untuk briket cangkang kakao dan **Gambar 9** untuk briket cangkang kemiri. Kenaikan laju aliran udara akan memperlambat terjadinya kenaikan emisi CO. Hal ini terjadi karena adanya penurunan temperatur gas pembakaran, sehingga tahap pengeringan menjadi lebih lama dan tahap devolatilisasi menjadi tertunda.

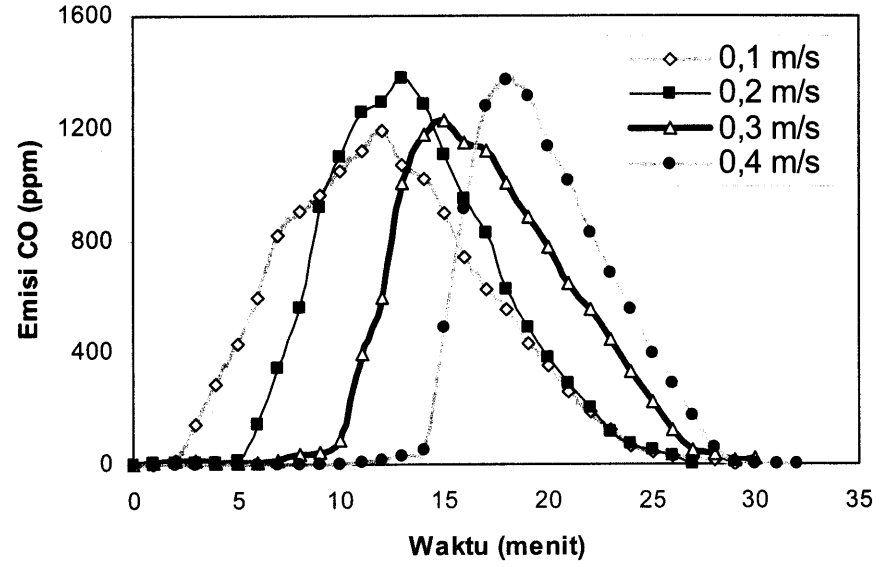


Gambar 6. Emisi CO dan penurunan massa pada pembakaran briket cangkang kakao pada laju aliran udara 0,2 m/s.

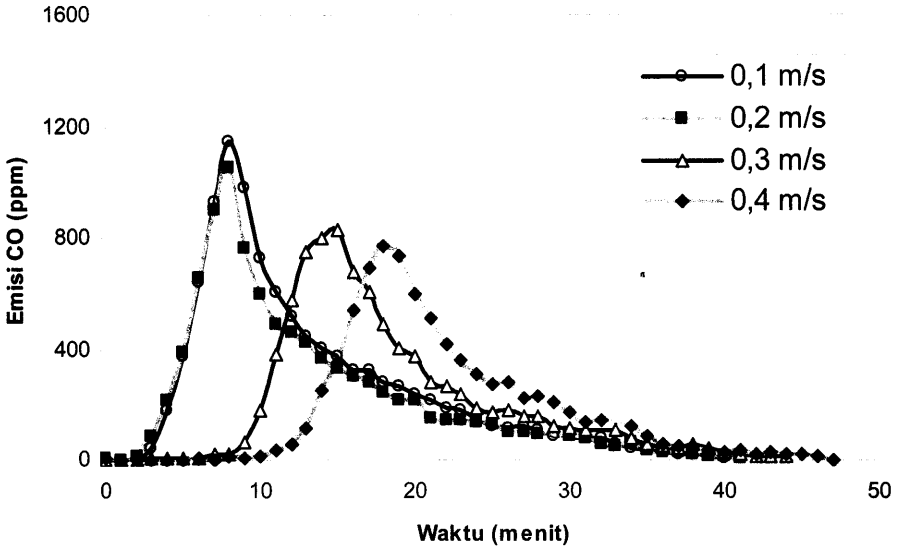


Gambar 7. Emisi CO dan penurunan massa pada pembakaran briket cangkang kemiri pada laju aliran udara 0,2 m/s.

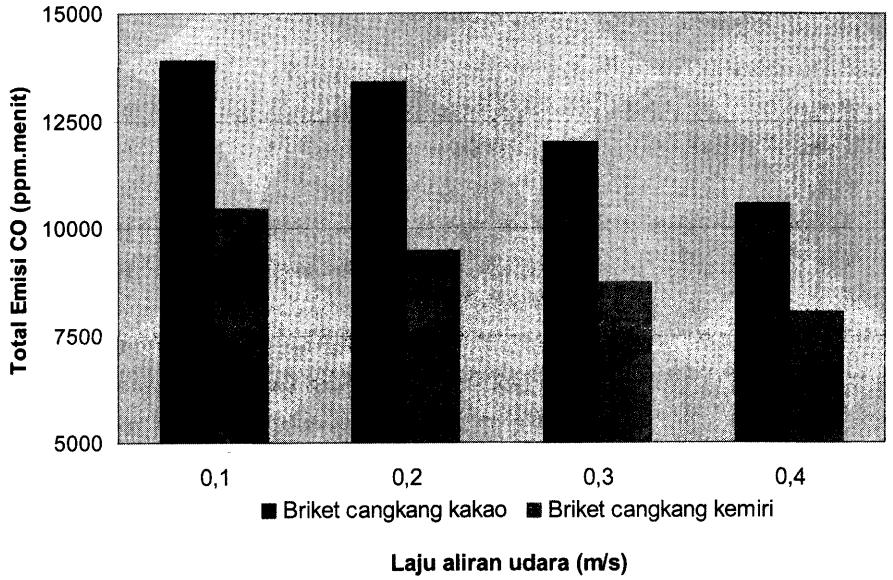
Total emisi CO untuk pembakaran briket cangkang kakao dan kemiri untuk berbagai laju aliran udara ditunjukkan pada **Gambar 10**. Total emisi CO diperoleh dengan mengintegralkan emisi CO sepanjang periode pembakaran. Dari grafik dapat dilihat bahwa emisi CO lebih tinggi terjadi pada briket cangkang kakao daripada briket cangkang kemiri. Hal ini terjadi karena kandungan zat terbang pada kakao lebih tinggi daripada kemiri, sebaliknya kandungan karbon terikat / *fixed carbon* pada kakao lebih rendah daripada kemiri.



Gambar 8. Emisi CO pada pembakaran briket cangkang kakao pada laju aliran udara 0,1 – 0,4 m/s.



Gambar 9. Emisi CO pada pembakaran briket cangkang kemiri pada laju aliran udara 0,1 – 0,4 m/s.



Gambar 10. Total emisi CO pembakaran briket cangkang kakao dan kemiri pada laju aliran udara 0,1 – 0,4 m/s.

KESIMPULAN

Pemanfaatan limbah biomassa cangkang kakao dan kemiri telah dikaji melalui eksperimen. Kesimpulan yan g dapat diambil dari penelitian ini adalah :

Limbah biomassa dari cangkang kemiri mempunyai nilai kalor lebih tinggi dibanding dengan kakao.

Pengujian pembakaran briket menunjukkan bahwa emisi CO dominan terjadi pada tahap devolatilisasi. Penambahan laju aliran udara akan menurunkan total emisi CO pada pembakaran briket cangkang kakao dan kemiri.

Total emisi CO yang dihasilkan briket cangkang kakao lebih tinggi dibanding dengan kemiri.

DAFTAR PUSTAKA

Bhattacharya, S.C., M. Augustus Leon and Md. Mizanur Rahman, 1996. *A Study on Improved Biomass Briquetting*, Energy Program, SERD-AIT, Thailand.

Borman, G.L., and Ragland, K.W., 1998. *Combustion Engineering*, McGraw-Hill Book Co., Singapore.

Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM), 2003. *Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan dan Konservasi Energi (Energi Hijau)*, Jakarta.

Departemen Pertanian (Deptan), 2003. *Luas Areal dan Produksi Perkebunan Rakyat di Indonesia.*, Jakarta.

Grover, P.D. and Mishra, S.K., 1996. *Biomass Briquetting : Technology and Practices*, Field Dȯcument No. 46, FAO-Regional Wood Energy Development Program (RWEDP) In Asia, Bangkok.

Kementerian Negara Riset dan Teknologi (KNRT), 2006. *Buku Putih Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Sumber Energi Baru dan Terbarukan untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2025*, Jakarta.

Moran, J.C., E. Granada, J.Porteiro, J.L. Miguez, 2004. *Experimental Modelling of a Pilot Lignocellulosic Pellets Stove Plant*, Biomass and Bioenergy 27, pp 577-583.

Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional.