

ANALISIS DIAMETER BIOPELET SEKAM PADI TERHADAP EFISIENSI ENERGI BAHAN BAKAR

(ANALYSIS OF RICE HUSK'S BIOPELLET DIAMETERS TO THE ENERGY EFFICIENCY)

Masitoh¹, Mersi Kurniati², Irzaman³

Asrama Putri Darmaga IPB JL. Rasamala No.2 005/009 Darmaga Bogor 16680

Departemen Fisika, FMIPA IPB, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680^{1,2,3}

Email : Masitoh1290@gmail.com

ABSTRACT

Biopellet is a solid fuel biomass density and uniformity better measure of biomass . Variables that affect the perfection of combustion are particle size and characteristics of material. The purpose of this research was to compare the fuel efficiency of the rice husks biopellet , analyze the influence of the diameter biopellet , and reduce pollutant emissions of fuel combustion using FTIR and SEM analysis . Rice husks biopellet diameter of 4 mm has a greater efficiency is 16.9 % , while 12.5 % of diameter of 5 mm and a diameter of 16 mm is 8.64 % . Rice husk biopellet based fuel in the process of boiling water 0.5 L of water produces greater efficiency from rice husk , because biopellet has a density of 1:21 and the average calorific value of 689.7 cal / hour higher compared rice husk which has a density of 0:11 and calorific value cal 518 / hour so biopellet produce high temperature coal and durable . FTIR spectra and SEM results showed that rice husk has fewer volatile matter , which means that the process of rice husk fuel combustion produces more emissions of pollutants in the air which is not good for health.

Keywords: biomass, biopellet, rice husk

ABSTRAK

Biopellet adalah bahan bakar biomassa padat dengan kerapatan dan keseragaman ukuran yang lebih baik dari biomasanya. Variabel yang mempengaruhi kesempurnaan pembakaran: ukuran partikel dan karakteristik bahan. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan efisiensi bahan bakar biopellet terhadap biomasanya, menganalisis pengaruh diameter biopellet, serta menurunkan emisi polutan pembakaran bahan bakar menggunakan analisis FTIR dan SEM. Bahan yang digunakan sekam padi. Biopellet berdiameter 4 mm memiliki efisiensi lebih besar yaitu 16.9% sedangkan diameter 5 mm 12.5% dan diameter 16 mm 8.64%. Bahan bakar biopellet sekam padi pada proses perebusan air 0.5 L air menghasilkan efisiensi lebih besar dari sekam padi, karena biopellet memiliki kerapatan sebesar 1.21 dan nilai kalor rata-ratanya 689.7 kal/jam lebih tinggi dibandingkan sekam padi yang memiliki kerapatan 0.11 dan nilai kalornya 518 kal/jam sehingga biopellet menghasilkan bara bertemperatur tinggi dan tahan lama. Hasil spektrum FTIR dan SEM menunjukkan bahwa arang sekam padi lebih sedikit memiliki *volatile matter*, yang berarti bahwa pada proses pembakaran bahan bakar sekam padi menghasilkan lebih banyak emisi polutan di udara yang kurang baik bagi kesehatan. Kata kunci: biomassa, biopellet, sekam padi

PENDAHULUAN

Biomassa limbah pertanian merupakan bahan baku yang memiliki nilai ekonomis tinggi serta merupakan sumber energi yang bersih dan dapat diperbarui. Namun,

biomassa memiliki kelemahan jika dibakar secara langsung tanpa pengolahan akan menimbulkan penyakit pernafasan yang disebabkan oleh karbon monoksida, SO_2 dan bahan partikulat, karena sifat fisisnya yang kurang baik seperti, kerapatan, energi yang rendah, dan permasalahan penanganan.¹

Isobe *et al.* (2005) mengatakan bahwa konsentrasi SO_2 yang dihasilkan dari penggunaan biomassa briket jelas berkurang dibandingkan dengan yang dihasilkan dari penggunaan batubara.² Biopellet adalah jenis bahan bakar padat berbasis limbah biomassa yang mempunyai densitas dan keseragaman ukuran yang lebih baik dari briket.³ Salah satu indikasi bahwa pembakaran dikatakan sempurna adalah apabila dalam reaksi pembakaran tersebut tidak terbentuk gas karbon monoksida (CO). Pada pembakaran sempurna seluruh karbon terbakar habis membentuk gas CO_2 dan seluruh hidrogen terkonversi menjadi uap air (H_2O). Variabel-variabel yang berperan signifikan dalam proses pembakaran antara lain adalah ukuran partikel, kebutuhan oksigen, dan karakteristik bahan. Berdasarkan hasil penelitian Mahidin *et al.* (2009), efisiensi pembakaran maksimum untuk pembakaran bahan bakar didapatkan pada ukuran partikel yang kecil.⁴

Tujuan penelitian ini adalah membandingkan efisiensi bahan bakar biopellet terhadap biomasanya, menganalisis pengaruh diameter biopellet, serta analisis emisi polutan yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar dengan menggunakan analisis FTIR dan SEM.

BAHAN DAN METODE

2.1 Alat dan Bahan

a. Alat yang digunakan pembuatan biopellet adalah:

Mesin penghancur (*hammer mill*), untuk menyeragamkan ukuran partikel bahan baku, mesin pencetak pelet (*pellet mill*) dengan kapasitas 300 kg/jam dan ukuran *ring die mills* 16 mm, 5 mm, dan 4 mm untuk mencetak pelet. Bak pengaduk, bak penampung produk, dan timbangan 100 kg.

b. Perlengkapan uji pembakaran: tungku sekam (Gambar 1), dandang, timbangan digital, mini IR termometer SE-9785A, korek api, air, dan stopwatch.

c. Bahan pembuatan biopellet adalah: sekam padi dan minyak goreng curah.



Gambar 1 Desain tungku sekam

Keterangan :

(A) Reservoir (tandon) sekam dalam bentuk kerucut terbalik

(B) Cerobong berlubang untuk membatasi aliran api

- (C) Isolator kompor
- (D) Badan kompor
- (E) Ruang antara tatakan abu sementara dan ujung bawah kerucut
- (F) Reservoir abu sementara.⁵

2.2 Pembuatan Biopellet

1. Pengecilan ukuran bahan; bertujuan menghaluskan bahan untuk mempermudah proses pencetakan biopellet.
2. Pembuatan biopellet; biopellet dibuat dengan penambahan minyak goreng curah sebanyak 2% (b/b). Minyak goreng curah digunakan sebagai pelumas pada *die* sehingga biopellet lebih mudah diproduksi.
3. Pencetakan biopellet; dilakukan menggunakan *ring die pellet mill* bertekanan tinggi dengan ukuran diameter *die mills* 16 mm, 5 mm, dan 4 mm dengan kapasitas produksi 300 kg/jam.

2.3 Perhitungan Efisiensi Bahan Bakar

Untuk menghitung efisiensi bahan bakar perlu dicari dahulu jumlah energi yang dibutuhkan untuk memasak dengan menggunakan persamaan:

$$Q_n = \frac{m_f \times c_f \times \Delta T}{t} \quad (1)$$

Keterangan:

Q_n = laju energi yang dibutuhkan (kcal/sekon)

m_f = massa air (kg)

c_f = kalor jenis air (kcal/kg°C)

ΔT = perubahan suhu (°C)

t = waktu pemasakan (sekon)

Pemasukkan energi mengacu pada jumlah energi yang diperlukan. Dalam istilah bahan bakar, energi yang harus dimasukkan ke dalam tungku. Hal ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\zeta_g = \frac{Q_n}{HVF \times FCR} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

FCR = (*Fuel consumption rate*) laju bahan bakar yang dibutuhkan (kg/sekon)

Q_n = laju energi yang dibutuhkan (kcal/sekon)

HVF = (*Heat value fuel*) energi yang terkandung dalam bahan bakar (kcal/kg)

ζ_g = efisiensi bahan bakar (%)⁵

2.4 Analisis Data

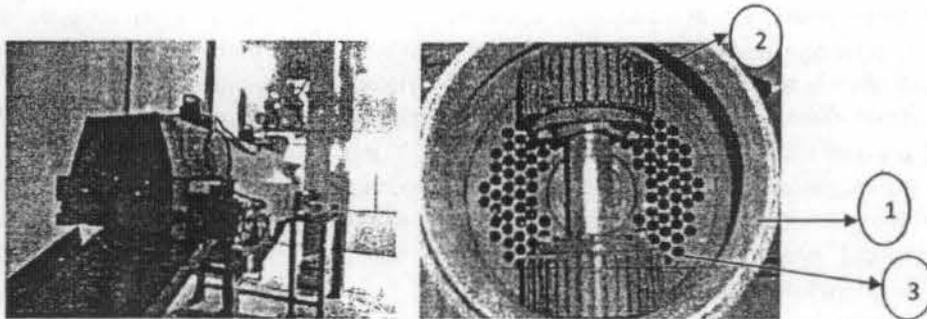
Analisis data meliputi penghitungan efisiensi bahan bakar, analisis FTIR dan SEM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan energi dan laju bahan bakar pada tungku sekam berpengaruh besar terhadap efisiensi bahan bakar yang digunakan.⁶ Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi energi yang dibutuhkan dan semakin rendah laju bahan bakar yang digunakan maka efisiensi yang dihasilkan semakin tinggi. Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah sekam padi yang dibuat menjadi bahan bakar biopellet. Biopellet diproduksi menggunakan suatu alat dengan mekanisme pemasukkan bahan secara terus-menerus serta mendorong bahan yang telah dikeringkan dan dimampatkan melewati lingkaran baja

dengan beberapa lubang (*ring die pellet mill*) dengan diameter 4 mm, 5 mm, dan 16 mm. Proses pengempaan dengan suhu 105°C dan tekanan 20 bar menghasilkan bahan yang padat dan seragam serta akan patah ketika mencapai panjang tertentu.⁷

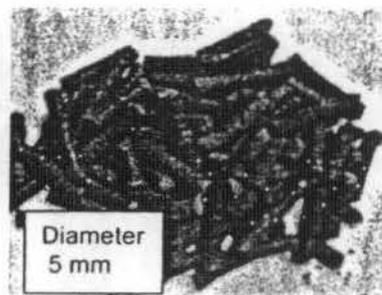
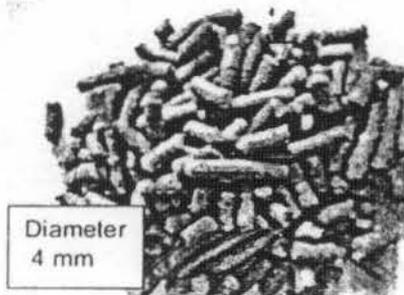
Penelitian ini menggunakan alat pencetak pelet dengan bantuan mesin generator berkekuatan 1000 TW (tera watt) sebagai pembangkit listrik untuk menghidupkan mesin pencetak pelet. Gambar 2 menunjukkan mesin pencetak pelet. Bagian terpenting pada proses pencetakan pelet ditunjukkan pada Gambar 3. Bahan yang telah dihaluskan dan ditambah minyak goreng curah sebagai pelumas sebanyak 2% (b/b) diaduk hingga merata. Adonan dimasukkan kedalam bak penampung bahan yang kemudian akan didorong oleh *pellet die rollers* dengan tekanan tinggi hingga bahan masuk pada *ring die mills* dan menghasilkan pelet yang termampatkan dengan ukuran seragam. Gesekan antara *pellet die rollers* dengan *ring die mills* menghasilkan panas bersuhu tinggi yang secara tidak langsung membuat pelet lebih cepat kering. *Ring die mills* yang digunakan berdiameter 4 mm, 5 mm, dan 16 mm. Biopellet sekam padi ditunjukkan oleh Gambar 4.

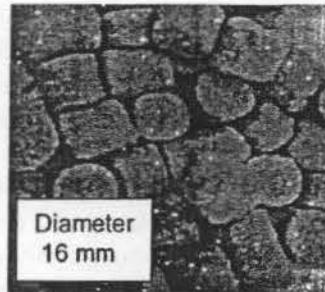


Gambar 2 Mesin pencetak pelet
Keterangan:

Gambar 3 Bak penampung bahan

1. Bak penampung bahan
2. *Pellet die rollers*
3. *Ring die mills*
4. *Ring die mills*





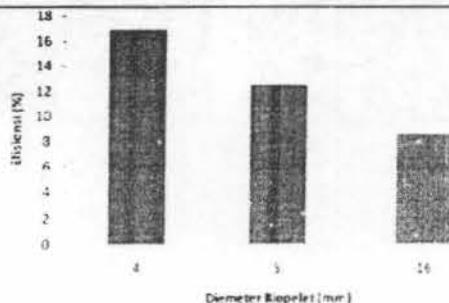
Gambar 4 Biopelet sekam padi

3.1 Analisis Pengaruh Diameter Biopelet terhadap Efisiensi Energi Bahan Bakar

Gambar 5. menunjukkan semakin kecil diameter biopelet efisiensi energi bahan bakarnya semakin besar. Hal ini dikarenakan biopelet berdiameter 4 mm memiliki kerapatan yang lebih besar dibanding biopelet berdiameter 5 mm dan 16 mm seperti pada Tabel 1, sehingga pori-pori pada bahan lebih sedikit dan luas permukaan kontak antar partikel lebih besar memungkinkan oksigen yang bertumbukan semakin banyak sehingga laju oksidasi semakin besar dan menghasilkan pembakaran yang semakin baik. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian Mahidin *et al.* (2009) menunjukkan bahwa partikel yang lebih kecil mempunyai luas permukaan kontak yang besar sehingga frekuensi tumbukan antara padatan dan oksigen menjadi besar. Besarnya frekuensi tumbukan dapat mempercepat laju reaksi pembakaran. Dengan kata lain, luas permukaan partikel berbanding lurus dengan laju oksidasi bahan bakar.⁴

Tabel 1 Hasil uji pembakaran bahan bakar biopelet sekam padi

Bahan bakar	Ulangan	FCR (kg/jam)	Qn (kcal/jam)	Suhu bara ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu arang ($^{\circ}\text{C}$)	Efisiensi (%)	Rata-rata efisiensi (%)	Massa jenis (g/cm^3)
Biopelet sekam berdiameter 4 mm	1	0.784	716	555.8	441.3	25.4	16.9	1.21
	2	1.454	664	567.8	454.2	12.7		
	3	1.509	689	670.8	491.9	12.7		
Biopelet sekam berdiameter 5 mm	1	1.03	537	575.6	448.7	14.5	12.5	1.10
	2	1.14	521	581.1	410.0	12.7		
	3	1.11	406	557.4	423.5	10.2		
Biopelet sekam berdiameter 16 mm	1	0.719	219	505.9	420.2	8.47	8.64	1.20
	2	1.284	335	521.6	437.4	7.26		
	3	1.493	545	492.7	477.3	10.2		



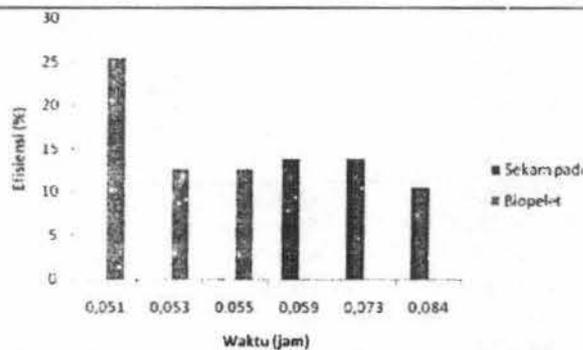
Gambar 5 Efisiensi terhadap diameter biopelet

3.2 Perbandingan Efisiensi Energi Bahan Bakar Sekam Padi dengan Biopellet Sekam

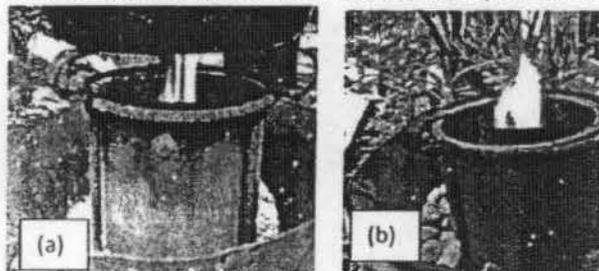
Efisiensi sekam padi dan biopellet sekam padi terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 6. Tingkat efisiensi tertinggi dilihat dari lamanya waktu pendidihan air 0.5 L pada bahan bakar biopellet mencapai 25.4% dengan waktu pendidihan air 0.051 jam. Gambar 6 juga menunjukkan bahwa biopellet lebih cepat 3-5 menit dalam mendidihkan 0,5 L air dibandingkan sekam padi. Hal ini disebabkan temperatur bara api yang dihasilkan dari biopellet 670°C, lebih tinggi dibandingkan sekam padi yang bersuhu sekitar 580°C. Sulistyanto M. (2006) menyatakan semakin besar kerapatan bahan bakar maka laju pembakaran semakin lama dan semakin besar nilai kalor maka temperatur pembakaran semakin tinggi.⁹ Biopellet memiliki kerapatan dan nilai kalor lebih tinggi dibandingkan biomessanya, sehingga memiliki temperatur pembakaran yang lebih tinggi dan tahan lama. Tingkat efisiensi bahan bakar dan kerapatan bahan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji pembakaran bahan bakar sekam padi dan biopellet sekam padi

Bahan bakar	Ulangan	FCR (kg/jam)	Qn (kcal/jam)	Suhu bara (°C)	Suhu arang (°C)	Efisiensi (%)	Rata-rata efisiensi (%)	Massa jenis (g/cm ³)
Sekam padi	1	1.096	500	580.2	389.9	13.8	12.7	0.11
	2	1.356	619	577.1	333.6	13.8		
	3	1.25	435	528.3	357.4	10.5		
Biopellet sekam padi berdiameter 4 mm	1	0.784	716	555.8	441.3	25.4	16.9	1.21
	2	1.454	664	567.8	454.2	12.7		
	3	1.509	689	670.8	491.9	12.7		



Gambar 6 Efisiensi sekam padi dan biopellet sekam padi terhadap waktu

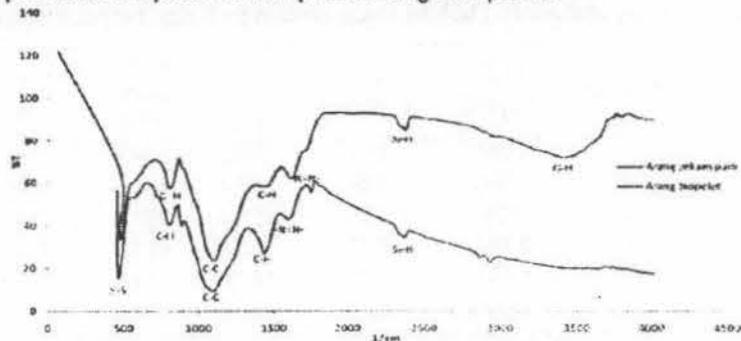


Gambar 7. Api hasil pembakaran bahan bakar (a) sekam padi, (b) biopellet sekam padi

Biopellet memiliki tingkat efisiensi lebih tinggi, api yang dihasilkan biopellet bersifat lebih stabil, tahan lama dan sedikit zat terbang. Sifat ini diperoleh karena biopellet sekam padi memiliki kerapatan, nilai kalor, dan keseragaman ukuran yang lebih baik dibandingkan sekam padi. Api hasil pembakaran kedua bahan ditunjukkan pada Gambar 6.

3.1 Analisis FTIR dan SEM EDX pada arang biopellet dan sekam padi

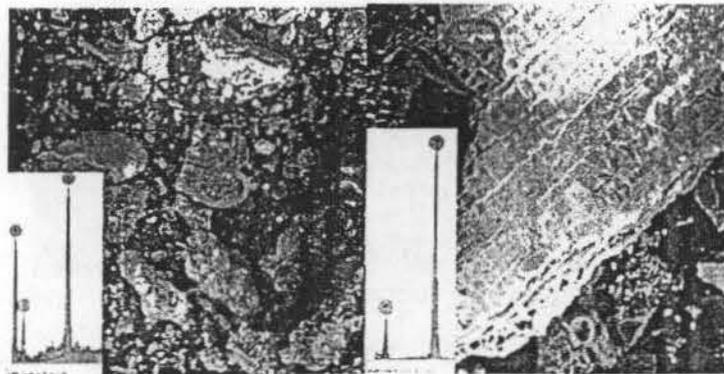
Gambar 7 dan Tabel 2 menunjukkan kandungan gugus fungsi yang diperoleh dari spektrum FTIR arang sekam padi dan biopellet sekam padi. Spektrum menunjukkan beberapa puncak gugus fungsi yang sama antara sampel arang sekam padi dan arang biopellet. Kedua bahan mengandung gugus fungsi Si-H, N=N-, C-H, C-C, dan S-S dengan intensitas transmisi pada biopellet lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa arang biopellet memiliki kadar kandungan gugus fungsi Si-H, N=N-, C-H, C-C, dan S-S lebih besar, sehingga kandungan emisi polutan SiO_2 , SO_2 , dan NO_2 di udara lebih sedikit. Hal ini dikarenakan kerapatan biopellet lebih kompak seperti ditunjukkan pada gambar 9. Puncak gugus fungsi O-H hanya muncul pada arang sekam padi, ini menunjukkan bahwa hidrogen pada arang sekam padi tidak terkonversi sempurna menjadi uap air (H_2O). Hal ini menunjukkan pembakaran pada sekam padi kurang sempurna.



Gambar 8. spektrum FTIR arang sekam padi dan arang biopellet

Tabel 3. Kandungan gugus fungsi arang sekam padi dan biopellet⁸

Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Gugus fungsi	
	Sekam padi	Biopellet
3645-3200	O-H	-
2700 - 2350	Si-H	Si-H
1630-1570	-N=N-	-N=N-
1470-1365	C-H (CH ₃)	C-H (CH ₃)
1300-700	C-C	C-C
900-710	C-H (aromatik)	C-H (aromatik)
620-430	S-S	S-S



Gambar 9. Spot dan spektrum SEM EDX biopellet dan sekam padi

Tabel 4 Kandungan unsur arang sekam padi dan biopelet sekam padi

No. Unsur	Simbol	Nama	Keyakinan	Konsentrasi	Error	No. Unsur	Simbol	Nama	Keyakinan	Konsentrasi	Error
6	C	Carbon	100.0	24.5	3.0	14	Si	Silicon	100.0	44.0	0.8
14	Si	Silicon	100.0	23.0	2.3	8	O	Oxygen	100.0	56.0	2.0
8	O	Oxygen	100.0	52.5	5.0						

Spektrum SEM EDX yang diperoleh dari arang sekam padi dan biopelet sekam padi ditunjukkan pada Gambar 9. Tabel 4 menunjukkan kandungan unsumnya. Spektrum menunjukkan beberapa puncak unsur yang sama antara sampel arang sekam padi dan arang bioplet. Kedua bahan mengandung unsur Si dan O dengan konsentrasi pada biopelet lebih tinggi, ini menunjukkan bahwa kandungan emisi polutan SiO_2 di udara lebih sedikit. Puncak unsur C juga muncul pada arang sekam padi, ini menunjukkan bahwa karbon pada arang sekam padi tidak terkonversi sempurna menjadi CO_2 . Data spektrum FTIR dan SEM menunjukkan bahwa arang sekam padi lebih sedikit memiliki *volatile matter*, yang berarti bahwa pada proses pembakaran bahan bakar sekam padi menghasilkan lebih banyak emisi polutan di udara yang kurang baik bagi kesehatan.

KESIMPULAN

Bahan bakar biopelet berdiameter 4 mm memiliki efisiensi terbesar dari ke-3 diameter biopelet lainnya, ini disebabkan kerapatan biopelet 4 mm lebih besar dibandingkan dengan biopelet berdiameter 5 mm dan 16 mm sehingga memiliki luas permukaan kontak yang lebih besar mengakibatkan tumbukan antara oksigen dengan bahan lebih besar sehingga menghasilkan nyala api stabil. Biopelet sekam padi pada proses perebusan air 0.5 L air menghasilkan efisiensi lebih besar dari sekam padi, yaitu 16.9% sedangkan pada sekam padi 12.7%, karena biopelet memiliki kerapatan sebesar 1.21 dan nilai kalor rata-ratanya 689.7 kal/jam lebih tinggi dibandingkan sekam padi yang memiliki kerapatan 0.11 dan nilai kalornya 518 kal/jam sehingga menghasilkan bara bertemperatur tinggi dan tahan lama. Hasil spektrum FTIR dan SEM EDX menunjukkan bahwa arang biopelet sekam padi lebih sedikit memiliki gugus O-H dan unsur C, yang berarti bahwa pada proses pembakaran bahan bakar biopelet sekam padi menghasilkan pembakaran yang lebih efisien dari sekam padi. Api yang dihasilkan bpembakaran biopelet lebih stabil, serta lebih cepat mendidihkan air sekitar 3 menit dibandingkan sekam padi.

PUSTAKA

- [1] Saptoadi H. The best biobriquette dimension and its particle size. The 2nd joint international conference on "Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)" 21-23 November 2006. Bangkok; Thailand.
- [2] Isobe Y, Yamada K, Wang Q, Sakamoto K, Uchiyama I, Mizoguchi T, Zhou Y. Measurement of indoor sulfur dioxide emission from coal-biomass briquettes [abstract]. *Water, Air, and Soil Pollution* vol. 163 issue 1-4 May 2005; p. 341 – 353

- [3] Mani S, Sokhansanj S, Bi X, Turhollow A. Economics of producing fuel pellets from biomass. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. ISSN 0883-8542. 2006; Vol. 22(3): 421-426 E
- [4] Mahidin, Khairil, Adisalamun dan Asri Gani. Karakteristik pembakaran batubara peringkat rendah, cangkang sawit dan campurannya dalam fluidized bed boiler. *Reaktor*, Vol. 12 No. 4, Desember 2009, Hal. 253-259
- [5] Nawafi F, RD Puspita, Desna, Irzaman. Optimasi tungku sekam skala industri kecil dengan sistem boiler. *Berkala Fisika*. 2010: halaman 77 – 84.
- [6] Husin AD, Irzaman, Juansah J, Effendy S. Kajian efisiensi energi tungku sekam padi untuk media tanam jamur tiram (*pleurotus otreatus*). *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng & DIY*. ISSN 0853-0823. 2010: 197-198
- [7] Nurwigha R. Pembuatan biopellet dari cangkang kelapa sawit dengan penambahan arang arang sawit dan serabut sawit sebagai bahan bakar alternative terbarukan [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. 2012
- [8] Coates J. Interpretation of infrared spectra, a partical approach. *Encyclopeida of Analytical Chemistry*. USA. Volume 12