

Peningkatan Kualitas Pembakaran Biomassa Limbah Tongkol Jagung sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Karbonisasi dan Pembriketan

Untoro Budi Surono*

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta

Abstract

Corn cob is one of potential agricultural wastes in Indonesia that can be processed into an alternative solid fuel. Carbonization (pyrolysis) followed by briquetting is one of the methods that can be applied to process biomass into solid fuels. This work investigated the influence of carbonization temperature and briquetting pressure on combustion characteristic of corn cobs biomass. In this work, carbonization was carried out at three different temperatures, i.e. 220°C, 300°C and 380°C, while briquetting process was prepared using four pressure variations, i.e. 24.4 MPa, 48.8 MPa, 73.2 MPa and 97.6 MPa. The results showed that carbonization process of corn cobs increased the fixed carbon content and the heating value. The best operating condition for carbonization and briquetting process were obtained at temperature of 380°C and pressure of 97.6 MPa that could increase the fixed carbon content and the heating value up to 67% and 65% respectively. Carbonization process could reduce CO emission and combustion rate. It was found that a high briquetting pressure resulted in low combustion rate and CO emission.

Keywords: alternative fuel, biomass, briquetting, carbonization, combustion, corn cobs

Abstrak

Tongkol jagung merupakan limbah pertanian yang banyak dijumpai di Indonesia yang dapat diolah menjadi salah satu bahan bakar padat alternatif. Karbonisasi (pirolisis) yang diikuti dengan pembriketan merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengolah biomasa menjadi bahan bakar padat. Penelitian ini mempelajari pengaruh suhu selama proses karbonisasi dan tekanan pada saat pembriketan terhadap sifat pembakaran briket dari tongkol jagung. Pada penelitian ini, proses karbonisasi dilakukan pada suhu 220°C, 300°C dan 380°C sementara proses pembriketan dilakukan pada tekanan 24,4 MPa, 48,8 MPa, 73,2 MPa, dan 97,6 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses karbonisasi yang dilakukan dapat meningkatkan kandungan karbon dan nilai kalor briket dari tongkol jagung. Kondisi operasi karbonisasi terbaik diperoleh pada suhu 380°C, sementara untuk pembriketan dilakukan pada 97,6 MPa yang dapat menaikkan kadar karbon sampai 67% dan nilai kalor sampai 65%. Proses karbonisasi yang dilakukan dapat mengurangi emisi CO dan laju pembakaran. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penekanan yang tinggi selama pembriketan juga dapat mengurangi emisi CO dan laju pembakaran.

Kata kunci: bahan bakar alternatif, biomasa, briket, karbonisasi, pembakaran, tongkol jagung

Pendahuluan

Indonesia sebagai negara agraris, mempunyai sumber energi biomassa yang melimpah. Salah satu sumber energi biomassa di Indonesia yang potensial adalah limbah pertanian, seperti sekam padi, jerami, ampas tebu, batang dan tongkol jagung serta limbah-limbah pertanian/perkebunan lainnya. Salah satu limbah pertanian yang cukup potensial untuk diolah menjadi bahan bakar alternatif adalah tongkol jagung, karena ketersediaannya yang melimpah namun belum dimanfaatkan secara maksimal. Menurut data Kementerian Pertanian (2007), produksi jagung rata-rata diperkirakan sebanyak 12.193.101 ton

per tahun. Dari produksi jagung tersebut diperkirakan akan menghasilkan limbah sebanyak 8.128.734 ton tongkol jagung per tahun.

Limbah pertanian dapat diubah menjadi bahan bakar alternatif dengan diolah lebih dahulu. Salah satu cara pengolahan limbah pertanian menjadi bahan bakar alternatif adalah dengan cara karbonisasi diikuti dengan pembriketan. Dengan adanya karbonisasi maka unsur-unsur pembentuk asap dan jelaga dapat diminimalkan, sehingga gas buangnya lebih bersih. Dengan pembriketan maka kebutuhan ruang menjadi lebih kecil, kualitas pembakarannya menjadi lebih baik dan pemakaiannya lebih praktis.

* Alamat korespondensi: email: untoro_b_s@yahoo.co.id

Berbagai jenis biomassa dapat dibakar tanpa pembriketan dan karbonisasi lebih dulu. Namun demikian biomassa yang tidak dikarbonisasi mempunyai beberapa kekurangan (Vest, 2003) antara lain sifat-sifat penyalaan dan pembakarannya kurang baik, dalam pembakarannya menghasilkan banyak asap, nilai kalornya rendah dan pada kondisi lembab tidak stabil.

Zanderson dkk (1999) dalam penelitiannya mengkaji pengaruh temperatur karbonisasi terhadap kandungan karbon terikat dalam arang yang dihasilkan dari ampas tebu. Hasilnya menunjukkan bahwa dalam tahapan-tahapan kenaikan temperatur karbonisasi dari 320°C sampai 600°C diperoleh kadar karbon yang semakin bertambah. Hasil yang sama ditunjukkan oleh Debdoubi dkk (2005) yang melakukan penelitian terhadap briket dengan bahan tumbuhan *esparto*. Dari penelitian ini juga diketahui bahwa semakin tinggi temperatur karbonisasi akan meningkatkan nilai kalor arang yang dihasilkan.

Biomassa pada umumnya mempunyai densitas yang cukup rendah, sehingga akan mengalami kesulitan dalam penanganannya. Densifikasi biomassa menjadi briket bertujuan untuk meningkatkan densitas dan mengurangi persoalan penanganan seperti penyimpanan dan pengangkutan. Secara umum densifikasi biomassa mempunyai beberapa keuntungan (Bhattacharya dkk, 1996) antara lain dapat menaikkan nilai kalor per unit volume, mudah disimpan dan diangkut serta mempunyai ukuran dan kualitas yang seragam.

Tekanan pembriketan mempunyai pengaruh terhadap densitas dan kekuatan tekan briket. Dari hasil penelitian Demirbas (1999) diketahui bahwa densitas dan kekuatan tekan briket dari jerami gandum dan limbah kertas bertambah dengan semakin tingginya tekanan pembriketan. Penelitian yang sama telah dilakukan Singh dan Kashyap (1985) dengan bahan sekam padi. Chin dan Shiddiqui (2000) juga melakukan penelitian dengan bahan briket dari serbuk gergaji kayu, sekam padi, kulit kacang, tempurung kelapa dan cangkang sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya tekanan pembriketan akan mempengaruhi densitas, kekuatan geser dan laju pembakaran briket. Semakin tinggi tekanan pembriketan densitas dan kekuatan geser briket akan naik sedangkan laju pembakarannya akan turun.

Penelitian ini mengkaji pengaruh temperatur karbonisasi dan tekanan pembriketan terhadap karakteristik pembakaran briket tongkol jagung.

Karakteristik pembakaran yang diuji meliputi laju pengurangan massa, emisi karbon monoksida dan temperatur gas pembakaran.

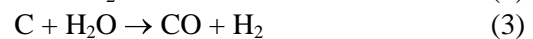
Landasan Teori

Biomassa terdiri atas beberapa komponen yaitu kandungan air (*moisture content*), zat mudah menguap (*volatile matter*), karbon terikat (*fixed carbon*), dan abu (*ash*). Mekanisme pembakaran biomassa terdiri dari tiga tahap yaitu pengeringan (*drying*), devolatilisasi (*devolatilization*), dan pembakaran arang (*char combustion*). Proses pengeringan akan menghilangkan *moisture*, *devolatilisasi* yang merupakan tahapan pirolisis akan melepaskan *volatile*, dan pembakaran arang yang merupakan tahapan reaksi antara karbon dan oksigen, akan melepaskan kalor. Laju pembakaran arang tergantung pada laju reaksi antara karbon dan oksigen pada permukaan dan laju difusi oksigen pada lapis batas dan bagian dalam dari arang. Reaksi permukaan terutama membentuk CO. Diluar partikel, CO akan bereaksi lebih lanjut membentuk CO₂. Pembakaran akan menyisakan material berupa abu.

Karbon yang terkandung di dalam arang bereaksi dengan oksigen pada permukaan membentuk karbon monoksida menurut reaksi berikut (Borman dan Ragland, 1998):



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



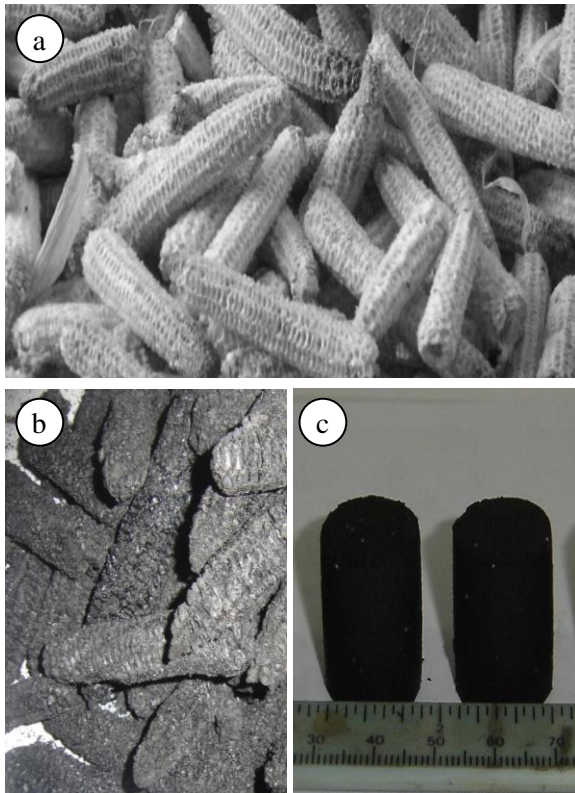
Selama proses karbonisasi, gas-gas yang bisa terbakar seperti CO, CH₄, H₂, formaldehid, methana, asam formiat dan asam asetat serta gas-gas yang tidak bisa terbakar seperti CO₂, H₂O dan tar cair dilepaskan. Gas-gas yang dilepaskan pada proses ini mempunyai nilai kalor yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan kalor pada proses karbonisasi.

Metode Penelitian

Bahan dan peralatan yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa tongkol jagung (Gambar 1.a). Tongkol jagung yang telah dihancurkan, diayak dengan mesin pengayak dengan ukuran antara 30 dan 50 mesh. Gel kanji digunakan sebagai perekat pada proses pembriketan. Pembriketan dicetak pada

cetakan berbentuk silinder yang berdiameter 16 mm. *Bomb calorimeter* digunakan untuk mengetahui nilai kalor tongkol jagung baik yang tidak dikarbonisasi maupun yang dikarbonisasi. Karbonisasi dilakukan dalam oven. Untuk mengetahui karakteristik pembakaran briket dipakai tungku pembakar yang dilengkapi dengan *blower*, *burner*, *digital anemometer*, termokopel, timbangan dan komputer.



Gambar 1. a) Tongkol jagung, b) arang tongkol jagung, c) briket arang

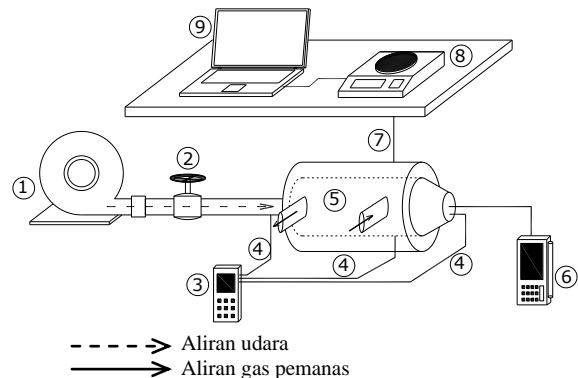
Prosedur penelitian

Tongkol jagung dikarbonisasi selama 2 jam pada tiga variasi suhu, yaitu 220°C, 300°C, 380°C. Hasil karbonisasi (Gambar 1.b) selanjutnya diremuk dan diayak dengan mesin pengayak. Bubuk arang dicampur dengan gel kanji (perbandingan 1 : 1) dan dicetak dengan cetakan briket (Gambar 2) setelah lebih dulu dioven selama 1 jam untuk mengurangi kadar airnya. Pembentukan briket dilakukan dengan menekan campuran arang dan gel kanji sebanyak 3,5 gram di dalam cetakan pada alat pembriket dengan variasi tekanan 24,4 MPa, 48,8 MPa, 73,2 MPa dan 97,6 MPa. Setelah dicetak, biobriket (Gambar 1.c) dikeringkan lagi di dalam oven selama 2 jam pada temperatur 45°C - 65°C.



Gambar 2. Alat pembriket

Nilai kalor ditentukan dengan *bomb calorimeter* yang ada di Laboratorium Kimia Fisika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, sedangkan pengujian *proximate analysis* dilakukan di Laboratorium Energi Kayu Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Pengujian pembakaran dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada. Adapun peralatan-peralatan yang diperlukan dipersiapkan dan disusun seperti terlihat pada Gambar 3.



- 1. *Blower*
- 2. Katup pengatur aliran udara
- 3. *Thermocouple reader*
- 4. Kawat termokopel
- 5. Tungku pembakar
- 6. *Gas Analyser*
- 7. Kawat penggantung briket
- 8. Timbangan elektrik
- 9. Komputer

Gambar 3. Skema susunan peralatan pengujian pembakaran

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh temperatur karbonisasi

Dari hasil pengujian nilai kalor terhadap arang yang dihasilkan dari proses karbonisasi yang dilakukan pada temperatur yang bervariasi diketahui bahwa temperatur karbonisasi berpengaruh pada nilai kalor arang. Semakin

tinggi temperatur karbonisasi, nilai kalor arang yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan dengan semakin tinggi temperatur karbonisasi maka kadar zat mudah menguap di dalam arang semakin rendah sementara kadar karbonnya semakin besar. Dari Tabel 1 dapat dilihat peningkatan kadar karbon dan nilai kalor dari tongkol jagung yang tidak di karbonisasi maupun yang dikarbonisasi dengan temperatur yang berbeda.

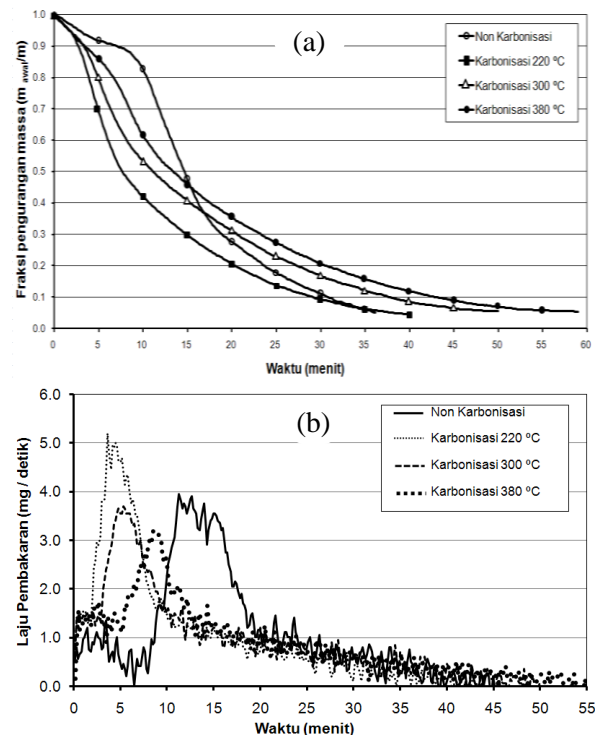
Tabel 1. Hasil Pengujian Proximate Analysis dan Nilai Kalor

Biomassa dari tongkol jagung	Kadar Uap air (%)	Kadar zat Mudah menguap (%)	Kadar Karbon (%)	Kadar Abu (%)	Nilai Kalor (kKal/kg)
Non Karbonisasi	1,168	74,582	23,900	0,350	4186,54
Karbonisasi 220°C	0,557	32,709	62,583	4,150	6566,88
Karbonisasi 300°C	0,495	19,905	74,950	4,650	7038,85
Karbonisasi 380°C	0,644	15,632	79,374	4,350	7128,38

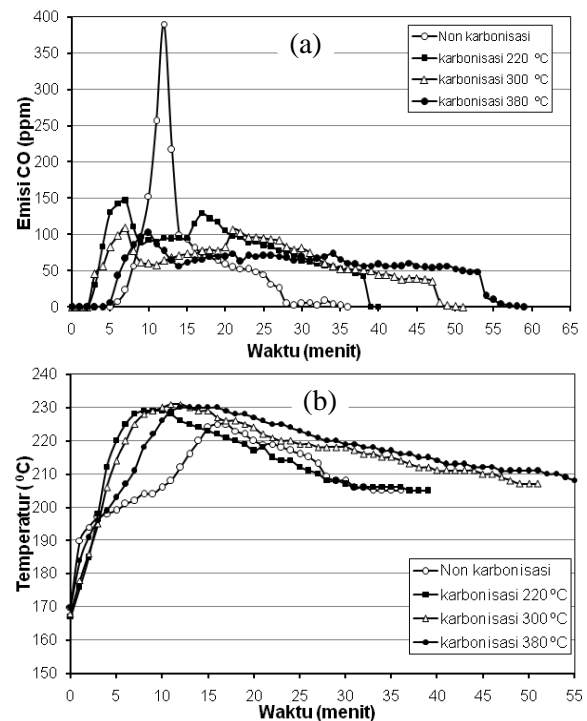
Dari hasil pengujian *proximate analysis* dan nilai kalor di atas dapat diketahui juga bahwa nilai kalor dari tongkol jagung mengalami kenaikan yang cukup signifikan setelah dilakukan karbonisasi. Kalau dilihat dari tingkat kenaikannya, kadar karbon dan nilai kalor dari suhu karbonisasi 220°C ke 300°C lebih tinggi dibandingkan dari suhu karbonisasi 300°C ke 380°C.

Pengaruh temperatur karbonisasi terhadap karakteristik pembakaran diketahui dari uji pembakaran pada tongkol jagung kering dan briket dari arang tongkol jagung. Untuk pengujian ini, briket yang digunakan adalah briket yang dibuat dengan tekanan 73,2 MPa. Pengujian dilakukan pada briket seberat 3 gram dengan kecepatan udara 0,3 m/s dan temperatur dinding ruang bakar rata-rata 400°C.

Dari Gambar 4 dan 5 dapat dianalisa bahwa pembakaran biomassa ini dapat dibagi dalam tiga tahap. Tahap awal adalah pelepasan uap air, yang ditandai dengan belum adanya emisi CO dalam gas pembakaran. Tahap kedua adalah pelepasan zat mudah menguap sekaligus pembakaran karbon, yang ditandai dengan mulai adanya emisi CO. Tahap terakhir adalah pembakaran karbon, yang berlangsung sampai tidak adanya emisi CO dan berat briket yang tidak berkurang lagi. Briket yang dibuat dari arang tongkol jagung yang dikarbonisasi pada temperatur yang semakin tinggi, laju pembakarannya semakin lambat dan emisi CO maksimumnya semakin rendah. Hal ini disebabkan oleh semakin rendahnya kadar zat mudah menguap dan semakin tingginya kadar karbon dengan semakin tingginya temperatur karbonisasi.



Gambar 4. a) Fraksi pengurangan massa dan b) Laju pengurangan massa tongkol jagung kering dan briket tongkol jagung pada pengujian pembakaran



Gambar 5. a) Emisi CO dan b) Temperatur gas pembakaran tongkol jagung kering dan briket arang tongkol jagung pada pengujian pembakaran

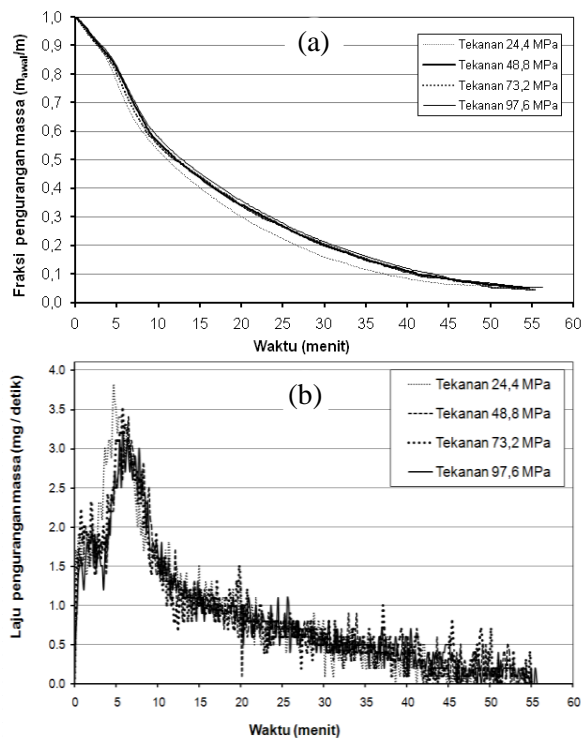
Tongkol jagung yang tidak dikarbonisasi menghasilkan emisi CO yang jauh lebih tinggi dibanding briket arang tongkol jagung. Hal ini

disebabkan kadar zat mudah menguap yang tinggi di dalam tongkol jagung yang tidak dikarbonisasi.

Pengaruh tekanan pembriketan

Pengaruh tekanan pembriketan terhadap karakteristik pembakaran diketahui dari uji pembakaran briket dari arang tongkol jagung yang dikarbonisasi pada 380°C. Untuk pengujian ini briket yang digunakan adalah briket yang dibuat dengan empat variasi tekanan, yaitu 24,4 MPa, 48,8 MPa, 73,2 MPa dan 97,6 MPa. Pengujian dilakukan dengan kecepatan udara 0,3 m/s dan temperatur dinding ruang bakar rata-rata 400°C.

Sebelum dilakukan uji pembakaran dilakukan pengukuran berat dan dimensi briket. Dari pengukuran tersebut diketahui semakin tinggi tekanan pembriketan akan menghasilkan briket dengan densitas yang makin besar. Briket yang dibuat dengan tekanan 24,4 MPa densitasnya 0,688 gr/cm³, yang dibuat dengan tekanan 48,8 MPa densitasnya 0,840 gr/cm³, yang dibuat dengan tekanan 73,2 MPa densitasnya 0,857 gr/cm³ dan yang dibuat dengan tekanan 97,6 MPa densitasnya 0,860 gr/cm³.

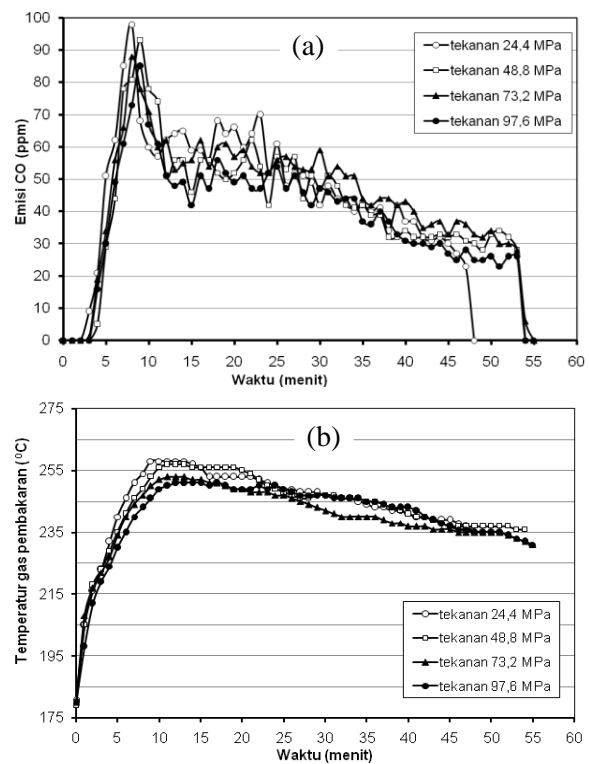


Gambar 6. a) Fraksi pengurangan massa dan b) Laju pengurangan massa pada pengujian pembakaran briket yang dibuat dengan tekanan yang berbeda-beda

Dari Gambar 6 dapat diketahui bahwa tekanan pembriketan yang berbeda-beda memberikan pengaruh yang tidak terlalu besar pada laju

pengurangan massa. Namun demikian, dapat dilihat bahwa semakin tinggi tekanan pembriketan akan menyebabkan laju pengurangan massanya menjadi semakin lambat. Hal ini disebabkan semakin tinggi tekanan pembriketan maka partikel arang akan semakin rapat, sehingga porositasnya menjadi semakin rendah. Porositas yang semakin rendah menyebabkan difusi uap air dan zat mudah menguap dari dalam briket menjadi terhambat. Demikian juga difusi oksigen ke dalam briket juga terhambat, sehingga pembakarannya menjadi sedikit lambat.

Dari hasil pengukuran emisi CO juga dapat diketahui bahwa emisi CO maksimum yang terjadi pada tahap *devolatilisasi*, semakin rendah dengan tekanan pembriketan yang semakin tinggi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7. Hal ini disebabkan oleh terhambatnya difusi CO (yang merupakan salah satu kandungan dari zat mudah menguap) dari dalam briket menuju permukaan luar briket.



Gambar 7. a) Emisi CO dan b) Temperatur gas pembakaran pada pengujian pembakaran briket yang dibuat dengan tekanan yang berbeda-beda

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kualitas pembakaran biomassa limbah tongkol jagung dapat ditingkatkan dengan proses karbonisasi. Proses karbonisasi dapat meningkatkan kadar karbon dan nilai kalor dari limbah tongkol jagung. Dengan dilakukan karbonisasi nilai kalor tongkol jagung meningkat sekitar 65% dan kadar karbonnya meningkat sekitar 67%. Pada temperatur karbonisasi yang semakin tinggi akan diperoleh kadar karbon terikat dan nilai kalor yang semakin tinggi. Kadar karbon terikat dan nilai kalor tertinggi diperoleh pada temperatur karbonisasi 380°C yaitu 52,6% dan 7128,38 kkal/kg. Tongkol jagung yang dikarbonisasi mengandung kadar zat mudah menguap yang rendah, sehingga menurunkan emisi CO dalam gas pembakarannya. Dengan tekanan pembriketan yang semakin tinggi, laju pembakaran akan semakin lambat dan emisi CO maksimumnya juga akan lebih rendah.

Daftar Pustaka

- Bhattacharya, S.C., Leon, M.A. and Rahman, M.M., 1996. A Study on Improved Biomass Briquetting, Energy Program, SERD-AIT, Pathumthani, Thailand.
- Borman, G.L., and Ragland, K.W., 1998. Combustion Engineering, McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- Chin, O.C. and Shiddiqui, K.M., 2000. Characteristics of Some Biomassa Briquettes Prepared Under Modest Die Pressures, Biomass and Bioenergy Journal Vol. 18, pp. 223-228
- Debdoubi, A., El amarti, A., and Colacio, E., 2005. Production of Fuel Briquettes from Esparto Partially Pyrolized, Energy Conversion and Management Journal Vol. 46, pp. 1877-1884
- Demirbas, A., 1999. Physical Properties of Briquettes from Waste Paper and Wheat Straw Mixtures, Energy Conversion and Management Journal Vol. 40, pp 437-445
- Departemen Pertanian, 2007. Data Produksi Jagung Nasional, www.deptan.go.id.
- Singh, D., Kashyap, M.M., 1985. Mechanical and Combustion Characteristics of Paddy Husk Briquettes, Agricultural Waste Journal Vol. 13, pp. 189-196
- Vest, H., 2003. Small Scale Briquetting and Carbonisation of Organic Residues for Fuel, Infogate, Eschborn, Germany
- Zandersons, J., Gravitis, J., Kokorevics, A., Zhurinsh, A., Bikovens, O., Tardenaka, A. and Spince, B., 1999. Studies of Brazilian Sugarcane Bagasse Carbonisation Process and Product Properties, Biomass and Bioenergy Journal Vol. 17, pp. 209-219.