

PENGOLAHAN LIMBAH DAUN HUTAN MINI UNNES MENJADI BAHAN BAKAR PADAT

Widi Widayat dan Danang Dwi Saputro

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

Abstrak. Limbah biomassa (daun) sangat potensial digunakan sebagai bahan bakar alternatif dalam bentuk briket. Keistimewaan konversi bahan baku limbah menjadi briket antara lain: meningkatkan nilai kalor per unit volume, memudahkan pengemasan dan pendistribusian, menyeragamkan ukuran dan kualitas. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun briquetter jenis screw press untuk membuat briket berbahan baku daun, serta mengetahui kinerjanya, memproduksi bahan bakar padat alternatif berupa briket limbah daun dengan metode screw press dan mengetahui karakter briket yang dihasilkan. Screw press briquetter dapat bekerja dengan baik untuk mentransfer bahan baku berupa serbuk daun dari hopper, menuju ke ruang keluaran cetakan, menekan bahan baku dan menghasilkan briket daun dengan kapasitas briquetter 11,4 kg/jam. Biaya energi untuk menghasilkan 1 Kg briket daun nilai kalor 3950 kalori/gr dan kepadatan energi 469,01 kalori/cc adalah Rp76,43

Kata Kunci: Pengolahan, Limbah Daun, Bahan Bakar

PENDAHULUAN

Limbah biomassa (daun) sangat potensial digunakan sebagai bahan bakar alternatif dalam bentuk briket. Keistimewaan konversi bahan baku limbah menjadi briket antara lain: meningkatkan nilai kalor per unit volume, memudahkan pengemasan dan pendistribusian, menyeragamkan ukuran dan kualitas. Proses kompaksi dapat menghasilkan briket biomassa yang berdensitas tinggi. Densitas penting bagi bahan bakar padat karena densitas tinggi berarti kepadatan energinya juga tinggi.

Terdapat beberapa cara yang diterapkan untuk meningkatkan nilai kalor dari suatu bahan bakar padat. Nilai kalor briket dapat ditingkatkan melalui proses modifikasi bahan baku briket atau modifikasi unsur kandungan bahan baku briket. Modifikasi dapat dilakukan melalui pengeringan atau karbonisasi untuk menghilangkan *volatile matter* dan kadar air, sehingga nilai kalornya meningkat. Kandungan briket yang juga mempengaruhi nilai kalornya adalah bahan perekatnya (Gunawan, 2007; Saputro, 2007).

Pembuatan briket dilakukan dengan mengompaksi campuran bahan baku dan bahan perekat.

Bahan perekat diperlukan untuk menghasilkan briket yang kuat karena bahan baku (daun) tidak mempunyai kekuatan ikat yang cukup untuk mempertahankan bentuk terhadap pemuaian dan benturan. Secara umum terdapat dua jenis perekat, yaitu perekat berbasis air dan berbasis non air. Perekat berbasis air dilaporkan memunculkan efek menurunkan nilai kalor briket dan memerlukan waktu yang lama untuk proses pengeringan. Perekat non air salah satunya diperoleh dengan memanfaatkan kandungan lignin yang ada pada zat kayu biomassa. Kelemahan-kelemahan pada penggunaan perekat berbasis air tidak ditemukan pada perekat lignin. Keuntungan yang terdapat pada penggunaan perekat lignin yaitu: meningkatkan kekuatan briket, tidak menurunkan nilai kalor bahan baku briket, proses kompaksi yang menggunakan pemanasan akan menjamin briket tetap kering, lignin berasal dari limbah biomassa, tidak memerlukan penambahan air, tidak memerlukan proses pengeringan, briket bisa langsung dipakai.

Metode pengkompaksian biomassa umumnya dilakukan dengan dua cara yaitu metode kompaksi dengan pres hidrolik (*hydraulic press*) dan press ulir (*screw press*). Metode *hydraulic press* memudahkan dalam pengaturan tekanan dan sangat kompak sehingga metode ini biasa digunakan pada pembuatan briket skala laboratorium. *Screw press* mampu memproduksi briket dengan kecepatan tinggi dan tekanan lebih tinggi, selain itu konstruksi *screw press* juga relatif sederhana sehingga jenis ini sesuai untuk produksi massal. Metode ini telah digunakan untuk membuat briket skala produksi di berbagai negara berkembang seperti India, Thailand, Philipina, Vietnam, dan Kamboja (Bhattacharya, 2005)

Proses produksi massal briket yang ada sekarang ini umumnya menggunakan perekat berbasis air. Pembuatan briket biomassa dengan *screw press* sangat memungkinkan untuk dilaksanakan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun *briquetter* jenis *screw press* dan mengetahui kinerjanya, serta mengetahui karakter briket yang dihasilkan.

Moisture content atau kadar air sangat berpengaruh pada nilai kalor bahan bakar. Pada briket biomassa, selalu dilakukan proses pengeringan pada bahan bakunya dengan tujuan agar bahan baku meningkat nilai kalornya. Penggunaan bahan perekat berbasis air, atau perekat yang menggunakan air sebagai pelarutnya, pada pembriketan akan meningkatkan *moisture content* briket. Dengan demikian nilai kalor briket berperekat berbasis air tersebut akan turun. Estela (2002) membuktikan hal tersebut ketika membandingkan briket sekam padi tanpa perekat dan berperekat berbasis air. Hasilnya menunjukkan nilai kalor briket tanpa perekat (13.800MJ/kg) lebih tinggi dibandingkan yang berperekat berbasis air (8.280–13.000 MJ/kg). Pada briket biomassa berperekat lignin yang dikompaksi panas, tidak terjadi penurunan nilai kalor, bahkan juga berperan mengurangi kadar air bahan baku briket selama proses kompaksi.

Ditinjau dari sisi proses produksi, briket berperekat perekat lignin yang dikompaksi panas lebih efisien, karena briket tidak memerlukan proses pengeringan dan bisa langsung dipakai. Briket berperekat berbasis air memerlukan proses pengeringan yang lama. Briket arang yang

berperkat kanji dengan komposisi 15% berat briket memerlukan waktu 3 hingga 4 hari untuk menjadi kering (Apolinario et al., 1997).

Nilai kalor adalah jumlah satuan panas yang dihasilkan persatuan bobot bahan yang mudah terbakar pada proses pembakaran yang cukup oksigen. Nilai kalor dinyatakan dalam satuan BTU/lb (*British Thermal Unit/lybra*) atau kalori/gram. Nilai kalor kayu terutama ditentukan oleh berat jenis dan kadar air kayu, tetapi berubah pula karena kadar lignin dan ekstraktif, seperti resin dan tanin.

Pengujian kalor adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai kalor dari briket. Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh suatu gram bahan bakar tersebut dengan meningkatkan temperatur 1 gr air dari 3,5^o C – 4,5^o C, dengan satuan kalori. Nilai kalor adalah besarnya panas yang diperoleh dari pembakaran suatu jumlah tertentu bahan bakar didalam zat asam. Makin tinggi berat jenis bahan bakar, makin rendah nilai kalor yang diperolehnya. Haygreen dan Bowyer (1989) mengemukakan besarnya nilai kalor ditentukan oleh kadar air, semakin tinggi kadar air semakin rendah nilai kalornya. Hal ini disebabkan karena energi yang tersimpan dalam briket sebagian digunakan untuk menguapkan air yang ada didalamnya.

Haygreen dan Bowyer (1989) mengemukakan bahwa banyaknya air dalam kayu dinyatakan dalam persen berat kayu bebas air atau kering tanur. Kandungan air didefinisikan sebagai berat air yang dinyatakan dalam persen berat tanur. Pada pemakaian, kandungan air dalam sel (air terikat) berpengaruh sangat besar. Pada keadaan yang sama, semakin besar proporsi zat kayu maka semakin besar kadar airnya. Jadi untuk setiap jenis kayu berbeda-beda tergantung komposisi dan struktur sel-sel kayu yang dimilikinya. Haygreen dan Bowyer (1989) mengemukakan bahwa salah satu cara yang paling lazim untuk menentukan kadar air adalah menimbang sampel basah, mengeringkannya dalam tanur pada temperatur 103 ± 2 °C untuk mengeluarkan semua air kemudian menimbanginya kembali. Kadar air briket sangat mempengaruhi nilai kalor atau nilai panas yang dihasilkan. Tingginya kadar air akan menyebabkan penurunan nilai kalor. Hal ini disebabkan karena panas yang tersimpan dalam briket terlebih dahulu digunakan untuk mengeluarkan air yang ada sebelum kemudian menghasilkan panas yang dapat dipergunakan sebagai panas pembakaran.

METODE

Kegiatan ini dilakukan dengan melaksanakan perancangan dan pengujian. Perancangan meliputi mendesain *briquetter* dengan metode *hot screw press*. Pengujian dilakukan pada *briquetter* dan produk briket. Hasil pengujian *briquetter* dilakukan untuk mengetahui kinerja dan karakteristik alat sedangkan pengujian briket dilakukan untuk mengetahui karakteristik briket yang dihasilkan.

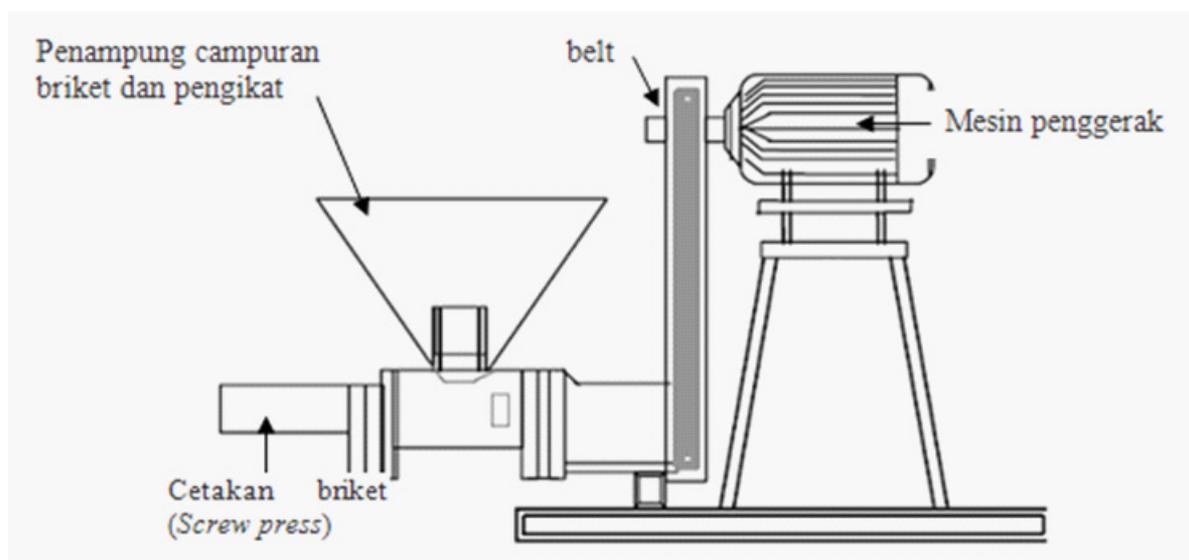
Perancangan dilakukan berdasarkan parameter-parameter yang telah ditetapkan. Dasar-dasar yang digunakan untuk merancang *briquetter* antara lain:

1. Fungsi/metode : membuat briket/ *screw press*
2. Bahan baku : biomassa berupa limbah daun di lingkungan Unnes
3. Bahan perekat : tepung kanji dan air
4. Produk yang dihasilkan : briket bomassa
5. Alur proses produksi : pengeringan, penghancuran, penyaringan, pencampuran bahan baku & perekat, kompaksi dan pemotongan briket.

Komponen *screw press* dirancang dengan mengacu pada alat sejenis yang digunakan oleh Battacharya (2005) dengan spesifikasi: daya yang digunakan 20 HP, putaran *screw* 320 rpm, panjang *screw* 450 mm, bentuk cetakan silinder berdiameter dalam 55 mm dengan alur penguat. Dari alur proses produksi dapat ditentukan kebutuhan komponen dan jenis komponen alat seperti tercantm dalam tabel 1.

Tabel 1. Proses, komponen dan jenis komponen yang dibutuhkan

Proses	Komponen	Jenis Komponen
Penghancuran	<i>Crusher</i>	<i>Rotari Crusher</i> dengan saringan
Penyaringan	<i>Shiever</i>	
Pengadukan	<i>Blender</i>	Pengaduk dalam alat penukar kalor
Penekanan	<i>Compactor</i>	<i>Screw press</i>
Pemotongan	<i>Cutter</i>	Gergaji manual



Gambar 1. Screw Press

Proses penghancuran dan penyaringan daun dan kayu dilakukan dengan *rotary crusher*. Batang pemukul yang berputar akan memukul bahan baku briket hingga hancur menjadi partikel. Putaran batang pemukul juga berfungsi sebagai kipas *blower*. Salah satu bagian dinding *crusher* terbuat saringan. Hembusan udara *blower* akan membawa partikel bahan baku briket melewati saringan, sehingga partikel yang masih berukuran besar tetap berada di dalam *rotary crusher* untuk dihaluskan lagi. Partikel yang berhasil melewati saringan akan menuju penampungan dan siap untuk diproses menjadi briket.

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui kinerja alat yang meliputi kapasitas produksi, daya yang diperlukan untuk mengoperasikan alat, dan efisiensi alat. Data yang diperoleh akan bermanfaat untuk menentukan spesifikasi teknis dan karakteristik alat tersebut, sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk mengoperasikan alat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Screw press briquetter

Bahan baku berupa serbuk daun dimasukkan dalam hooper yang berkapasitas kurang lebih 51 liter. Motor listrik dengan sumber listrik PLN akan memutar puli pada motor listrik, selanjutnya akan memutar puli pada *reducer*. Putaran *output shaft reducer* akan memutar puli pada poros *screw* sehingga *screw* berputar di dalam *housing*. Bersamaan dengan putaran *screw*, serbuk daun yang ada dalam *hooper* akan terbawa oleh alur *screw* menuju ke arah lubang keluaran cetakan. Setelah bahan briket terbawa oleh *screw* maka pada saat mencapai ruangan yang berbentuk tirus bahan briket akan mengalami hambatan. Hambatan ini mengakibatkan efek kompaksi, sehingga bahan briket akan mengeras dan memadat setelah melalui tirus ini.

Analisis proximate briket

Tabel 1. Hasil analisis proximate

Ulangan	Kadar Air (%)	Kadar Volatil (%)	Kadar Abu (%)	Karbon Terikat (%)
1	9.840	77.023	10.090	3.047
2	10.040	78.222	10.190	1.548
3	11.039	76.124	10.639	2.198
Rata-Rata	10.306	77.123	10.306	2.265

Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas briket apabila digunakan sebagai bahan bakar, nilai kalor briket sampah daun sebesar 3950 kalori/gr. nilai kalor bahan bakar dipengaruhi oleh seberapa besar kandungan kadar karbon terikat, meningkatnya

kandungan kadar karbon terikat suatu bahan seiring dengan meningkatnya nilai kalor. Harga nilai kalor sampah daun hampir sama dengan sampah biomassa lainnya seperti yang tersaji dalam Tabel 3. Kandungan karbon terikat mempunyai nilai sebesar 2.265 % dari berat kering. Nilai kadar karbon terikat dipengaruhi oleh *volatile matter* dan kadar abu, semakin besar *volatile matter* dan kadar abu menyebabkan turunnya nilai kadar karbon terikat. Secara umum bahan bakar padat yang baik mempunyai kandungan karbon yang tinggi, dengan harapan nilai kalor yang dihasilkan semakin tinggi pula. Besarnya tekanan kompaksi tidak berpengaruh terhadap nilai kalor, tetapi berpengaruh terhadap kandungan energy density. Kandungan energy density akan bertambah seiring dengan bertambahnya tekanan kompaksi, sehingga semakin tinggi tekanan kompaksi akan menaikkan *energy density* pada briket.

Tabel 3. Perbandingan nilai kalor biomassa

Jenis biomass	Nilai kalor (Kalori/gram)	Referensi
Tongkol jagung	4105	Saputro D.D., 2007
Bambu	4001,56	Himawanto D.A., 2009
Daun pisang	4189,169	Himawanto D.A., 2009

Kepadatan Energi

Kepadatan energi briket daun diperoleh dari nilai kalor dikalikan dengan densitas briket. Kepadatan energi briket yang dihasilkan adalah 469,01 kalori/cc. Kepadatan energi ini memang jauh bila dibandingkan briket yang dibuat dengan piston press yang bisa mencapai 3000 kalori/cc yang umumnya hanya digunakan untuk skala laboratorium.

Kadar Abu

Abu merupakan bagian yang tersisa dari hasil pembakaran bahan bakar padat. Salah satu unsur utama abu adalah silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor bahan bakar. Kadar abu dalam penelitian ini sebesar 10.306 % berat kering, densitas tidak berpengaruh terhadap kadar abu briket, karena pada berat yang sama kandungan komponen penyusun abu mempunyai berat seragam.

Kadar air

Kadar air didefinisikan sebagai perbandingan berat kering dengan berat kering tanur. Kadar air berhubungan langsung dengan nilai kalor dan densitas, kadar air yang tinggi mengakibatkan penurunan nilai kalor. Hal ini diakibatkan oleh panas yang dihasilkan terlebih dahulu digunakan untuk mengeluarkan air dalam bahan bakar sebelum menghasilkan panas yang dapat digunakan

sebagai panas pembakaran. Kadar air yang terkandung dalam penelitian ini sebesar 10.306%, nilai kadar air tersebut masih diatas kadar air briket yang terbuat dari sampah pengolahan minyak Zaitun bahwa kadar air berhubungan langsung dengan niai kalor yang dihasilkan, kadar air pada briket diharapkan serendah mungkin. Perubahan tekanan kompaksi tidak mempengaruhi kadar air dalam briket. Kadar air yang seragam pada setiap variasi tekanan kompaksi menjadi parameter utama dalam pembuatan briket.

Kinerja Alat

Parameter dan pengujian alat dilakukan selain untuk mengetahui kinerja alat berdasarkan pengamatan visual, juga untuk mengetahui kapasitas produksi *briquetter* yang digunakan dan konsumsi energi yang dipakai untuk menghasilkan briket.

Secara visual dapat diketahui bahwa *briquetter* dapat bekerja dengan baik sesuai rancangan. Hal tersebut diindikasikan dari pengamatan terhadap kondisi mesin, *belt*, *hopper*, muatan di dalam *hopper*, dan lubang keluaran. Selama proses pembriketan berlangsung, *belt* tidak mengalami selip, hal ini artinya mesin tidak mengalami kelebihan beban. Bila terjadi kelebihan beban dan *belt* telah terpasang dengan kekencangan yang tepat, salah satu gejala yang akan terjadi adalah selipnya *belt* pada puli. *Hopper* dapat berfungsi dengan baik untuk mengarahkan muatan ke lubang masukan *screw press* dan tidak terjadi penggumpalan di dalam *hopper*. Transfer muatan di dalam cetakan dapat berjalan lancar, dimana *screw* membawa muatan ke arah lubang keluaran, dan bersama-sama bentuk tirus cetakan menghasilkan efek pemadatan dan mengeluarkan briket silindris secara kontinyu tanpa mengalami kemacetan.

Kapasitas produksi dihitung berdasarkan volume dan massa briket yang dihasilkan per satuan waktu dengan asumsi bahwa bahan baku briket dan *briquetter* telah siap atau tanpa memperhitungkan waktu persiapan dan jeda antara proses.

Volume briket sepanjang 20 cm adalah:

$$V_b = V_o - V_i$$

$$V_b = \pi/4 (D_o - D_i) L \quad V_b = \pi/4 (D_o - D_i) L$$

$$V_b = \frac{\pi}{4} (55 - 2) \cdot 20 \text{ cm}^3$$

$$V_b = (605 - 125) \text{ cm}^3$$

$$V_b = 480 \text{ cm}^3$$

Berdasarkan hasil penimbangan, massa briket sepanjang 20 cm adalah 57 gr, sehingga densitas briket adalah:

$$\rho_b = \frac{m_b}{V_b}$$

$$\rho_b = \frac{57 \text{ gr}}{480 \text{ cc}}$$

$$\rho_b = 0,11875 \text{ gr/cc}$$

Berdasarkan hasil pencatatan waktu, untuk menghasilkan briket sepanjang 20 cm diperlukan 18 detik, sehingga kapasitas *briquetter* adalah:

$$\text{kapasitas} = \frac{V_b}{\text{waktu}}$$

$$\text{kapasitas} = \frac{480}{18 \text{ detik}}$$

$$\text{kapasitas} = 26,66 \text{ cm}^3/\text{detik}$$

$$\text{kapasitas} = 0,01 \text{ m}^3/\text{jam}$$

atau

$$\text{kapasitas} = \frac{m_b}{\text{waktu}}$$

$$\text{kapasitas} = \frac{57 \text{ gr}}{18 \text{ detik}}$$

$$\text{kapasitas} = 3,16 \text{ gr/detik}$$

$$\text{kapasitas} = 11,4 \text{ kg/jam}$$

Konsumsi energi proses pembuatan briket diperoleh dengan menghitung energi yang digunakan untuk memproses bahan baku briket, yaitu penghancuran bahan dan pembriketan dengan menggunakan asumsi harga energi listrik Rp455/KWH. Daya motor *briquetter* 1500 Watt dan motor alat penghancur 5,25 KW. Biaya untuk menghasilkan briket sepanjang 20 cm adalah:

$$\text{Pemakaian Daya (pembriketan)} = \text{daya} \times \text{waktu}$$

$$= 1500 \text{ Watt} \times 18 \text{ detik}$$

$$= 27.000 \text{ Watt detik}$$

$$= 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ KWH}$$

$$\text{Biaya energi (listrik)} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ KWH} \times \text{Rp}455/\text{KWH}$$

$$= \text{Rp}3,4125$$

$$\text{Biaya energi/satuan massa} = \text{Rp}3,4 \quad \text{Rp}3,4/57 \text{ gram}$$

$$= \text{Rp}0,0599/\text{gram}$$

$$= \text{Rp}59,87/\text{Kg}$$

Waktu yang diperlukan tiap tahap penghancuran bahan baku adalah 2,5 detik, dan 1 Kg bahan baku dihancurkan dalam 10 kali tahap penghancuran, sehingga biaya yang dibutuhkan untuk menghancurkan 1 Kg bahan baku adalah:

$$\begin{aligned}\text{Waktu penghancuran} &= 2,5 \text{ detik} \times 10 \\ &= 25 \text{ detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pemakaian Daya (penghancuran)} &= \text{daya} \times \text{waktu} \\ &= 5,25 \text{ KW} \times 25 \text{ detik} \\ &= 131,25 \text{ KW detik} \\ &= 36,4 \cdot 10^{-3} \text{ KWH}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya energi (listrik)} &= 36,4 \cdot 10^{-3} \text{ KWH} \times \text{Rp}455/\text{KWH} \\ &= \text{Rp}16,56\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total biaya untuk menghasilkan 1 Kg briket daun adalah:} \\ &= \text{Rp}59,87 + \text{Rp}16,56 \\ &= \text{Rp}76,43\end{aligned}$$

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan kinerja alat dan produk briket yang dihasilkan, disimpulkan bahwa:

1. *Screw press briquetter* dapat bekerja dengan baik untuk mentransfer bahan baku berupa serbuk daun dari *hopper*, menuju ke ruang keluaran cetakan, menekan bahan baku dan menghasilkan briket daun.
2. Kapasitas briquetter 11,4 kg/jam
3. Biaya energi untuk menghasilkan 1 Kg briket daun adalah Rp76,43
4. Nilai kalor briket daun 3950 kalori/gr dan kepadatan energi briket yang dihasilkan adalah 469,01 kalori/cc

Saran

Berdasarkan hasil pengamatan, terlihat bahwa briquetter dapat bekerja dengan baik dan dapat menghasilkan briket, namun perlu dilakukan pengujian lebih lanjut untuk dapat memanfaatkan briquetter ini untuk melakukan pembriketan secara langsung terhadap briket dari bahan-bahan biomassa lain seperti batang atau ranting pohon atau dengan campuran bahan perekat lain. Selain itu perlu dilakukan pengujian lebih lanjut terhadap kinerja briket dalam proses pembakaran yang sebenarnya, misalnya kinerja di dalam tungku.

DAFTAR PUSTAKA

- Appolinario, M. A, Gantalena, D.V., Escarrila, L. T., 1997, *Study On The Production Of Briquettes From Baggase*, www.philsutech.com.th/convention/45/papers/fab/briquettes.pdf.
- Bhattacharya S.C., Augustus Leon M., Mizanur Rahman Md., 2001, A Study on improved biomaas Briquetting Energy Program, School of environment Asia Institute of Technologi-Thailand.
- Bhattacharya S.C. Khumar S., 2005, Technology Packages: Screw-press briquetting machines and briquette-fired stoves, Regional Energy Resources Information Center (RERIC).
- Estela Assurereiro, 2002, Rice husk – an Alternative Fuel in Peru, Boiling Point No. 48.
- Gunawan, A., 2007, Pengaruh tekanan kompaksi terhadap karakteristik briket tongkol jagung.
- Haygreen , J.G dan J.L. Bowyer, 1989. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu Semua Pengantar*. Diterjemahkan oleh Sutjipto A.Hadikusumo. Gajah Mada University press. Yogyakarta.
- Saputro D.D., Widayat W., 2007, Biomassa sebagai sumber energi alternatif terbarukan di Indonesia, Jurnal Profesional, Vol 5, No.2, pp. 705-716.