

## **ANALISIS MATERIAL DAN ENERGI PADA PRODUKSI BIO-BRIKET ARANG TONGKOL JAGUNG MATERIAL AND ENERGY ANALYSIS IN THE PRODUCTION OF CORN COB CHARCOAL BIO-BRIQUETTES**

**Wawan Agustina**

Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna,  
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia  
Jl.KS. Tubun No.5 Subang Jawa Barat, Telp.(0260-411478),  
e-mail : wanwa03@gmail.com

Diterima : 23-03-2016

Direvisi : 18-04-2016

Disetujui : 11-06-2016

### **ABSTRAK**

Proses produksi untuk menghasilkan suatu energi tidak terlepas dari penggunaan energi lainnya, tidak terkecuali dalam proses produksi biobriket arang tongkol jagung. Jumlah dari material dan energi yang diperlukan dalam proses produksi tersebut perlu dianalisis atau dikaji. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui jumlah material dan energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu satuan unit fungsional material (kg) dan energi (MJ) dari produk biobriket arang tongkol jagung. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan cara mengkaji jumlah material dan energi yang masuk atau yang dibutuhkan pada setiap tahapan proses pembuatan biobriket arang tongkol jagung. Tahapan proses tersebut meliputi karbonisasi, penggilingan arang, pembuatan bahan perekat, pencampuran serbuk arang dengan bahan perekat dan pencetakan briket. Hasil penelitian menunjukkan rendemen arang terhadap bahan baku tongkol jagung adalah sebesar 19%. Pada proses produksi terjadi penyusutan material sebesar 60,61%, penyusutan material terbesar terjadi pada proses karbonisasi yaitu sebesar 38,18%. Untuk menghasilkan 1 kg biobriket arang tongkol jagung diperlukan 4,96 kg tongkol jagung, 0,075 kg tapioka, dan 0,68 kg air. Pada konversi energi dari bahan baku terhadap produk yang dihasilkan terjadi kehilangan sebesar 74,14%. Untuk menghasilkan 1 MJ energi dari biobriket arang tongkol jagung diperlukan 4,17 MJ energi total (energi bahan baku dan proses) dan diperlukan 0,30 MJ energi proses.

**Kata kunci** : Energi, Bio-briket, arang, tongkol jagung, analisis

### **ABSTRACT**

*Production process to yield amount of energy is not quit of use other type of energy, but also in course of corn cob charcoal bio briquette production. Amount of material and energy required in the production process need to be analyzed or reviewed. The purposes of this research is to know the amount of material and energi required to yield one set of functional unit of material ( kg) and energi ( MJ) from bio briquette corn cob charcoal product. Method used at this research is by studying amount of material and energi used in each step of charcoal corn cob bio briquette production process. Production process stages include carbonization process, charcoal milling (flouring), an adhesives making, mixing charcoal powder with an adhesive and briquette molding. Result of the research show the rendement of charcoal to raw material of corn cob is equal to 19%. At production process had loss material of equal to 60.61%. The biggest material loss is on carbon making process is equal to 38.18%. To yield 1 (one) kg of charcoal bio briquette needed 4.96 kg of corn cob, 0.075 kg of tapioca, and 0.68 kg of water. The conversion energi from raw material to product have loss the material of equal to 74.14%. To yield 1 MJ of energi from charcoal bio briquette needed 4.17 MJ of total energi (energy from raw material and process) and 0.30 MJ energi process.*

**Keyword** : Energi, Briquette, charcoal, corncob, analysis

**PENDAHULUAN**

Energi merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk keberlangsungan kehidupan di muka bumi ini. Semakin menipisnya cadangan sumber energi minyak bumi yang tersedia di alam dan tidak dapat diperbaharui memaksa manusia untuk mencari sumber-sumber energi alternatif, terutama sumber energi yang dapat diperbaharui. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil jagung. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2014 jumlah produksi jagung adalah sebesar 19,01 juta ton pipilan kering atau meningkat sebanyak 0,50 juta ton (2,68 persen) dibandingkan tahun 2013 (BPS, 2015).

Semakin tinggi jumlah produksi jagung akan semakin banyak pula limbah yang dihasilkan. Limbah produksi atau pertanian jagung diantaranya ialah batang, daun, kelobot dan tongkol. Banyaknya limbah yang dihasilkan dari tanaman jagung adalah sebesar 1,42 kg dari setiap 1 kg biji jagung pipil atau sebesar 142%. Limbah itu sendiri terdiri atas 20,87% tongkol dan sisanya sebesar 79,13% terdiri atas batang, daun dan kelobot (Agustina dan Enny, 2011). Limbah produksi jagung tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi yaitu sebagai bahan baku pembuatan biobriket.

Proses produksi untuk menghasilkan suatu energi tidak terlepas dari penggunaan energi lainnya sehingga untuk mengetahui efisiensi atau perbandingan jumlah energi dan material yang dibutuhkan dengan yang dihasilkan perlu dilakukan kajian atau analisis mengenai kebutuhan energi dan material untuk menghasilkan satu satuan unit fungsional material (kg) dan energi (MJ) dari produk yang dihasilkan. Menurut Masada (2008) audit energi merupakan langkah awal yang penting dalam pelaksanaan program konservasi energi. Kegiatan audit energi dapat membantu memberikan gambaran mengenai penggunaan energi, distribusi energi, biaya energi dan konversi energi sehingga dapat digunakan untuk mengetahui adanya sumber pemborosan

energi dan dapat digunakan untuk mendapatkan langkah - langkah penghematannya.

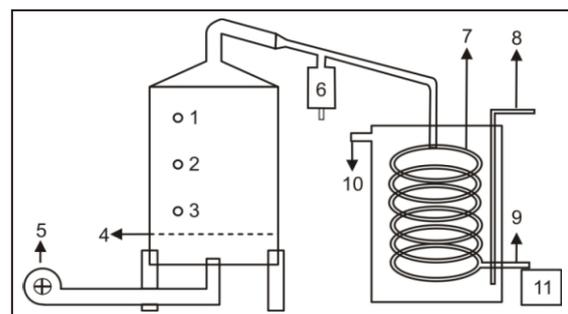
Sudah cukup banyak penelitian yang berkaitan dengan pembuatan briket arang dari berbagai bahan baku, namun demikian masih sulit menemukan literatur yang menelaah tentang kebutuhan material dan energi untuk menghasilkan satu satuan unit fungsionalnya. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk menganalisis jumlah material dan energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu satuan unit fungsional material (kg) dan energi (MJ) dari produk biobriket arang tongkol jagung.

**METODA PENELITIAN**

**Alat dan Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bahan baku tongkol jagung, solar, tapioka dan bahan pendukung analisis kimia.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi seperangkat peralatan karbonisasi yang dilengkapi dengan blower, termokopel, termometer infra merah, *disc mill ffc 37*, alat pencetak briket, Bomb kalorimeter Parr instrument, dan peralatan pendukung laboratorium kimia.



**Gambar 1.** Skema Peralatan Karbonisasi Yang Menghasilkan Asap Cair (Sumber: Agustina Dan Enny, 2011)

Keterangan gambar :

1. Lubang pengamatan segmen atas
2. Lubang pengamatan segmen tengah
3. Lubang pengamatan segmen bawah
4. Plat berlubang (lantai restorasi)
5. Blower
6. Penampung tar

7. Pipa kondensor
8. Saluran air pendingin masuk
9. Pipa pengeluaran asap cair
10. Saluran pengeluaran air pendingin Penampung asap cair.

Spesifikasi peralatan karbonisasi adalah seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi Peralatan Karbonisasi

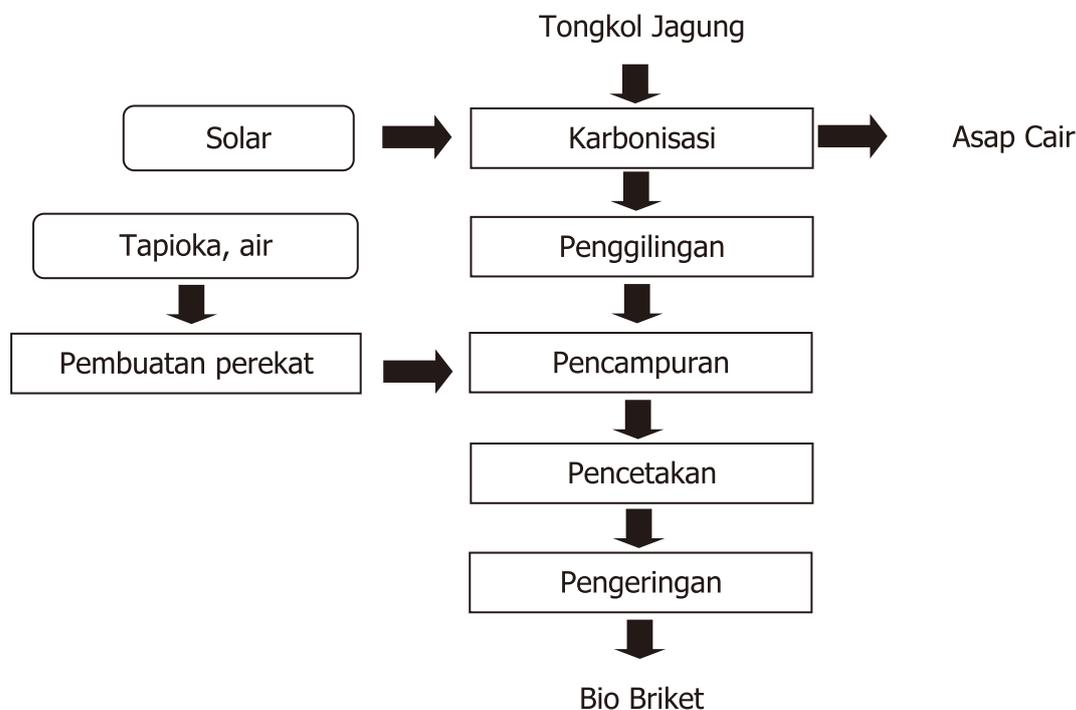
<b>Tungku karbonasi :</b>	
Bahan	Drum bekas bahan kimia
Tinggi	89 cm
Diameter	58 cm
Filter	Plat berlubang
Kondensor	
Bahan penampung air	Drum
Pipa	Besi (diameter ¾")
Panjang pipa kondensor	12 meter
Blower	
Daya Listrik	150 watt
Diameter pipaoutput	2 "

## Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini telah dilakukan analisis data berdasarkan studi literatur dan percobaan. Percobaan dilakukan dengan cara produksi briket arang tongkol jagung yang dimulai dari tahap karbonisasi. Dalam kajian ini juga digunakan asumsi bahwa lokasi produksi berada di sekitar lokasi pemipilan jagung sehingga tidak ada transportasi untuk memindahkan tongkol dan perhitungan energi hanya melibatkan energi yang terlibat secara langsung dalam proses produksi, tidak melibatkan energi matahari untuk pengeringan dan energi untuk konstruksi peralatan. Adapun bagan alir dari kegiatan produksi briket arang tongkol jagung dapat dilihat pada Gambar 2.

## Karbonisasi bahan baku

Karbonisasi dilakukan dengan cara memasukkan sejumlah tongkol jagung ( $\pm 28$  kg) ke dalam tungku karbonisasi seperti terlihat pada Gambar 1, kemudian menambahkan sebanyak 250 ml solar sebagai penyulut, dan menyalakannya. Setelah terbentuk bara, tungku ditutup dan blower dinyalakan.



**Gambar 2.** Diagram Alir Proses Produksi Briket Arang Tongkol Jagung

Karbonisasi dilakukan selama 4,5 jam. Suhu pembakaran tertinggi yang terukur dengan alat termometer infra merah pada lubang pengamatan mencapai 322°C. Pada proses karbonisasi asap yang dihasilkan dari cerobong dikondensasikan dan diperoleh asap cair sebagai produk samping. Arang hasil karbonisasi dibongkar setelah dingin kemudian disortasi untuk memisahkan tongkol yang tidak terarangkan.

## Penggilingan

Penggilingan dilakukan untuk memperkecil ukuran arang, memudahkan proses pencampuran dan memudahkan proses pencetakan briket. Pada proses penggilingan digunakan *discmill* ffc 45. Penggerak *disc mill* adalah motor listrik 22 hp.

## Pembuatan lem/perekat

Lem atau perekat dibuat dari campuran air dan tapioka dengan cara memanaskan air sampai mendidih, kemudian menambahkan tapioka dengan perbandingan air : tapioka (9:1). Setelah tapioka dimasukkan ke dalam air mendidih, campuran terus diaduk sampai pati membentuk gel (lengket, berwarna opak). Energi panas yang digunakan pada proses pembuatan perekat berasal dari pembakaran briket arang.

## Pencampuran

Penelitian ini menggunakan total berat kering campuran arang tongkol jagung dan tapioka sebanyak 2 kg per batch. Sebanyak 1.850 g tepung arang dicampur dengan 1.500 g larutan tapioka secara manual, kemudian diaduk sampai homogen selama 15 menit.

## Pencetakan

Pencetakan dilakukan secara manual menggunakan alat press yang dilengkapi pompa hidrolik. Kapasitas pencetakan ± 0,5 kg campuran dengan jumlah 16 buah/batch.

## Pengeringan

Pengeringan dilakukan dengan menggunakan energi matahari.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil karakteristik bahan baku diketahui bahwa tongkol jagung yang digunakan memiliki kadar air sekitar 36,58% dan kadar abu sekitar 0,86%.

Tongkol jagung dapat diolah dan dimanfaatkan sebagai sumber energi. Menurut Wilasita dan Purwaningsih (2011), Tongkol jagung selain sifatnya sebagai limbah juga memiliki nilai kalor yang tinggi yaitu sebesar 3.500-4.500 kkal/kg.

## Analisis Material

Proses pembuatan bio briket arang tongkol jagung dimulai dari proses karbonisasi tongkol jagung sampai dihasilkannya bio briket kering. Input dan output material dalam setiap tahapan proses tersebut disajikan dalam Tabel 2.

Dari tabel 1 dapat dihitung jumlah keseimbangan massa atau material dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\sum TMI = \sum TMO + \sum TML \quad (1)$$

Keterangan :

TMI = Total material input

TMO = Total material output (produk & produk samping)

TML = Total Material lainnya

Pada tabel 1. diketahui jumlah material yang masuk pada kolom material input adalah 65,75 kg dan jumlah material pada material output adalah 46,18 kg. Hal ini berarti terjadi ketidakseimbangan sehingga dipastikan adanya material yang hilang selama proses (TML). Jumlah material yang hilang adalah :

$$\sum TML = \sum TMI - \sum TMO \quad (2)$$

$$\sum TML = 65,75 - 46,18$$

$$\sum TML = 19,57 \text{ kg}$$

Dengan demikian diketahui adanya kehilangan atau penyusutan bobot material pada proses pembuatan briket tersebut sebanyak 19,57 kg. Hasil tersebut dapat dibandingkan dengan menghitung secara

riil. Material riil yang masuk sebenarnya adalah 28 kg tongkol jagung, 0,43 kg tapioka dan 3,86 kg air dengan total bobot 32,29 kg. Sedangkan material riil yang keluar atau dihasilkan adalah 5,69 kg bio briket, 4,65 kg asap cair kasar dan 2,38 kg tongkol tak terarangkan dengan jumlah total 12,72 kg. Selisih material riil input dan output sebagai material yang hilang adalah sama yaitu 19,57 kg. Jumlah penyusutan material dapat dinyatakan dalam persentase dengan persamaan berikut.

$$\% TML = \frac{\sum TML}{\sum TMI} \times 100\% \quad (3)$$

$$\% TML = \frac{19,57}{32,29} \times 100\%$$

$$\% TML = 60,61\%$$

Penyusutan material sebagian besar terjadi pada proses karbonisasi yaitu sebesar (28 kg tongkol) – (5,30 kg arang + 2,38 kg tongkol tak terarangkan + 4,65 kg asap cair) = 12,33 kg atau sebanyak 38,18% dari total material yang dipergunakan. Penyusutan material ini disebabkan terbentuknya abu dan gas yang tidak ditangkap. Penyusutan material pada proses lainnya disebabkan oleh menguapnya sejumlah air yang dipergunakan dan juga sedikit kehilangan material saat pencetakan briket.

**Tabel 2.** Tabel Neraca Massa Pembuatan Briket

Tahapan Proses	Input Material			Output Material			Ket.
	Material	Unit	Sat.	Material	Unit	Sat.	
Karbonisasi	Tongkol jagung	28,00	kg	Arang	5,30	kg	Rendemen ± 19%
				Asap cair kasar	4,65	kg	BJ = 1,01 g/ml
				Tongkol tak terarangkan	2,38	kg	-
Penggilingan	Arang	5,30	kg	Tepung arang	5,29	kg	Rendemen ± 99,76%
Pembuatan perekat	Tapioka	0,43	kg	Perekat	4,29	kg	Untuk 2,86 x batch
	Air	3,86	kg				BJ = 1
Pencampuran	Tepung arang	5,29	kg	Campuran bahan	9,58	kg	Untuk 2,86 x batch
	Perekat	4,29	kg				
Pencetakan	Campuran bahan	9,58	kg	Briket Basah	9,00	kg	Ada kehilangan massa sekitar 5,97%
Pengeringan	Briket Basah	9,00	kg	Briket kering	5,69	kg	Kadar air briket < 8%
JUMLAH		65,75	kg	-	46,18	kg	-

Banyaknya tongkol jagung yang diperlukan untuk menghasilkan setiap satu kilogram bio briket dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$W_{tongkol} = \frac{W_1}{W_2} \quad (4)$$

Keterangan :

W1 : Bobot tongkol yang digunakan (kg)

W2 : Bobot bio briket yang dihasilkan (kg)

$$W_{tongkol} = \frac{28}{5,69} = 4,92$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui bahwa untuk menghasilkan 1 kg bio briket arang tongkol jagung dengan konsentrasi tapioka (sebagai bahan perekat) 0,75% diperlukan tongkol jagung sebanyak 4,92 kg. Sedangkan jumlah tapioka yang diperlukan untuk menghasilkan 1 kg bio briket arang tongkol

jagung dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Jumlah Tapioka (kg)} = \frac{\text{tapioka digunakan (kg)}}{\text{total produksi bio briket}}$$

$$\text{Jumlah Tapioka (kg)} = \frac{0,43 \text{ (kg)}}{5,69 \text{ (kg)}} \quad (5)$$

$$\text{Jumlah Tapioka (kg)} = 0,0756$$

Jadi untuk menghasilkan 1 kg bio briket tongkol jagung diperlukan tapioka sebagai campuran bahan perekat sebanyak 0,0756 kg atau 75,6 gram.

Selain tongkol jagung dan tapioka diperlukan juga air. Air yang diperlukan dapat dihitung dengan persamaan yang hampir sama dengan penghitungan jumlah tapioka yaitu sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Air (kg)} = \frac{\text{bobot air yang digunakan (kg)}}{\text{total produksi bio briket}}$$

$$\text{Jumlah Air (kg)} = \frac{3,86 \text{ (kg)}}{5,69 \text{ (kg)}} \quad (6)$$

$$\text{Jumlah Air (kg)} = 0,6783 \text{ kg}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui bahwa jumlah air yang diperlukan

untuk menghasilkan 1 kg briket adalah sebesar 0,68 kg. atau dibulatkan menjadi 0,68 kg.

Dalam penelitian ini digunakan konsentrasi perekat tapioka sebanyak 7,5% hal ini sesuai dengan laporan hasil penelitian Sholichah dkk. (2011) yang merekomendasikan perlakuan tersebut dari hasil pengujian skala laboratorium. Untuk perlakuan-perlakuan lain dengan variasi konsentrasi tapioka dalam pelarut air memiliki rendemen briket arang tongkol jagung terhadap bobot arang kering berkisar antara 57,62% - 69,38% (Sholichah, dkk. 2011). Sejauh ini belum diperoleh informasi dari hasil penelitian lain mengenai rendemen atau perbandingan bio briket arang terhadap bahan baku yang digunakan.

### Analisis Energi

Proses pembuatan briket arang tongkol jagung melalui beberapa tahapan proses yang melibatkan sejumlah energi yang diperlukan. Karakteristik briket yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperti pada tabel 3.

**Tabel 3.** Tabel Karakterisasi Briket

Perlakuan	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Volatile Matter (%)	Fixed Carbon (%)	Energi (Kkal/Kg)
Konsentrasi perekat 7,5%	7,63	5,38	26,74	60,26	5396,05

Tahapan-tahapan yang melibatkan energi utama beserta sumber energinya disajikan dalam Tabel 4. Dalam perhitungan keseimbangan input dan output energi ini digunakan beberapa asumsi yaitu nilai kalori tongkol jagung sebesar 4.451 Kkal/kg (Sudrajat, 2004 dalam Widodo dkk., 2013). Energi manusia didasarkan pada pekerjaan sedang sampai berat 350 Kkal/jam. Menurut SNI 7269:2009, energi beban kerja dikategorikan dalam 3 kelompok yaitu ringan (100-200 kkal/jam), sedang (200-

350 kkal/jam) dan berat (350-500 kkal/jam). Nilai kalor minyak solar = 9.206 kkal/ltr (Suhartanta dan Arifin, 2008). Selain itu dalam tahap proses pembuatan briket ini, yaitu proses pengeringan dengan menggunakan sinar matahari dalam hal ini tidak dimasukkan dalam perhitungan kecuali energi manusianya yang diperlukan untuk menjemur dengan asumsi energi matahari ini tersedia di alam. Ringkasan input energi proses, input energi total dan output energi dari produk disajikan dalam tabel 4.

**Tabel 4.** Tabel Ringkasan Input Energi Proses, Input Energi Total Dan Output Energi Produk

Energi pada tiap tahapan proses	INPUT ENERGI		OUTPUT ENERGI PRODUK (MJ)
	Energi dari bahan baku (MJ)	Energi Proses (MJ)	
<b>Karbonisasi</b>			
Tongkol jagung	520,696		
Listrik Blower		2,430	
Solar		9,636	
Listrik Pompa Air		2,430	
Energi Manusia		6,595	
<b>Penggilingan</b>			
Listrik disc mill		4,710	
Energi Manusia		0,244	
<b>Pembuatan perekat</b>			
Briket		11,297	
Energi Manusia		0,488	
<b>Pencampuran</b>			
Energi Manusia		0,488	
<b>Pencetakan</b>			
Energi Manusia		1,397	
<b>Pengeringan</b>			
Energi Matahari		-	
Energi Manusia		0,733	
Bio briket arang tongkol jagung			134,656
<b>Jumlah</b>	<b>520,696</b>	<b>40,448</b>	<b>134,656</b>

Berdasarkan tabel 3. dapat diketahui jumlah energi total yang masuk baik dari bahan baku maupun energi dari luar dan energi yang dihasilkan dalam bentuk produk briket. Jika dilihat dari segi efisiensi energi antara bahan baku dan produk terjadi ketidakseimbangan yang sangat tinggi energi dalam bentuk bahan baku tongkol jagung sebesar 520,696 MJ sedangkan energi yang dihasilkan dalam bentuk briket arang sebesar 134,656 MJ dengan demikian telah terjadi kehilangan energi yang sangat banyak yaitu sebesar 386,040 MJ atau sebesar 74,14%.

$$E_{total\ masuk} = E_{bahan\ baku} + E_{proses} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} E_{total\ masuk} &= 520,696 + 40,448 \\ &= 561,144\ MJ \end{aligned}$$

Energi yang diperlukan untuk setiap kg biobriket yang dihasilkan dapat terdiri dari energi total dan energi proses. Energi total yang diperlukan adalah (561,144 MJ). Dengan demikian dapat dihitung energi total dan energi proses yang diperlukan untuk menghasilkan satu satuan energi biobriket yang dihasilkan, dalam hal ini

satuan dinyatakan dalam MJ. Nilainya dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} Energi\ total\ (MJ) &= \frac{total\ energi\ input}{total\ energi\ produk} \quad (8) \\ &= \frac{561,144}{134,656} \\ &= 4,167\ MJ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E\ Proses\ (MJ) &= \frac{E\ proses\ input}{total\ energi\ produk} \quad (9) \\ &= \frac{40,448}{134,656} \\ &= 0,300\ MJ \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas diketahui bahwa dibutuhkan total energi dari bahan baku dan proses sebanyak 4,167 MJ untuk menghasilkan 1 MJ energi dari produk bio briket arang atau sebesar 416,7% lebih besar daripada energi yang dihasilkan. Jika dilihat dari energi prosesnya saja dibutuhkan energi sebanyak 0,300 MJ atau sebesar 30% untuk menghasilkan 1 MJ energi dari biobriket arang. Dengan demikian jika dilihat dari konversi energi hal ini jelas tidak menguntungkan, akan tetapi masih mungkin diproduksi dengan tujuan untuk

memaanfaatkan limbah tongkol jagung yang terbuang.

Seperti halnya pada analisis material, dalam analisis energi juga diketahui bahwa sebagian besar energi hilang pada proses karbonisasi. Hilangnya energi disebabkan oleh terjadinya proses pembakaran yang menghasilkan panas yang tidak dimanfaatkan.

## KESIMPULAN

Terjadi penyusutan bobot material selama proses produksi yaitu sebesar 60,61%. Penyusutan material terbesar terjadi pada proses karbonisasi yaitu sebesar 38,18%. Kebutuhan material untuk menghasilkan 1 kg bio briket arang tongkol jagung adalah 4,96 kg tongkol jagung, 0,075 kg tapioka, dan 0,68 kg air.

Berdasarkan hasil analisis energi, telah terjadi penyusutan atau kehilangan energi yang cukup besar. Pada konversi energi dari bahan baku terhadap produk yang dihasilkan terjadi kehilangan energi sebesar 74,14%. Untuk menghasilkan 1 MJ energi dari biobriket arang tongkol jagung diperlukan 4,167 MJ energi total (energi bahan baku dan proses) dan diperlukan 0,300 MJ energi proses.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis sampaikan pada kepala Pusbang TTG LIPI Subang, Tim kegiatan tematik briket arang tongkol jagung tahun 2011 (Enny Sholichah, Nok Afifah, Dewi Desnilasari, Cahya E. W.A., Mirwan A. K., Dadang Gandara, Taufik Yudi) dan pihak-pihak lain yang sudah membantu kegiatan penelitian dan penulisan makalah.

## DAFTAR PUSTAKA

Agustina, W. dan Enny Sholichah, 2011. Identifikasi Asap Cair sebagai Produk

samping dari Proses karbonisasi Tongkol Jagung dengan Menggunakan Blower Sebagai Sumber Udara. Prosiding Seminar Nasional Teknoin. Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta, 19 November 2011. ISBN: 978-979-96964-8-9. Hal. A-151 s.d A-156.

Biro Pusat Statistik, 2015. Produksi Padi, Jagung dan Kedelai (Angka Ramalan Tahun 2015). Berita Resmi Statistik No. 62/07/ Th. XVIII, 1 Juli 2015.

Masada, R., 2008. Audit Energi pada Proses Produksi Biji Kakao Di PtTP Nusantara VIII Perkebunan Batulawang Ciarnis, Jawa Barat, Skripsi, Institut Pertanian Bogor,

Sholichah, E., dkk., 2011, Kajian Tekno Ekonomi Pemanfaatan Limbah Pertanian Jagung menjadi *Briket* Arang, Laporan Kegiatan Tematik : Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna, LIPI, Subang.

Badan Standardisasi nasional, 2009. Standard nasional Indonesia (SNI), Penilaian beban kerja berdasarkan tingkat kalori menurut pengeluaran energi, *SNI* : 7269:2009.

Suhartanta dan Arifin Z., 2008. Pemanfaatan Minyak Jarak Pagar sebagai Bahan Bakar Alternatif Mesin Diesel. *Jurnal Penelitian Saintek*, Vol. 13, No. 1, Hal : 19-46, April 2008.

Wilasita D.C. dan Purwaningsih R., 2014. *Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung dan Tempurung Kelapa Menjadi Briket Sebagai Sumber Energi Alternatif dengan Proses Karbonisasi dan Non Karbonisasi*. Laboratorium Pengolahan Limbah Industri, Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, Surabaya, <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-16948-2309105020-2309105028paperpdf.pdf>.