

# EKO-BRIKET DARI SAMPAH PLASTIK CAMPURAN DAN LIGNOSELULOSA

## ECOBRIQUETTE FROM MIXED PLASTIC AND LIGNOCELLULOSIC WASTE MATERIALS

Yulinah Trihadiningrum<sup>1)</sup>, Denny Listiyanawati<sup>1)</sup>, dan Djoko Sungkono<sup>2)</sup>,  
<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS, Surabaya  
<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITS, Surabaya  
email: yulinah@rad.net.id

### Abstrak

Penemuan energi alternatif hangat dibicarakan oleh masyarakat luas karena semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil. Di lain pihak permasalahan sampah kota tak bisa terelakkan. Sampah Kota Surabaya mengandung 72,4% (1560 ton/hari) sampah organik yang mengandung lignoselulosa dan sampah plastik sebesar 10,9% (265,52 ton/hari). Penelitian ini bertujuan untuk menetapkan komposisi dan karakterisasi eko-briket dari sampah plastik campuran dan lignoselulosa. Penelitian ini menggunakan 3 variabel, meliputi sampah plastik campuran, jenis sampah lignoselulosa (serbuk gergaji, sekam padi dan tempurung kelapa) serta ukuran lignoselulosa (40 dan 60 mesh). Parameter uji karakteristik mutu briket meliputi kadar air, kadar *Volatile Solid (VS)*, kadar *fixed carbon (FC)*, kadar abu, dan bulk density, nilai kalor, dan titik nyala. Pengujian parameter tersebut dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan, Teknik Mesin, Teknik Sipil dan Teknik Fisika. Hasil uji menunjukkan bahwa sampah plastik dan lignoselulosa dapat dibuat menjadi ekobriket dengan penambahan lem *polyvinyl acetate (PVAc)*. Produk ekobriket terbaik adalah komposisi 20% plastik campuran dan 80% lignoselulosa tempurung kelapa (M20T40). Karakteristik mutu briket tersebut adalah: kadar air 12,79%, *volatile solid* 85,14%, *fixed carbon* 1,56%, kadar abu 0,64%, nilai kalori 8801,04 kalori/gram, *bulk density* 0,13 gram/cm<sup>3</sup>, dan titik nyala 131,8°C. Hasil tersebut sesuai dengan baku mutu Permen ESDM No. 47 tahun 2006 dan mampu dijadikan salah satu alternatif pemenuhan keterbatasan energi Indonesia.

**Kata kunci:** sampah plastik, sampah lignoselulosa, eko-briket, karakteristik mutu

### Abstract

The importance of energy alternative invention has been currently discussed nation wide because of the limiting fossil fuel resources. Municipal solid waste (MSW), on the other hand, has become an unsolved problem to date. The MSW of Surabaya City comprises 72,4% (1560 tons/day) lignocellulosic organic waste and 10,9% plastic waste (265,52 tons/day). The objectives of this research were to measure composition and characteristics of ecobriquette from mixed plastic and lignocellulosic waste. The variables used in this research were different plastic types, namely High Density Polyethylene (HDPE), Low Density Polyethylene (LDPE), Polypropylene (PP), Polystyrene (PS) and mixed plastics; lignocellulosic waste (namely wood, rice husk, and coconut shell); and different sizes (40 and 60 mesh) of lignocellulosic particles. The measured quality parameters were moisture content, volatile solids, fixed carbon, ash content, bulk density, calorific value, and flash point. These parameters were measured at different laboratories at Departments of Environmental Engineering, Mechanical Engineering, Civil Engineering, and Physical Engineering. Results of this research showed that the ecobriquette preparation from plastic and lignocellulosic wastes was successfully done using polyvinyl acetate (PVAc) glue. The selected best ecobriquette quality was composed of 20% mixed plastics and 80% coconut shell of 40 mesh (M20T40). The briquette characteristics were as follows: moisture content 12,79%, volatile solids 85,14%, fixed carbon 1,56%, ash content 0,64%, calorific value 8801,04 Cal/gram, bulk density 0,13 g/cm<sup>3</sup>, and flash point 131,8 °C. The ecobriquette quality met the quality standards of the Ministry of Energy and Mineral Resources Decree Number 47/2006. Therefore, it ecobriquette is one of potential fuel alternatives for coping with Indonesian energy limitation.

**Key words:** plastic waste, lignocellulosic waste, ecobriquette, quality

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi suatu daerah di samping membutuhkan sumber daya manusia juga ketersediaan sumber daya alam, termasuk energi.

Kebutuhan energi (BBM) di Indonesia meningkat mencapai 215 juta L/hari, tidak seimbang dengan produksi dalam negeri (178 juta L/hari). Pertumbuhan konsumsi energi naik sebesar ± 7%/tahun, sejalan dengan pertumbuhan ekonomi

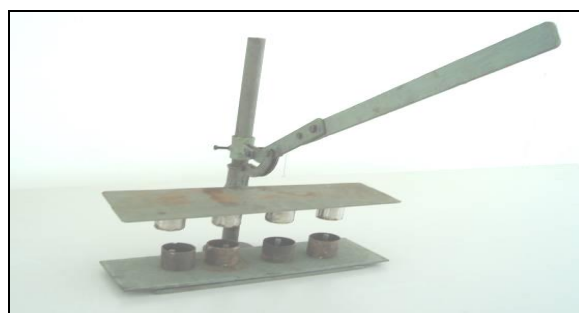
(6,3%/tahun) serta pertumbuhan penduduk (Sagala, 2000). Kondisi sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, terutama minyak bumi, saat ini sudah cukup kritis (Pangestu 1996 dan Sari 2002) dan laju penemuan cadangan energi lebih rendah dari laju konsumsi energi. Bila dilihat rasio cadangan dan produksi energi, potensi batubara, gas bumi, dan minyak bumi hanya mampu bertahan selama 50, 30 dan 10 tahun (Anonim, 2004). Menipisnya cadangan energi tersebut menjadikan energi alternatif seperti briket biomassa sebagai tumpuan. Selain itu penggunaan briket biomassa sebagai pengganti minyak tanah dapat menyelamatkan CO<sub>2</sub> sebanyak 3,5 juta ton untuk Indonesia dan untuk dunia 6,07 x 10<sup>9</sup> ton CO<sub>2</sub>/tahun (Pari, 2002).

Di sisi lain, permasalahan sampah kota semakin pelik, karena keterbatasan lahan dan semakin tingginya sampah yang dihasilkan. Sampah plastik Kota Surabaya sebesar 10,9% (265,52 ton/hari), sedangkan sampah basah yang didalamnya mengandung lignoselulosa, sebesar 72,4% (1560 ton/hari) (Trihadiningrum, 2007). Sampah lignoselulosa (gergaji kayu, tempurung kelapa, sekam padi, dll) mempunyai berat molekul tinggi dan kaya energi tetapi nilai kalorinya lebih rendah dibandingkan batubara dan arang kayu. Himawanto (2005) membuat *Refuse Derived Fuel* RDF dengan teknik karbonisasi dari 90% sampah organik dan sisanya sampah anorganik menghasilkan titik nyala pada 176,3 °C. Kombinasi dari sampah plastik dan

sampah yang mengandung lignoselulosa diharapkan mampu dijadikan alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menetapkan komposisi dan karakteristik bahan bakar yang dapat dihasilkan dari sampah plastik campuran dan sampah lignoselulosa sebagai alternatif bahan bakar bio-batubara.

## 2. METODOLOGI

Bahan-bahan penelitian dibutuhkan meliputi: sampah plastik campuran (*High Density Polyethilena* (HDPE), *Low Density Polyethilena* (LDPE), *Polypropilena* (PP), dan *Polystirena* (PS) masing-masing 25% berat) dan sampah lignoselulosa (serbuk gergaji, sekam padi dan tempurung kelapa). Briket dibuat dengan menggunakan alat pencetak seperti pada Gambar 1 dan variasi dari penelitian disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Alat pencetak briket

Tabel 1. Variasi Komposisi Bahan Baku Eko-briket

Jenis sampah plastik (SP)	Jenis sampah lignoselulosa (SL)	Ukuran bahan SL lolos ayakan (mesh)	Kode eko-briket dalam SP:SL (%b/b)				
			10:90	20:80	30:70	40:60	
Campuran	Kayu	40	M10K40	M20K40	M30K40	M40K40	
		60	M10K60	M20K60	M30K60	M40K60	
	Sekam padi	40	M10S40	M20S40	M30S40	M40S40	
		60	M10S60	M20S60	M30S60	M40S60	
		Tempurung kelapa	40	M10T40	M20T40	M30T40	M40T40
			60	M10T60	M20T60	M30T60	M40T60

Uji karakteristik mutu terdiri atas kadar air, VS, abu dan FC di laboratorium Rekayasa Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan, nilai kalor di laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin, titik nyala di laboratorium Bahan Jurusan Teknik Lingkungan dan kuat tekan di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil. Hasil uji dibandingkan dengan Permen ESDM No. 47 tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batubara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batubara. Kadar air dihitung sesuai prosedur dari *American Society for Testing and Materials* (ASTM) D 3173-87, kadar abu ASTM D

3174-89, *volatile solid* (VS) ASTM D 3175-89, *fixed carbon* (FC) ASTM D 3172-89. Sedangkan nilai kalor dengan alat bomb-kalorimeter sesuai ASTM D240-94 dan titik nyala menurut ASTM D 1929.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembuatan Briket

Bahan lignoselulosa yang sudah dibersihkan, ditumbuk, kemudian diayak. Sampah plastik berukuran homogen dan hasil ayakan, kemudian diuji karakteristik bahan (Tabel 2, 3 dan 4).

**Tabel 2.** Karakteristik Bahan Lignoselulosa

No.	Sampel	Kadar air (%)			Kadar VS			Kadar FC			Kadar Abu		
		I	II	Mean	I	II	Mean	I	II	Mean	I	II	Mean
1	Kayu	8.17	7.30	7.73	89.87	84.66	87.26	0.15	7.67	3.91	1.82	0.38	1.10
2	Sekam	5.96	12.28	9.12	82.23	75.36	78.79	0.18	11.51	5.84	11.64	0.86	6.25
3	Temp. kelapa	5.38	6.62	6.00	92.35	87.36	89.85	1.13	5.81	3.47	1.14	0.21	0.67

**Tabel 3.** Karakteristik Bahan Sampah Plastik

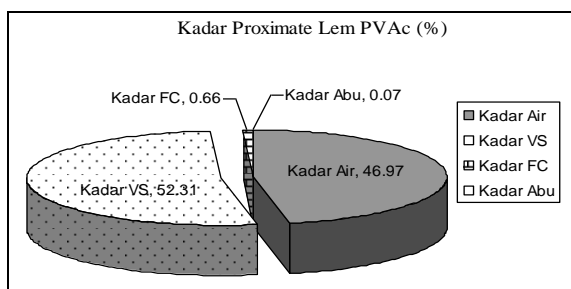
No.	Sampel	Kadar air (%)			Kadar VS			Kadar FC			Kadar Abu		
		I	II	Mean	I	II	Mean	I	II	Mean	I	II	Mean
1	Plastik PP	0.42	0.42	0.42	99.24	99.24	99.24	0.04	0.04	0.04	0.30	0.30	0.30
2	Plastik PS	0.27	0.27	0.27	99.52	99.52	99.52	0.06	0.06	0.06	0.15	0.15	0.15
3	Plas. campuran	0.44	0.42	0.43	97.31	97.38	97.35	1.32	1.29	1.31	0.93	0.90	0.92

**Tabel 4.** Nilai Kalor Bahan

No	Jenis bahan	NKA
1	PVAc	1731.28
2	Serbuk Kayu	3558.28
3	Sekam Padi	3225.60
4	Tempurung Kelapa	3882.07

Kadar air tempurung kelapa (6,00%) sesuai dengan penelitian yang dilakukan Wahyudin (1994) dalam Masfufatullailiyah (2003), yang menyatakan bahwa kadar air tempurung kelapa berkisar 6-9%. Selain itu juga dijelaskan bahwa nilai kadar air tempurung kelapa tergantung dari lingkungan tempat tumbuh, varietas dan kematangan buah.

Briket dibuat dengan penambahan lem PVAc. Lem ini berfungsi untuk merekatkan sampah plastik dengan sampah lignoselulosa sehingga bisa dicetak menjadi briket. Karakteristik lem PVAc disajikan pada Gambar 2. Briket yang sudah dicetak dikeringkan pada sinar matahari agar tidak menimbulkan jamur ketika disimpan. Pengeringan di bawah sinar matahari menghasilkan penyebaran panas ke dalam bahan berlangsung secara bertahap dan menyeluruh sehingga penyerapan air ke udara lebih merata, sementara pengeringan dengan oven tidak demikian halnya (Harsono, 2002).

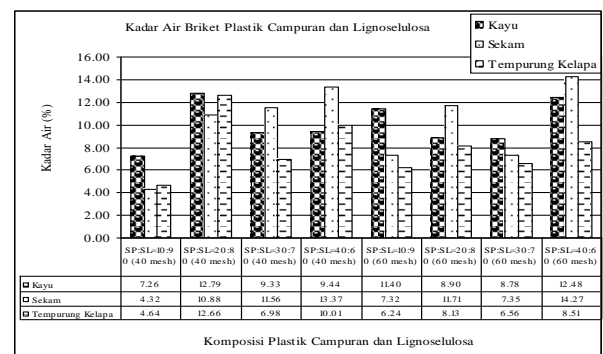
**Gambar 2.** Karakteristik Lem PVAc

### Hasil Uji Karakterisasi Mutu

#### Kadar Air

Analisis kadar air untuk mengetahui kandungan air dalam produk briket. Pengaruh kadar air terhadap

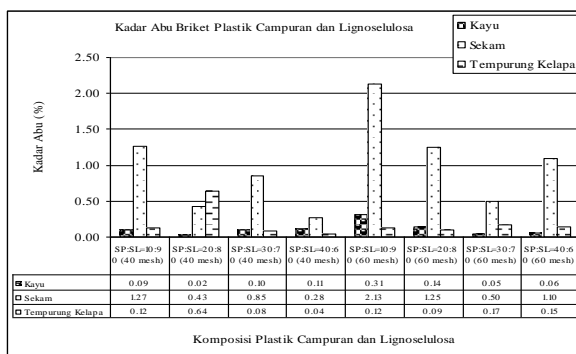
briket adalah meningkatkan kehilangan panas, karena penguapan dan pemanasan berlebih dari uap, membantu pengikatan partikel halus, serta membantu radiasi transfer panas (UNEP, 2006). Gambar 3 menunjukkan hasil analisis kadar air pada briket sampah plastik campuran dan lignoselulosa, yaitu dalam range antara 4.32-14.27%. Pada briket dengan sampah lignoselulosa serbuk kayu didapatkan nilai kadar air 7.26-12.79%, untuk sekam 4.32-14.27% dan tempurung kelapa 4.64-12.66%.

**Gambar 3.** Kadar Air Eko-Briket

Analisis terhadap kadar air suatu produk briket digunakan untuk merencanakan alternatif proses yang akan dilakukan terhadap produk tersebut. Hal ini dikarenakan kadar air yang tinggi akan menyebabkan menurunnya nilai kalori dan efisiensi pembakaran (Oberberger dan Thek, 2004 dalam Anggrainy, 2005). Hasil analisis di atas menunjukkan bahwa nilai kadar air tidak melebihi standar bio-batubara (Permen ESDM No 047 Tahun 2006), yaitu maksimal 15%. Dari hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa ukuran partikel lignoselulosa berpengaruh pada nilai kadar air, yaitu semakin kecil ukuran partikel lignoselulosa menunjukkan nilai kadar air yang semakin tinggi. Kemampuan penyerapan air dipengaruhi oleh faktor suhu dan kelembaban atmosfer di sekeliling briket (Budhi, 2003).

**Kadar Abu**

Abu merupakan sisa dari material yang tidak terbakar setelah terjadinya pembakaran sempurna yang erat kaitannya dengan bahan anorganik didalamnya. Standar kadar abu untuk briket bio-batubara, sebesar < 10% (Permen ESDM No 047 Tahun 2006). Hasil perhitungan kadar abu eko-briket, yaitu 0,02-2,13% masih memenuhi standar tersebut. Pada lignoselulosa serbuk kayu dalam campuran tersebut didapatkan nilai kadar abu 0,02-0,31%, sekam 0,28-2,13% dan tempurung kelapa 0,04-0,64%. Kadar abu briket sampah plastik campuran dan lignoselulosa ditampilkan pada Gambar 4. Dari hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa, kadar abu sekam mempunyai kadar abu paling tinggi dibandingkan yang lainnya.



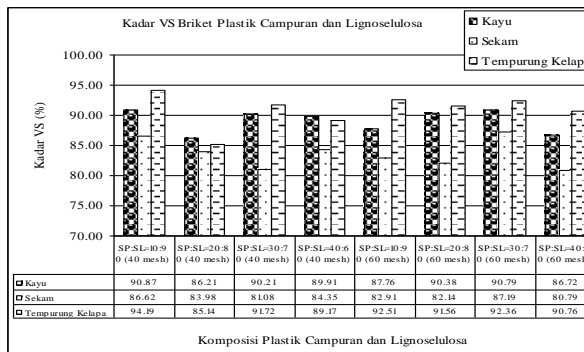
Gambar 4. Kadar Abu Eko-Briket

Obernberger and Thek (2004) dalam Anggrainy (2005), menjelaskan bahwa untuk mengurangi emisi debu pada furnace dan menjaga kenyamanan dalam penggunaan dan pemeliharaan alat pembakaran, maka kandungan abu yang tinggi pada produk harus diturunkan. Selain itu juga dijelaskan bahwa kadar abu dalam produk yang tinggi mempersulit proses operasi dan pemeliharaan alat pembakaran serta semakin tinggi kadar abu dalam produk maka nilai kalorinya juga lebih rendah.

**Kadar Volatile Solid (VS)**

Kadar VS merupakan kadar yang menguap setelah proses pembakaran pada suhu 550°C dengan cawan terbuka. Pengaruh kadar VS dalam briket adalah berbanding lurus dengan peningkatan panjang nyala api, membantu dalam memudahkan penyalaan briket, serta mempengaruhi kebutuhan udara sekunder dan aspek distribusi (UNEP, 2006). Analisis kadar VS pada briket sampah plastik campuran dan lignoselulosa menunjukkan nilai antara 80,79-98,95%. Pada lignoselulosa serbuk kayu dalam briket tersebut didapatkan nilai kadar

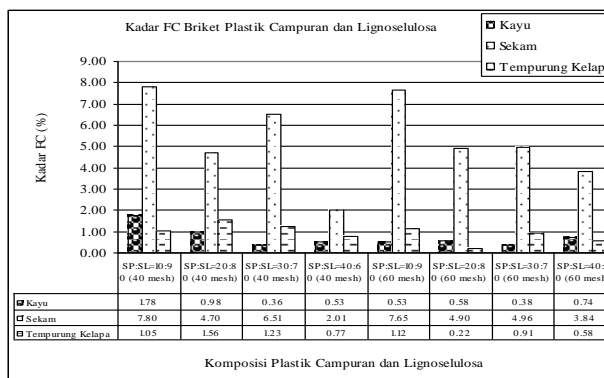
VS 86,21-90,79%, sekam 80,79-87,19% dan tempurung kelapa 85,14-94,19%. Kadar VS briket sampah plastik campuran dan lignoselulosa secara detail ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kadar Volatile Solid Eko-Briket

**Kadar Fixed Carbon (FC)**

FC merupakan karbon dalam keadaan bebas, tidak bergabung dengan elemen lain yang tersisa setelah materi yang mudah menguap dilepaskan selama analisis sampel sampah padat kering (Anonim, 2007). Kandungan utamanya tidak hanya karbon tetapi juga hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen yang tidak terbawa gas (UNEP, 2006). Hasil perhitungan kadar FC eko-briket menunjukkan nilai antara 0,22-7,80% (Gambar 6). Pada lignoselulosa serbuk kayu dalam briket tersebut didapatkan nilai kadar FC 0,36-1,78%, sekam 2,01-7,80% dan tempurung kelapa 0,22-1,56%.



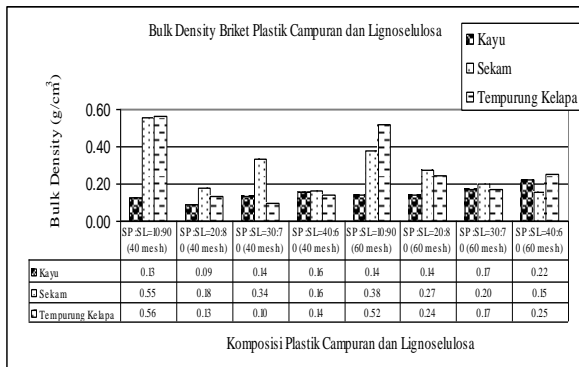
Gambar 6. Kadar Fixed Carbon Eko-Briket

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa, komposisi briket, jenis lignoselulosa, dan ukuran partikel tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar FC.

**Bulk density**

Bulk density dihitung dengan membandingkan massa briket dengan volumenya. Pengetahuan mengenai densitas suatu produk berguna untuk

penghitungan kuantitatif dan pengkajian kualitas penyalaan (UNEP, 2006). Perhitungan nilai *bulk density* eko-briket menunjukkan nilai 0,09-0,56 gram/cm<sup>3</sup> (Gambar 7). Nilai *bulk density* eko-briket dari serbuk kayu, sekam dan tempurung berturut-turut 0,09-0,22 gram/cm<sup>3</sup>, 0,15-0,55 gram/cm<sup>3</sup> dan 0,10-0,56 gram/cm<sup>3</sup>.



Gambar 7. Bulk Density Eko-Briket

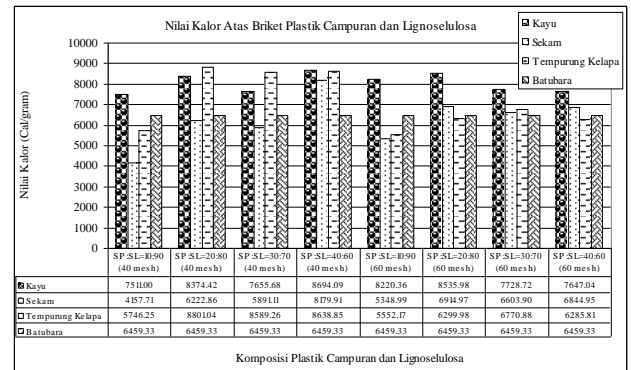
**Nilai kalor**

Nilai kalor merupakan ukuran panas atau energi yang dihasilkan dan diukur sebagai nilai kalor bawah (NKB atau *gross calorific value*) atau nilai kalor netto (NKA atau *nett calorific value*). Perbedaan dari NKA dan NKB ditentukan oleh panas laten kondensasi dari uap air yang dihasilkan selama proses pembakaran. NKA mengasumsikan seluruh uap yang dihasilkan selama proses pembakaran sepenuhnya terkondensasi. Sedangkan NKB mengasumsikan air yang keluar dengan produk pengembunan tidak seluruhnya terembunkan (masih ada kandungan air dalam produk).

Pengujian nilai kalor eko-briket dengan ukuran lignoselulosa 40 mesh menghasilkan nilai antara 4157,71-8801,04 Cal/gram, sedangkan ukuran 60 mesh antara 5348,99-8535,98 Cal/gram. Gambar 8 menampilkan nilai kalor eko-briket.

Gambar 8 menunjukkan bahwa semua sampel eko-briket mempunyai nilai kalor melebihi standar bio-batubara, yaitu 4400 KCal/Kg (Permen ESDM No 047 Tahun 2006). Hasil analisis nilai kalor secara menyeluruh menunjukkan bahwa, hal-hal yang berpengaruh terhadap nilai tersebut adalah sebagai berikut: (1) briket dengan lignoselulosa jenis tempurung kelapa mempunyai nilai kalor lebih tinggi. Hal ini dikarenakan nilai kalor bahan lebih tinggi dibandingkan jenis lignoselulosa kayu dan sekam. Selain itu juga disebabkan kadar air pada briket dari sampah plastik dan lignoselulosa

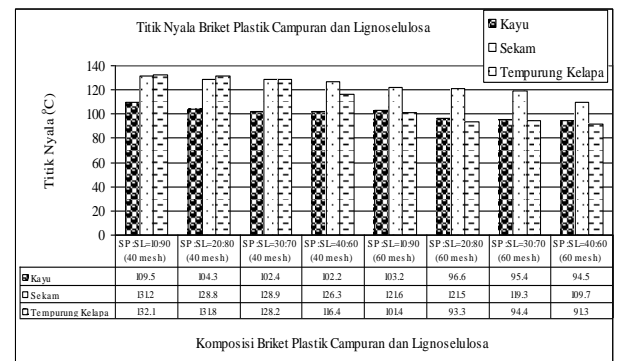
tempurung kelapa lebih rendah dibandingkan jenis lainnya. Obernberger dan Thek (2004) dalam Angrainy (2005) menjelaskan bahwa kadar air sangat mempengaruhi nilai kalori dan efisiensi pembakaran suatu briket.



Gambar 8. Nilai Kalor Eko-Briket

**Titik Nyala**

Titik nyala bahan bakar merupakan temperatur terendah dimana uap bahan bakar mulai terbakar. Hasil pengujian nilai titik nyala pada briket sampah plastik campuran dan lignoselulosa menunjukkan nilai antara 91,3-132,1°C. Pada ekobriket dengan lignoselulosa serbuk kayu didapatkan nilai kalor 94,5-109,5 °C, sedangkan untuk sekam 109,7-131,2 °C dan tempurung kelapa 91,3-132,1 °C. Titik nyala eko-briket ditampilkan pada Gambar 9.

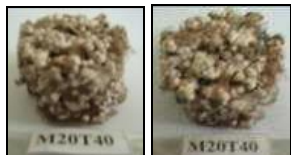


Gambar 9. Titik Nyala Eko-Briket

**Kelayakan Mutu Briket**

Mutu briket dipengaruhi oleh mutu dari bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatannya. Tabel 2 menunjukkan bahwa bahan tempurung kelapa mempunyai mutu yang paling bagus dibandingkan serbuk kayu dan sekam. Dari hasil analisis kelayakan mutu bahan dapat diketahui bahwa pemilihan sampel produk eko-briket sebagai alternatif bahan bakar didasarkan: (1) jenis lignoselulosa tempurung kelapa mempunyai

kualitas paling bagus dibandingkan kayu dan sekam, (2) komposisi sampah plastik dalam briket diharapkan tidak terlalu banyak (20%) tetapi tetap harus memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan (3) ukuran partikel 40 mesh memberikan pengaruh yang bagus dalam produk eko-briket dibandingkan ukuran 60 mesh (kadar air, kadar VS, kadar abu, nilai kalor, titik nyala). Dari dasar tersebut dapat dipilih sampel terbaik, yaitu briket M20T40 (Gambar 10).



Gambar 10. Eko-Briket M20T40

#### 4. KESIMPULAN

Komposisi dan karakteristik bahan bakar yang dapat dihasilkan dari komposit sampah plastik dan sampah lignoselulosa sebagai alternatif bahan bakar biobatu bara adalah eko-briket M20T40. Karakteristik mutu ekobriket tersebut adalah sebagai berikut: kadar air 12,79%, kadar abu 0,64%, kadar VS 85,14%, kadar FC 1,56%, *bulk density* 0,13 g/cm<sup>3</sup>, nilai kalor 8801,04 Cal/gram dan titik nyala 131,8 °C. Hasil ini sesuai dengan standar Permen ESDM No. 47 tahun 2006 dan bisa dijadikan salah satu alternatif bahan bakar biobatu bara mengingat nilai kalornya 4400 KCal/Kg.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada LPPM ITS, yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Produk Terapan.

#### DAFTAR PUSTAKA

Angrainy, A. D., 2005, **Briket Sampah sebagai Alternatif Sumber Energi Kalor dan Listrik dengan Metode Refuse Derived Fuel (RDF)**, Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.

Anonim, 2004, **Kebijakan Energi Nasional 2003-2020**, Departemen ESDM.

Anonim, 2007, **Kementrian Lingkungan Hidup**. <http://perpustakaan.menlh.go.id/search.php>. diakses tanggal 23 Agustus 2007, pukul 15.45.

Budhi, A. S. 2003. **Pembuatan Briket Arang dari Faeces Sapi dan Tempurung Kelapa sebagai Alternatif Sumber Energi**. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.

Harsono, H. (2002), **Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi**. Jurnal Ilmu Dasar, Voume 3, Nomor 2, hal. 98-103.

Himawanto, D. A. (2005), **Pengaruh Temperatur Karbonasi terhadap Karakteristik Pembakaran Briket**, *Jurnal Media Mesin, Volume 6 No. 2*, Juli 2005, hal 84-91.

Masfufatullailiyah, (2003), **Pemanfaatan Arang Sekam Padi dan Tempurung Kelapa sebagai Alternatif Pengganti Pakis untuk Media Tanaman Anggrek**, Jurusan Teknik Pertanian FTP-Unibraw, Malang.

Pangestu, M., (1996), **Indonesian Energy Sector: Facing Globalization Challenges**, *Presented at National Symposium of Society of Indonesian Petroleum Engineers*, Jakarta, 6<sup>th</sup> August 1996.

Pari, G. (2002). **Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah Industri Pengolahan Kayu**. *Makalah Falsafah Sains (PPs 702)*. Program Pasca Sarjana/S3 IPB.

Permen ESDM No 047 Tahun 2006 tentang Pedoman Pembuatan dan Pemanfaatan Briket Batu bara dan Bahan Bakar Padat Berbasis Batu bara.

Sagala, F. P., (2000), **Peran Energi Dalam Pembangunan Nasional Memasuki Milenium III**. *Widyanuklida, Volume 3 No.1*, Februari 2000: 1-5.

Trihadiningrum, Y. (2007), **Perkembangan Paradigma dalam Penanganan Sampah Kota dan Kontribusinya terhadap Pencapaian Millenium Development Goals**. Departemen Pendidikan Nasional, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

United Nations Environment Programme (UNEP), (2006), **Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia**, <http://www.energyefficiencyasia.org>., diakses tanggal 23 Agustus 2007, pukul 15.00.