

Uji Kinerja *Screw Pyrolyzer* untuk Produksi Arang Sekam Padi

Yoga Setyawan, Wiranto, Sunu Herwi Pranolo, Wusana Agung Wibowo
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 47126
sunu_pranolo@yahoo.com

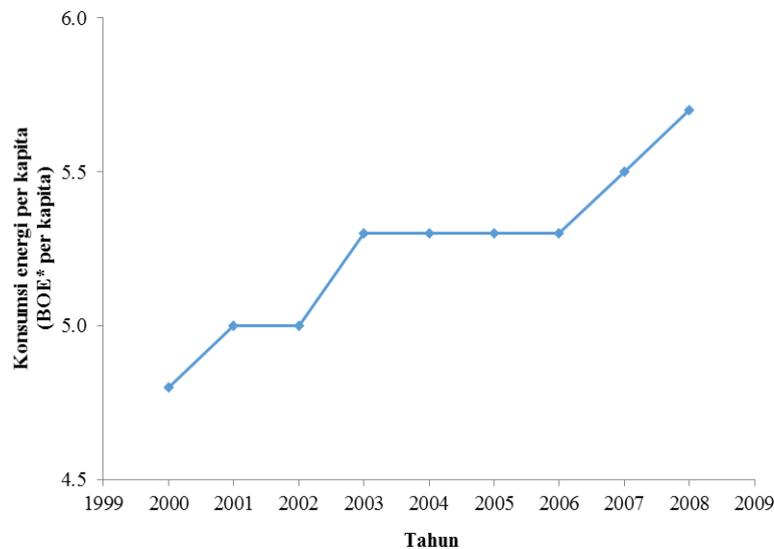
Abstrak

Pirolisis biomassa adalah salah satu konversi biomassa menjadi energi melalui proses termokimia tanpa adanya oksigen sehingga biomassa dapat terurai menjadi komponen-komponen padatan, *condensable gas* dan *non-condensable gas*. Serangkaian perubahan fisika dan kimia terjadi selama proses pirolisis yang dimulai pada suhu sekitar 350 °C sampai 700 °C. Padatan hasil pirolisis terutama mengandung karbon dan abu, sedangkan gas yang terbentuk mengandung senyawa-senyawa *hydrophilic organic*, senyawa-senyawa hidrokarbon rantai panjang (misalnya: tar), dan air. Proses ini dijalankan dalam sebuah reaktor yang biasa disebut sebagai *pyrolyzer*. Salah satu jenis *pyrolyzer* yang dapat dipergunakan adalah *screw pyrolyzer* seperti yang digunakan dalam penelitian ini. Uji kinerja *screw pyrolyzer* dilakukan dengan jalan pirolisa sekam padi untuk produksi arang sekam padi. Waktu tinggal sekam padi dalam piroliser diatur melalui variasi kecepatan putar *conveyor* menggunakan *variable speed drive* sehingga didapatkan waktu tinggal sekam dalam piroliser selama 4; 5; 5,5; 6 dan 7 menit. Sumber panas diperoleh dari *flue gas* hasil pembakaran LPG. Temperatur *flue gas* masuk alat pirolisa berada pada rentang 540 – 548 °C, dan keluar pada rentang suhu 220 – 228 °C. Hasil percobaan menunjukkan bahwa berat arang sekam padi hasil pirolisis dengan waktu tinggal dalam *pyrolyzer* selama 4 menit; 5 menit; 5,5 menit; 6 menit dan 7 menit berturut-turut menunjukkan pengurangan berat sebesar 52%, 53%, 55%, 55% dan 56%. Komposisi *fixed carbon* arang sekam padi berturut-turut sebesar 16,25%, 16,06%, 15,52%, 14,52% dan 14,35%.

Kata kunci: sekam padi, arang sekam padi, pirolisis, *screw pyrolyzer*, *fixed carbon*

1 Pendahuluan

Ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar fosil sebagai sumber energi harus segera diatasi karena konsumsi bahan bakar fosil semakin meningkat seperti yang terlihat pada Gambar 1, sedangkan sumber bahan bakar fosil sangat terbatas. Agar kebutuhan energi tetap terpenuhi maka sumber energi terbarukan mulai banyak dikembangkan, yaitu tenaga surya, angin, biomassa, gambut dan sebagainya. Salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan di Indonesia pada saat ini adalah biomassa. Biomassa mengacu pada bahan organik non-fosil yang berasal dari tumbuhan, hewan dan mikroorganisme. Biomassa meliputi produk, produk samping, residu dan limbah dari pertanian, kehutanan dan industri (Demirbas, 2010).



*BOE (*Barrel of Oil Equivalent*) adalah satuan energi berdasarkan perkiraan energi yang dilepaskan oleh pembakaran satu barrel minyak mentah

Gambar 1. Grafik Konsumsi Energi Per Kapita di Indonesia
(Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, 2009)

Istilah biomassa berasal dari bahasa Yunani (Bio: Hidup, Maza: Massa) yang meliputi material organik *biodegradable* dan non fosil yang berasal dari tanaman, binatang dan mikroorganisme (Demirbas, 2010). Biomassa dapat berupa limbah kayu, pertanian, perkebunan, hutan, organik industri dan rumah tangga yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi. Biomassa sebagai sumber energi memiliki 2 karakteristik yaitu pertama biomassa sebagai satu-satunya bahan organik terbarukan yang melimpah di alam dan kedua biomassa mengurangi jumlah karbondioksida di udara melalui proses fotosintesis (Poudel, 2012). Energi yang berasal dari biomassa dapat diubah dalam berbagai bentuk produk akhir yaitu listrik dan panas, bahan bakar dan bahan baku senyawa kimia (Mc. Kendry, 2002). Biomassa sebagai sumber energi terbarukan mempunyai kelebihan dan kekurangan seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelebihan dan Kekurangan Biomassa

	Biomasa	Sumber Energi Terbarukan Lain
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat disimpan dalam jangka lama • Dapat dimanfaatkan sebagai sumber panas maupun daya (CHP) sehingga efisiensinya tinggi. • Teknologinya fleksibel, baik untuk skala kecil, sedang, ataupun besar. • Lebih efisien jika antara sumber energi dan pemanfaatannya berjarak dekat (<i>reduced transportation cost</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> • Tergantung lokasi, persediaannya cukup banyak • Pengembangannya lebih ke arah pembangkitan daya.
Kelemahan	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk beberapa teknologi proses masih menghasilkan bau. • Perlu <i>gas cleaning</i> • Abu yang dihasilkan cukup tinggi sehingga <i>maintenance</i> peralatan lebih sering dilakukan. • <i>Sparepart</i> untuk proses gasifikasi, pirolisis, <i>cogeneration</i> masih terbatas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Beberapa sulit disimpan dalam waktu yang lama (angin, air, matahari) • Efisiensinya masih rendah

(Suyitno, 2009)

Menurut Susanto (2006) sekam padi merupakan biomassa yang lebih cocok untuk dijadikan sumber energi atau bahan kimia lainnya daripada sebagai sumber serat karena kadar air yang rendah, sekitar 10%. Nilai kadar air yang rendah pada bahan baku akan mempercepat proses pembakaran dan penguapan air dalam bahan. Berdasarkan data BPS (2011), Indonesia memiliki sawah seluas 13,20 juta hektar yang menghasilkan padi sekitar 65,76 juta ton. Kadar sekam padi terhadap berat padi keseluruhan sekitar 15% – 20% (Widowati, 2001). Ini berarti limbah sekam padi yang dihasilkan bangsa Indonesia sekitar 9,9 – 13,2 juta ton/tahun.

Pirolisis dapat didefinisikan sebagai dekomposisi termal material organik pada suasana inert (tanpa kehadiran oksigen) yang akan menyebabkan terbentuknya senyawa volatil. Pirolisis pada umumnya diawali pada suhu 200 °C dan bertahan pada suhu sekitar 450 – 500 °C. Pirolisis suatu biomassa akan menghasilkan tiga macam produk, yaitu produk gas, cair (*bio-oil*), dan padat (*bio-char*). Jumlah produk gas, cair dan char tergantung pada jenis prosesnya terutama suhu dan waktu pirolisis (Tabel 2). *Slow pyrolysis* atau *carbonization* dipilih karena jenis pirolisis ini menghasilkan arang (*bio-char*) dengan komposisi paling besar. Pirolisis ini dilakukan dalam waktu yang cukup lama dengan kecepatan pemanasan (*heating rate*) rendah (sekitar 10 °C/menit).

Tabel 2. Perbandingan Komposisi Hasil Pirolisis dan Kondisi Operasinya

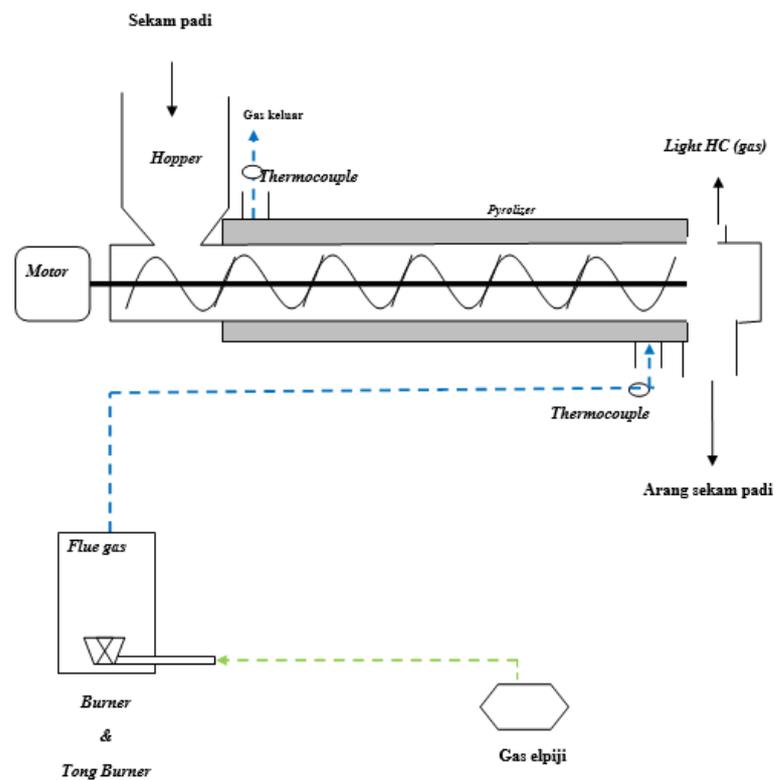
Jenis Pirolisis	Kondisi Operasi	Komposisi		
		Gas	Cair	Padat
<i>Fast pyrolysis</i>	Suhu moderat (~500°C) Waktu singkat (< 2s)	13%	75%	12%
<i>Intermediate</i>	Suhu moderat (~500°C) Waktu moderat (10s – 20s)	50%	20%	30%
<i>Slow pyrolysis</i>	Suhu rendah (<400°C) Waktu tinggal lama	35%	30%	35%

(Bridgwater, 2005)

Menurut Danarto (2010), semakin lama waktu tinggal sekam padi dalam proses pirolisis maka berat arang yang dihasilkan akan semakin ringan karena pada proses pirolisis zat-zat volatile dihilangkan dari bahan sehingga menghasilkan material yang sangat berpori. Arang hasil pirolisis memiliki sifat yang sama dengan batu bara, memiliki energi panas yang tinggi. Oleh karena itu, produksinya banyak dikembangkan, mengingat jumlah batu bara yang semakin sedikit. Arang berpotensi sebagai bahan bakar alternatif, baik sebagai bahan bakar langsung (sebagai briket) atau dapat diolah lebih lanjut menjadi bahan bakar cair (teknologi gasifikasi dan Fischer-Tropsch). Salah satu upaya meningkatkan produksi arang dapat dilakukan dengan penentuan kondisi optimal pirolisis, jadi perlu diketahui waktu tinggal sekam pada proses pirolisis yang menghasilkan konversi optimal.

2 Metodologi

Flue gas sebagai media pemanas dibuat dengan cara membakar udara dalam tong pembakar menggunakan api dari burner berbahan bakar gas elpiji. *Flue gas* yang dihasilkan kemudian dialirkan ke dalam piroliser dengan sebuah blower hisap. Setelah *flue gas* mencapai suhu 540 °C pada bagian pemasukan dan 220 °C pada bagian pengeluaran, 1000 gram sekam padi diumpankan ke dalam piroliser. Di dalam piroliser, sekam padi akan didorong oleh *screw conveyor* yang kecepatan putarnya dapat diatur dengan *variable speed drive*. Contoh arang hasil pirolisis kemudian dianalisa kadar abu, *fixed carbon* dan *volatile matter*. Rangkaian peralatan pirolisis sekam padi dan kegiatan uji kinerja pada penelitian ini berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Spesifikasi alat :

- | | | | |
|--------------------|----------|------------------|--------------|
| - Diameter annulus | : 16 cm | - Tebal reaktor | : 2 mm |
| - Diameter screw | : 9 cm | - Bahan | : Mild steel |
| - Diameter reaktor | : 10 cm | - Isolator | : Asbestos |
| - Panjang reaktor | : 131 cm | - Tebal isolator | : 1 cm |
| - Tebal annulus | : 2 mm | - Daya motor | : 1 HP |

Gambar 2. Rangkaian peralatan pirolisis sekam padi



Gambar 3. Kegiatan uji kinerja screw pyrolyzer

3 Hasil dan Pembahasan

Percobaan dengan variabel waktu tinggal sekam dilakukan dengan memvariasikan kecepatan putar *conveyor* menggunakan *variable speed drive* sehingga didapatkan waktu tinggal sekam dalam piroliser selama 4 menit; 5 menit; 5,5 menit; 6 menit dan 7 menit. Temperatur *flue gas* yang dipakai dalam percobaan ini diusahakan konstan pada rentang 540 °C - 548 °C untuk *flue gas* masuk piroliser dan 220 °C - 228 °C untuk *flue gas* keluar piroliser. Sampel arang sekam dari percobaan seperti yang terlihat pada Gambar 3, kemudian dianalisa menggunakan analisis proksimat.



Gambar 4. Sampel Arang Sekam Hasil Percobaan

Semakin lama waktu tinggal sekam padi, semakin berkurang berat arang yang dihasilkan seperti yang terlihat pada Tabel 4. Hal ini sesuai dengan percobaan yang dilakukan Danarto (2010), karena pada proses pirolisis *volatile matter* dihilangkan dari bahan sehingga menghasilkan material yang sangat berpori.

Tabel 4. Data Percobaan dan Hasil Analisa Proksimat Arang Sekam Padi

Parameter	Waktu tinggal (menit)				
	4	5	5,5	6	7
Kondisi Operasi					
$T_{flue\ gas\ in},\ ^\circ C$	543	548	544	540	545
$T_{flue\ gas\ out},\ ^\circ C$	220	220	222	220	228
Putaran (RPM)	4	3,07	3	2,8	2.2
Analisa Proksimat Arang (<i>dry basic</i>)					
Kadar abu	40,45%	44,32%	41,12%	40,29%	51,84%
<i>Volatile matter</i>	25,70%	19,49%	24,39%	27,44%	14,80%
<i>Fixed carbon</i>	33,85%	34,18%	34,49%	32,27%	33,36%
Berat sampel hasil pirolisis					
$m_{arang},\ gram$	480	470	450	450	430
$m_{fixed\ carbon},\ gram$	162,49	160,65	155,19	145,22	143,46

Hasil yang didapat dari analisa proksimat merupakan komposisi arang sekam dari sampel hasil percobaan. Kadar *fixed carbon* dihitung menggunakan persamaan (1) dan kadar abu dihitung dengan persamaan (2).

$$\% FC = \frac{\%FC_a \times m_{arang}}{1000 \text{ gram}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\% Abu = \frac{\%Abu_a \times m_{arang}}{1000 \text{ gram}} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

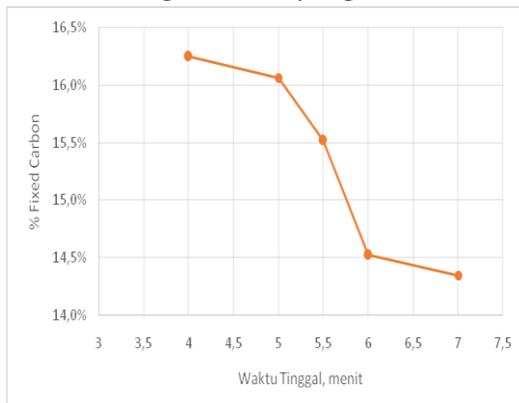
$\%FC_a$ = kadar *Fixed Carbon* analisa proksimat

$\%Abu_a$ = kadar abuanalisa proksimat

m_{arang} = berat arang hasil pirolisis (gram)

Gambar 5 menunjukkan kadar *fixed carbon* yang dihasilkan oleh proses pirolisis sekam padi dengan basis 1000 gram umpan sekam padi semakin berkurang, karena pada waktu tinggal yang lama partikel karbon bereaksi lebih lanjut dengan udara menjadi abu.

Gambar 6 menunjukkan kadar abu yang tidak stabil, pada waktu tinggal 4 menit sampai 5 menit kadar abu meningkat tetapi pada waktu tinggal 5,5 menit sampai 6 menit kadar abu cenderung menurun. Kadar abu tertinggi dihasilkan pada waktu tinggal 7 menit. Ketidakstabilan kadar abu ini disebabkan pengumpanan yang kurang baik sehingga dalam *screw pyrolyzer* terdapat ruang kosong yang memungkinkan udara bereaksi dengan *carbon* yang terbentuk.



Gambar 5. Kandungan *Fixed Carbon* dalam Arang Hasil Pirolisis Sekam Padi



Gambar 6. Kandungan Abu dalam Arang Hasil Pirolisis Sekam Padi

Kesimpulan penelitian ini, waktu tinggal 4 menit merupakan waktu tinggal optimal. Hal ini dilihat dari banyaknya *fixed carbon* yang terbentuk yaitu sebesar 162.49 gram dari basis 1000 gram sekam padi masuk *pyrolyzer*.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia melalui Skema Hibah Penelitian Strategis Nasional Tahun Anggaran 2013 dan Program Kreativitas Mahasiswa Tahun Anggaran 2013.

Daftar Pustaka

- BPS. 2011. Tabel Luas Panen- Produktivitas- Produksi Tanaman Padi Seluruh Provinsi. http://www.bps.go.id/tnmn_pgn.php. 12 September 2012
- Bridgwater, A.V. 2005. "Biomass Fast Pyrolysis". *Thermal Scienc.* 8(2): 21-49
- Danarto, YC. 2010. "Pengaruh Waktu Operasi Terhadap Karakteristik Char Hasil Pirolisis Sekam Padi Sebagai Bahan Pembuatan Nano Structured Supermicrosporous Carbon". Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. 4: 1-6
- Demirbas, A. 2010, "Biomass Resource Facilities and Biomass Conversion Processing for Fuels and Chemical". *Energy Conver. Manage.* 42: 1357 – 1378.
- Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi. 2009. "Statistik Ketenagalistrikan dan Energi". Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral
- McKendry, P. 2002. "Energy production from biomass (part 1): overview of biomass, *Bioresource Technology*". 83: 37 – 46.
- Poudel, J. and Oh, S. 2012. "Degradation Characteristics of Wood Using Supercritical Alcohols". *J. Enviromental Eng.Cina.* 5: 5038-5052
- Susanto, H. 2006. Peluang Gasifikasi Biomassa dalam Program Diversifikasi Sumber Energi. Presentasi Badan Kejuruan Kimia – Persatuan Insinyur Indonesia. Jakarta
- Suyitno. 2009. "Energy from Biomass: Potential, Technology, and Strategy". Seminar Nasional New and Renewable Energy. FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Widowati, S. 2001. "Pemanfaatan Hasil Samping Penggilingan Padi dalam Menunjang Sistem Agroindustri di Pedesaan". *Bulletin AgroBio.* 4(1): 33-38