

# KAJIAN MUTU ARANG HASIL PIROLISIS CANGKANG KELAPA SAWIT

## STUDY ON THE QUALITY CHARCOAL, A PYROLISIS PRODUCT OF OIL PALM SHELLS

Abdul Gani Haji<sup>1)</sup>, Gustan Pari<sup>2)</sup>, Habibati<sup>1)</sup>, Amiruddin<sup>1)</sup>, dan Maulina<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Kimia FKIP Unsyiah, Darussalam Banda Aceh

<sup>2)</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor

<sup>1)</sup>e-mail: aganihaji@yahoo.com

### Abstract

Oil palm shell waste has a hard structure and is difficult to biodegrade. Pyrolysis is a suitable and profitable technique for destruction of this waste. Using this technique, the oil palm shell waste can be degraded quickly and the product can be used for various purposes. The aim of this research was to find out the quality of charcoal as a pyrolysis product of the oil palm shell waste. The pyrolysis took place about 5 hours in a drum reactor, which was equipped with temperature controller device of thermocouple brand. The structure of charcoal product was characterized by Fourier Transform Infra Red (FTIR) and Scanning Electron Microscope (SEM). The chemical composition was identified by py-GCMS. The average charcoal product was 38.81% (w/w). The charcoal contained 4.02% of water, 20.44% of fly materials, 17.46% of ash, 62.10% of fixed carbon, and calorific value of 6,118 calories/g. The FTIR analysis showed that the charcoal contained -OH, -C=O, and -C-H aromatic functional groups. Results of SEM analysis indicated that the charcoal had many pores, which were covered by impurities. The py-GCMS identified that the charcoal was composed of 25 compounds. Since quality standards for this type of charcoal was not available, it was compared to the quality standards of coconut shell charcoal powder according to SNI-06-4369-1996. It was found that the palm shell charcoal quality was low. However, based on the characterization results, it would still be profitable to produce briquettes and active carbon from the palm shell charcoal.

Keywords: charcoal, oil palm shells, pyrolysis, quality.

### 1. PENDAHULUAN

Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu jenis limbah padat hasil samping dari industri pengolahan kelapa sawit yang saat ini masih menimbulkan permasalahan bagi lingkungan hidup. Hal ini disebabkan karena limbah ini diproduksi dalam jumlah besar dan sukar terdegradasi/terurai secara alami di lingkungan. Menurut Prananta (2009), cangkang kelapa sawit mengandung lignin (29,4%), hemiselulosa (27,7%), selulosa (26,6%), air (8,0%), komponen ekstraktif (4,2%), abu (0,6%). Oleh karena itu, limbah ini sangat berpotensi jika dikembangkan menjadi produk-produk yang bermanfaat dan memberi nilai tambah dari aspek ekonomi serta ramah lingkungan.

Haji *et al.* (2006) menyatakan teknik pirolisis yang dilengkapi dengan kondensor merupakan metode yang efektif dan sangat tepat untuk mengolah limbah semacam ini secara cepat. Metode ini juga dikenal dengan istilah pengarang (karbonisasi) dan telah dikembangkan di beberapa negara maju, terutama untuk menangani sampah plastik (Nomura dan Kato, 2006), namun di Indonesia masih jarang diterapkan untuk menangani limbah. Padahal proses degradasi limbah dengan metode ini dapat berlangsung dalam waktu relatif cepat. Pastor-Villegas *et al.* (2006) menyatakan proses pirolisis berlangsung secara bertingkat, molekul hemiselulosa terdegradasi pada suhu 200-260°C, selulosa pada suhu 240-350°C, dan lignin pada suhu 280-500°C.

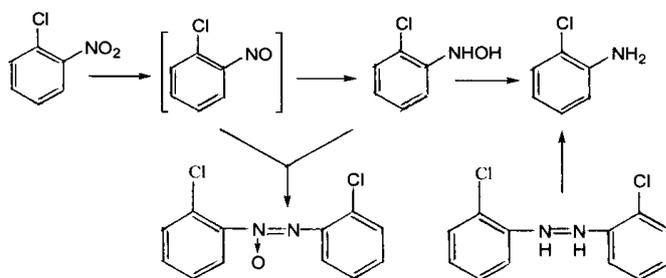
Pengolahan limbah kayu dengan teknik pirolisis sangat menguntungkan terutama untuk memperoleh produk berupa energi alternatif (Liodakis *et al.*, 2004). Di samping itu, menurut Bridgwater (2004), pengolahan suatu bahan dengan teknik pirolisis sangat menguntungkan karena semua produknya dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan terutama sebagai sumber energi. Adapun keuntungan pengolahan limbah dengan metode ini, selain mampu meminimisasi pencemaran udara, juga dihasilkan produk berupa arang dan asap cair yang dapat dimanfaatkan bagi kehidupan manusia. Arang bermanfaat sebagai sumber energi terutama jika dikembangkan menjadi briket dengan teknologi pengepresan (Haji, 2007). Penggunaan briket sebagai bahan bakar sangat menguntungkan, terutama pada saat ini sedang terjadi krisis bahan bakar. Menurut Matsuzawa *et al.* (2007) arang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bakar. Arang juga dapat dimanfaatkan sebagai pembangun kesuburan tanah (Gusmailina dan Pari, 2002).

Di samping itu, arang juga dapat ditingkatkan mutunya dengan cara aktivasi menjadi arang aktif. Mutu arang aktif selain bergantung pada bahan baku, juga dipengaruhi oleh suhu, waktu, dan juga aktivator yang digunakan pada proses aktivasinya (Pujiarti dan Sutapa 2005; Diya'uddeen *et al.*, 2008). Arang aktif mempunyai spektrum penggunaan yang cukup luas dalam kehidupan manusia, terutama sebagai adsorben berbagai macam

gas pada proses pemurnian minyak pada industri kimia (Figuroa-Torres *et al.*, 2007), dan penjernihan air (Pujiarti dan Sutapa, 2005). Selanjutnya, menurut Jiang, Yin, dan Chen (2005) arang aktif juga dapat digunakan sebagai katalis pada berbagai reaksi kimia penting seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Pada proses pirolisis juga dihasilkan produk samping berupa asap yang dapat dikondensasi menjadi asap cair. Kondensasi asap sangat penting dilakukan dan bertujuan untuk mencegah pencemaran udara akibat proses tersebut. Menurut Haji (2007) asap cair hasil pirolisis bahan-bahan organik dapat digunakan untuk berbagai keperluan karena umumnya bersifat asam dan banyak mengandung komponen fenolik. Asap cair mengandung asam-asam organik dan senyawa fenolik yang dapat diolah menjadi cuka kayu (Su dan Silva, 2006). Asap cair dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, yaitu sebagai pengawet, antioksidan, dan biopestisida (Nurhayati, 2000).

Pada penelitian diuraikan pengolahan limbah cangkang kelapa sawit dengan teknik pirolisis menggunakan reaktor drum yang dibuat dengan teknologi sederhana untuk mendapatkan produk berupa arang dan asap cair. Untuk menilai mutu arang ini digunakan pembandingan standar mutu arang bubuk tempurung kelapa sesuai SNI-06-4369-1996 (BSN, 1996). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui mutu arang hasil pirolisis cangkang kelapa sawit.



**Gambar 1.** Reaksi hidrogenasi *ortho*-nitroklorobenzena dengan bantuan katalis arang aktif (Jiang, Yin, dan Chen, 2005)

## 2. METODA

### Pembuatan Peralatan Pirolisis

Reaktor pirolisis dibuat dengan teknologi sederhana dari bahan drum bekas dengan ukuran tebal plat  $\pm 1,5$  mm, tinggi 48 cm, dan diameter 60 cm. Pipa penyalur asap dibuat dari besi berdiameter 2 inci dengan panjang 200 cm, yang dirancang secara bongkar pasang sebagai penghubung antara reaktor pirolisis dengan kondensor. Dari bahan yang sama dibuat kondensor dengan ukuran tinggi 88 cm dan diameter 60 cm. Selanjutnya, dari bahan yang sama pula dibuat tungku pembakaran dengan ukuran tinggi 40 cm dan diameter 60 cm.

### Proses Pirolisis Cangkang Kelapa Sawit

Proses ini dilakukan dalam beberapa langkah. Cangkang kelapa sawit ditentukan kadar airnya terlebih dahulu, lalu ditimbang dengan bobot sesuai data Tabel 1. Selanjutnya cangkang kelapa sawit dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis. Disiapkan bahan bakar serbuk gergaji dalam tungku lalu dibakar selama 5 jam. Selama proses, suhu proses diukur menggunakan *thermocouple*. Asap yang keluar dikondensasi supaya menjadi asap cair. Setelah proses pirolisis berlangsung selama 5 jam, api di dalam tungku dipadamkan dengan cara menyiramnya dan reaktor dibiarkan dingin secara alami. Produk arang dan asap cair ditimbang dan ditentukan rendemennya. Pekerjaan tersebut diulangi dengan cara yang sama sebanyak dua kali.

### Penentuan Rendemen

Rendemen produk pirolisis yang diperoleh ditetapkan berdasarkan metode *Association of Official Agricultural Chemists* (AOAC) International dengan menghitung bobot sampel sesuai bobot kering dan kadar airnya

(Horwitz, 2000). Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

Bobot kering bahan baku

$$= \frac{\text{bobot bahan baku}}{100 + \% \text{ kadar air}} \times 100\%$$

Rendemen produk (%)

$$= \frac{\text{bobot arang/asap cair}}{\text{bobot kering bahan baku}} \times 100\%$$

### Karakterisasi Arang

Karakterisasi bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat dasar arang hasil pirolisis cangkang kelapa sawit. Karakterisasi tersebut meliputi kadar air, zat menguap, abu, karbon terikat, nilai kalor. Karakteristik struktur dianalisis dengan teknik *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Semua prosedur karakterisasi mengikuti metode yang dikembangkan AOAC International.

### Analisis Struktur Arang dengan FTIR

Analisis ini dilakukan di Laboratorium Pusat Studi Biofarmaka IPB Bogor dengan menggunakan alat FTIR tipe *Tensor 37*. Tujuan analisis ini untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat pada suatu bahan dan perubahannya akibat kenaikan suhu. Sampel yang akan diuji digiling dengan mesin terlebih dahulu sampai halus kemudian disaring dengan ayakan 100 mesh. Serbuk lolos mesh dicampurkan dengan serbuk KBr dan dimasukkan ke dalam *tube*. Campuran tersebut dikempa dengan kempa hidrolis pada tekanan 1 ton agar bentuknya menjadi pelet. Selanjutnya pelet yang diperoleh diukur serapannya dengan menggunakan FTIR merk *Bruker* tipe *Tensor 37* pada bilangan gelombang 600-4000  $\text{cm}^{-1}$ .

**Tabel 1.** Data hasil pirolisis cangkang kelapa sawit pada suhu 378°C

Percobaan ke-	Suhu Pirolisis (°C)	Bobot Sampel (kg)		Bobot Produk (kg)		Rendemen (% w/w)	
		Awal	Kering	Arang	Asap Cair	Arang	Asap Cair
1	385	25,80	23,33	8,23	0,571	35,28	2,45
2	367	21,58	19,52	8,16	0,920	41,80	4,71
3	382	23,26	21,04	8,28	0,766	39,35	3,64
Rata-rata	378					38,81	3,60

**Tabel 2.** Hasil karakterisasi arang cangkang kelapa sawit hasil pirolisis pada suhu 378°C

Pengujian ke-	Kadar (% w/w)				Nilai Kalor (kalori/g)
	Air	Zat Menguap	Abu	Karbon Terikat	
1	4,12	20,31	17,49	63,07	6.102
2	3,92	20,57	17,43	61,13	6.134
Rata-rata	4,02	20,44	17,46	62,10	6.118
Pembanding*	Maks. 6	Maks. 20	Maks. 5	Min. 70	Min. 7.000

\*BSN, 1996

### Analisis Struktur Arang dengan SEM

Analisis serbuk arang dilakukan menggunakan alat SEM merk *Zeiss tipe Evo 50* milik Laboratorium Kwartir Pusat Penelitian Geologi Bandung. Tujuan analisis ini untuk mengetahui topografi permukaan dan ukuran pori arang. Pengukuran ini mengikuti metoda yang dikembangkan Kim *et al.* (2001). Metoda tersebut dilakukan dengan melapisi serbuk arang 100 mesh dengan platina.

### Identifikasi Komponen Kimia Arang dengan py-GCMS

Komponen kimia pada arang diidentifikasi dengan alat py-GCMS merk GCMS-QP2010 Shimadzu menggunakan kolom PY-202015, temperatur pirolisis 600°C/10 menit, injeksi 250°C, dan interface 280°C, gas pembawa helium, laju alir 0,5 µl/menit, dan bobot injeksi 10 µg. Analisis arang dengan alat ini dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH) Bogor.

## 3. HASIL ANALISIS

### Produk Arang

Data hasil pirolisis cangkang kelapa sawit disajikan pada Tabel 1. Arang yang dihasilkan umumnya memiliki penampilan fisik yang relatif seragam dan berwarna hitam.

Arang ini kemudian dihaluskan hingga berbentuk serbuk dan disaring dengan ayakan 100 mesh supaya diperoleh ukurannya yang relatif seragam untuk keperluan analisis sifat-sifat dasar dan analisis strukturnya sehingga dapat diketahui kualitasnya. Berdasarkan Tabel 1, pada proses pirolisis cangkang kelapa sawit diperoleh rendemen arang rata-

rata sebesar 38,81% (w/w) dan asap cair sebesar 3,60% (w/w).

Arang dengan tingkat kematangan yang lebih sempurna diperoleh pada proses pirolisis dengan suhu 385°C dengan tingkat kematangan sekitar 86%. Data hasil karakterisasi sifat-sifat arang cangkang kelapa sawit disajikan pada Tabel 2.

Akibat suhu tinggi sebagian arang berubah menjadi abu dan gas-gas yang mudah menguap, sehingga rendemennya cenderung rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Paris, Zollfrank, dan Zickler (2005) bahwa akibat peningkatan suhu yang tinggi pada proses pirolisis, sebagian arang dapat berubah menjadi abu, gas CO, H<sub>2</sub>, dan gas-gas hidrokarbon.

### Mutu Arang

Kadar air yang dikandung arang hasil pirolisis cangkang kelapa sawit rata-rata sebesar 4,02%. Nilai kadar air pada arang ini lebih rendah dibandingkan dengan kadar air pada arang bubuk tempurung kelapa sesuai SNI-06-4369-1996 (BSN, 1996). Hal ini berarti bahwa arang cangkang kelapa sawit bermutu baik. Kadar air arang yang dikehendaki pada suatu arang harus bernilai sekecil-kecilnya sehingga pengembangannya menjadi briket atau arang aktif akan menghasilkan produk bermutu tinggi. Kadar air yang terkandung dalam arang dapat dipengaruhi oleh jumlah uap air di udara, lama proses pendinginan, penggilingan, dan pengayakan. Sampel yang bersifat higroskopis mudah menyerap uap air di udara karena struktur arang yang terdiri atas 6 atom C pada sudut heksagonal sehingga memungkinkan uap H<sub>2</sub>O terperangkap di dalamnya dan tidak dapat dilepas pada kondisi pengeringan dengan oven

pada suhu 105°C. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sudradjat (1985) bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi maka jumlah air yang menguap akan semakin banyak.

Kadar zat menguap rata-rata pada arang cangkang kelapa sawit sebesar 20,44% (Tabel 2). Kandungan zat menguap cenderung menurun mengikuti peningkatan suhu karbonisasinya. Semakin tinggi suhu karbonisasi suatu bahan semakin rendah kandungan zat menguapnya sehingga mutu arang yang dihasilkan lebih baik. Tingginya kadar zat menguap pada penelitian ini disebabkan arang tersebut diperoleh pada suhu pirolisis 378°C. Kadar zat menguap tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan kadar zat menguap bubuk arang tempurung kelapa sesuai SNI-06-4369-1996 (BSN, 1996) sehingga arang ini dikategorikan bermutu lebih rendah. Hal ini juga didukung dari data hasil identifikasi gugus fungsi dengan FTIR (Gambar 2) yang menunjukkan masih ada gugus fungsi yang terikat pada permukaan arang. Di samping itu, juga didukung dari data foto SEM (Gambar 3) bahwa topografi permukaan arang masih ditutupi oleh pengotor sehingga pori-pori yang terbentuk masih sedikit.

Penetapan kadar abu bertujuan untuk menentukan kandungan oksida logam yang terdapat di dalam arang. Kadar abu pada arang cangkang kelapa sawit rata-rata 17,46% (Tabel 2). Hasil ini jauh lebih tinggi dibandingkan ketentuan kadar abu yang ditetapkan pada bubuk arang tempurung kelapa sesuai SNI-06-4369-1996 (BSN, 1996). Hal ini kemungkinan disebabkan karena pada cangkang kelapa sawit terdapat sejumlah mineral seperti kalium, magnesium, dan kalsium yang diperkirakan berasal dari tanah atau pupuk yang diberikan (Fauzi *et al.*, 2002). Hal ini sesuai dengan pendapat Tanaike dan Inagaki (1999) yang mengatakan bahwa kadar mineral yang terdapat dalam abu, seperti kalsium oksida, natrium oksida, magnesium oksida, dan kalium oksida akan

menyebarkan di dalam kisi-kisi arang sehingga sangat berpengaruh pada kemampuan penyerapannya baik terhadap molekul-molekul gas maupun larutan.

Rata-rata kadar karbon terikat yang terkandung pada arang cangkang kelapa sawit adalah 62,10% (Tabel 2). Kadar karbon terikat ini sangat dipengaruhi oleh kadar zat menguap dan kadar abu. Semakin besar kadar zat menguap dan kadar abu maka akan menyebabkan turunnya kadar karbon terikat (Hendra dan Darmawan, 2000). Kadar karbon terikat pada briket arang yang dibuat dari arang cangkang kelapa sawit lebih baik dibandingkan dengan briket arang dari ampas tebu, yaitu berkisar 65,3-66,4% (Jamradloedluk dan Wiriyumpaiwong, 2007).

Pengukuran nilai kalor dari suatu bahan umumnya bertujuan untuk mengukur tingkat energi yang dapat ditimbulkan pada saat bahan tersebut dibakar. Nilai kalor menjadi salah satu kriteria mutu bagi arang yang akan digunakan sebagai bahan bakar. Rata-rata nilai kalor yang terdapat pada arang cangkang kelapa sawit sebesar 6.118 kalori/g (Tabel 2). Semakin tinggi nilai kalor semakin baik kualitas arangnya. Nilai kalor yang tinggi dari suatu arang sangat bergantung pada tingginya kadar karbon terikat yang dikandungnya. Hal ini didukung oleh pernyataan Hendra dan Winarni (2003), bahwa semakin tinggi kadar karbon terikat yang dikandung pada suatu bahan akan semakin tinggi pula nilai kalornya, karena setiap terjadi reaksi oksidasi akan menghasilkan kalori. Arang yang mempunyai nilai kalor tinggi sangat efisien digunakan sebagai bahan bakar karena tidak membutuhkan bahan yang terlalu banyak.

### **Gugus Fungsi Arang**

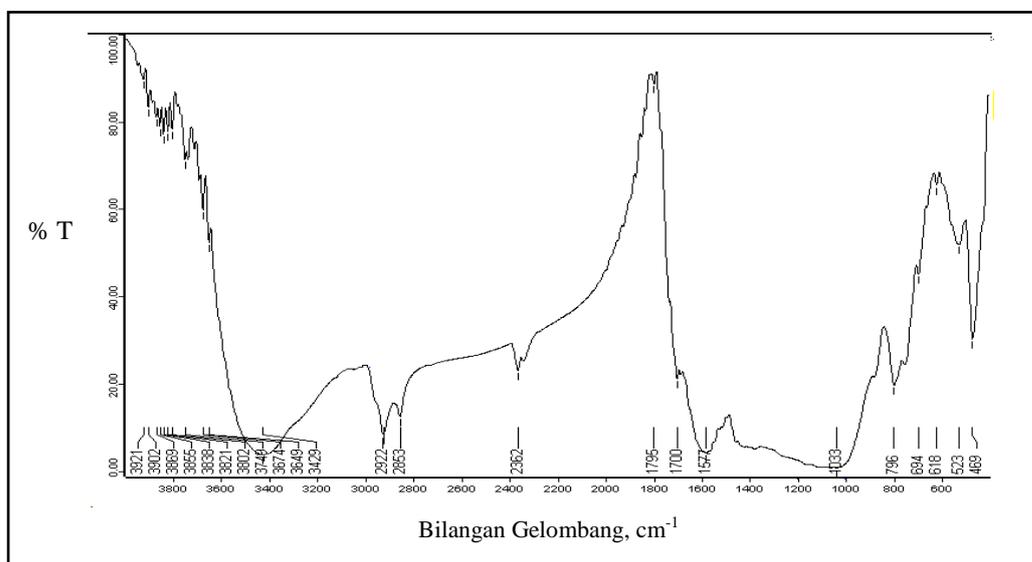
Untuk mengetahui gugus fungsi yang masih terdapat pada arang hasil pirolisis cangkang kelapa sawit dengan reaktor drum (Tabel 1) dilakukan identifikasi dengan FTIR. Hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2. Dari gambar tersebut terlihat bahwa terdapat serapan

kuat di daerah bilangan gelombang 3.000-3.400  $\text{cm}^{-1}$  (indikasi terdapat gugus fungsi OH), 1.700-2.000  $\text{cm}^{-1}$  (indikasi terdapat gugus fungsi C=O), dan 523-700  $\text{cm}^{-1}$  (indikasi terdapat gugus fungsi C-H aromatik). Hasil ini memberi gambaran bahwa masih banyak gugus-gugus fungsi yang dikandung pada arang cangkang kelapa sawit.

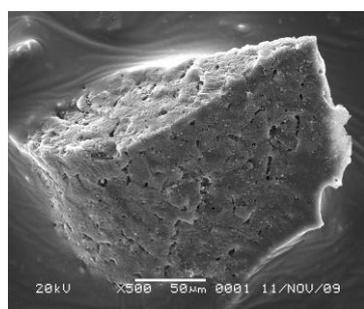
### Pola Struktur Arang

Untuk mengetahui pola struktur permukaan pori dari suatu bahan digambarkan dengan photograph SEM. Analisis ini bertujuan mengetahui topografi permukaan struktur arang akibat perubahan suhu pada proses

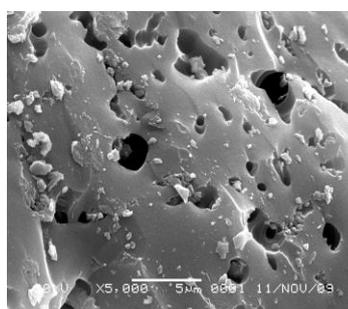
pirolisisnya. Akibat pirolisis terbentuk pori-pori pada permukaan arang yang diperkirakan terjadi karena menguapnya sebagian dari senyawa hasil degradasi molekul-molekul besar seperti lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Data hasil analisis SEM pada arang cangkang kelapa sawit ditunjukkan pada Gambar 3. Pada Gambar 3 ditunjukkan perubahan pola topografi permukaan baik pada bahan baku maupun arang cangkang kelapa sawit yang terjadi akibat kenaikan suhu pirolisisnya. Pada serbuk bahan baku, pori-pori pada permukaannya belum terbuka, sedangkan pada arang hasil pirolisisnya pada suhu 378°C sudah terlihat pembentukan pori-pori dipermukaannya.



**Gambar 2.** Spektrum serapan IR arang cangkang kelapa sawit



SBC



SAC

Keterangan : SBC = foto serbuk bahan baku cangkang kelapa sawit 100 mesh  
SAC = foto serbuk arang cangkang kelapa sawit 100 mesh hasil pirolisis pada suhu 378°C

**Gambar 3.** Topografi permukaan bahan baku dan arang cangkang kelapa sawit

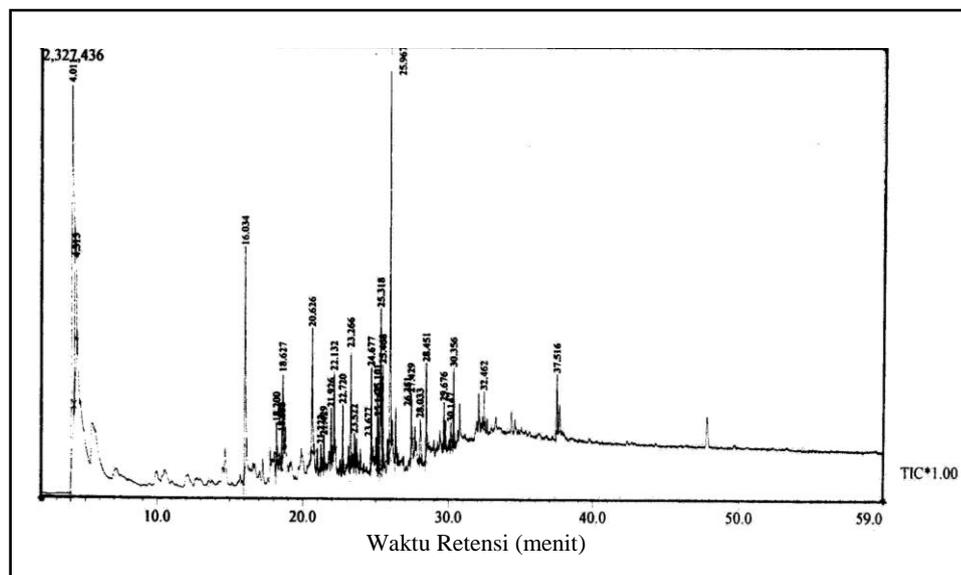
Pori-pori yang terbentuk diperkirakan berasal dari adanya zat-zat yang menguap dari strukturnya yang terdegradasi pada proses pirolisis. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Pulido-Novicio *et al.* (1998) bahwa proses terbentuknya pori-pori pada arang disebabkan oleh menguapnya sejumlah zat dari bahan baku akibat pirolisis pada suhu tinggi.

### Komponen Kimia pada Arang

Analisis komponen kimia pada material padat dapat dilakukan dengan teknik py-GCMS.

Data kromatogram py-GCMS serbuk arang cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 4.

Pada Gambar 4 ditunjukkan bahwa arang yang dihasilkan pada proses pirolisis cangkang kelapa sawit pada suhu 378°C teridentifikasi komponen kimianya pada pemisahan melalui puncak-puncak kromatogram yang muncul pada detektor GC. Adapun komponen kimia yang teridentifikasi pada arang tersebut disajikan pada Tabel 3.



Gambar 4. Kromatogram py-GCMS arang cangkang kelapa sawit

Tabel 3. Komponen kimia yang terkandung pada arang cangkang kelapa sawit

Nomor Peak	Waktu Retensi (menit)	Perkiraan Senyawa	Konsentrasi (%)
1	4,011	Karbon dioksida	27,08
2	16,034	Fenol	8,42
3	18,200	3-metil fenol	1,26
4	18,627	guaiakol	2,54
5	20,626	2-metoksi-4-metil fenol	4,28
6	21,222	1-heksadekanol	0,75
7	21,429	n-pentadekana	0,64
8	21,926	3-metoksi-pirokatekol	1,39
9	22,132	1-bromododekana	1,98
10	22,720	4-etenil-2-metoksi fenol	1,49
11	23,266	3,4-dimetoksi fenol	1,00
12	23,677	n-heksadekana	0,58
13	24,677	1,2,4-trimetoksibenzena	2,30
14	25,147	2-tridekanon	0,81
15	25,318	Levoglukosan	6,23
16	25,468	Metil ester dodekanoat	2,17
17	25,967	Asam dodekanoat	10,68
18	26,351	4-metil-2,5-dimetoksibenzaldehida	1,19
19	27,429	2-propenil ester oktadekanoat	1,00
20	28,033	Mital ester tetradekanoat	1,68
21	28,451	Asam tetradekanoat	2,18
22	29,676	Metil ester heksadekanoat	0,83
23	30,147	2-heptadekanon	0,74
24	32,462	Mital ester 8-oktadekanoat	1,10
25	37,516	3-metil-4-(metilthio)-fenil ester	2,14

Puncak-puncak kromatogram mulai muncul pada waktu retensi 4,011 menit dan berhenti pada waktu retensi 37,516 menit. Berdasarkan *chemstation data system* teridentifikasi sebanyak 25 senyawa kimia yang masih dikandung arang cangkang kelapa sawit. Hasil ini merupakan jumlah senyawa kimia minimal yang diperkirakan terdapat pada asap cair cangkang kelapa sawit.

Dari data Tabel 3 ditunjukkan bahwa pada arang hasil pirolisis cangkang kelapa sawit pada suhu 378°C dijumpai senyawa karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang muncul pada waktu retensi 4,011 menit dengan kadar sebesar 27,08%. Hasil ini berarti bahwa komponen utama dari arang cangkang kelapa sawit adalah karbon dioksida yang diperkirakan timbul akibat degradasi molekul-molekul besar seperti lignin, selulosa, dan lain-lain pada proses pirolisisnya. Di samping itu, sebagai komponen terbesar kedua ialah senyawa asam dodekanoat (C<sub>11</sub>H<sub>23</sub>CO<sub>2</sub>H) yang muncul pada waktu retensi 25,967 menit dengan kadar sebesar 10,68%. Komponen kimia yang dikandung pada arang dapat mempengaruhi kualitasnya, terutama pada penggunaannya sebagai adsorben ataupun sebagai media pertumbuhan tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Gusmailina dan Pari (2002) bahwa arang yang ditambahkan pada media tanam mempengaruhi pertumbuhan tanaman cabai merah.

#### 4. KESIMPULAN

Rata-rata rendemen arang hasil pirolisis cangkang kelapa sawit pada suhu 378°C adalah sebesar 38,81% (w/w). Hasil karakterisasi menunjukkan arang ini mengandung 4,02% air, 20,44% zat menguap, 17,46% abu, 62,10% karbon terikat, dan nilai kalor 6.118 kalori/g. Hasil analisis FTIR menunjukkan pada arang teridentifikasi gugus fungsi OH, C=O, dan C-H aromatik dan berdasarkan hasil analisis arang dengan SEM diketahui pada arang ini mempunyai jumlah pori yang banyak, namun masih tertutupi oleh

pengotor. Hasil identifikasi dengan py-GCMS menunjukkan pada arang ini masih terdapat 25 senyawa. Oleh karena belum ada standar mutu untuk arang ini, maka jika dibandingkan dengan bubuk arang tempurung kelapa sesuai SNI-06-4369-1996, maka mutu arang ini tergolong rendah, tetapi berdasarkan data hasil karakterisasinya menguntungkan jika dikembangkan menjadi briket maupun arang aktif.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Pimpinan Universitas Syiah Kuala yang telah sudi membiayai proyek Penelitian Hibah Bersaing ini sehingga semuanya dapat berjalan dan sukses sesuai rencana yang telah diprogramkan. Selanjutnya, ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah berpartisipasi dan membantu kelancaran penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bridgwater, A.V. (2004). Biomass Fast Pyrolysis. *Thermal Science*. 8(2). 21-49.
- BSN (1996). Bubuk Arang Tempurung Kelapa, SNI 06-4369-1996. Jakarta.
- Diya'uddeen, B.H., Mohammed, I.A., Ahmed, A.S., dan Jibril, B.Y. (2008). Production of Activated Carbon from Corncobs and Its Utilization in Crude Oil Spillage Clean Up. *Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal*. X. 1-9.
- Fauzi, Y., Widyastuti, Y.E., Satyawibawa, I., dan Hartono, R. (2002). Kelapa Sawit: Budidaya, Pemanfaatan Hasil dan Limbah, Analisis Usaha, dan Pemasaran (Edisi Revisi). Penebar Swadaya, Jakarta.
- Figueroa-Torres, M.Z., Robau-Sánchez, A., De la Torre-Sáenz, L., dan Aguilar-Elguézabal, A. (2007). Hydrogen Adsorption by Nanostructured Carbons

- Synthesized by Chemical Activation. *Microporous and Mesoporous Materials*. 98. 89-93.
- Gusmailina dan Pari, G. (2002). Pengaruh Pemberian Arang Terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum*). *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 20(3). 217-229.
- Haji, A.G., Mas'ud, Z.A., Lay, B.W., Sutjahjo, H., dan Pari, G. (2006). Pembuatan Arang dari Sampah Organik Padat Dengan Reaktor Pirolisis. *Jurnal Purifikasi*. 7(2). 139-144.
- Haji, A.G. (2007). Konversi Sampah Organik Menjadi *Komarasca* (Kompos-Arang Aktif-Asap Cair) dan Aplikasinya Pada Tanaman Daun Dewa. Disertasi. Sekolah Pascasarjana, IPB Bogor.
- Hendra, D. dan Darmawan, S. (2000). Pembuatan Briket Arang Serbuk Gergajian Kayu Dengan Penambahan Tempurung Kelapa. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 18(1). 1-9.
- Hendra, D. dan Winarni, I. (2003). Sifat Fisik dan Kimia Briket Arang Campuran Limbah Kayu Gergajian dan Sebetan Kayu. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 21(3). 211-226.
- Horwitz, W. (ed.) (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International, 17<sup>th</sup> ed., vol. 1. AOAC International, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Jamradloedluk, J. dan Wiriyumpaiwong, S. (2007). Production and Characterization of Rice Husk Based Charcoal Briquettes. *KKU Engineering Journal*. 33(3). 391-397.
- Jiang, C., Yin, H., dan Chen, Z. (2005). Hydrogenation of Ortho-nitrochlorobenzene on Activated Carbon Supported Platinum Catalysts. *Journal of Zhejiang University Science*. 6B(5). 378-381.
- Kim, Y.A., Matusita, T., Hayashi, T., Endo, M., dan Dresselhaus, M.S. (2001). Topological Changes of Vapor Grown Carbon Fibers During Heat Treatment. *Carbon*. 39. 1747-1752.
- Lioudakis, S., Gakis, D., Ahlqvist, K., dan Statheropoulos, M. (2004). Pyrolysis of *Pinus halepensis* Needles Treated With Fire Retardants. *Annals of Forest Science*. 61(6). 551-555.
- Matsuzawa, Y., Mae, K., Hasegawa, I., Suzuki, K., Fujiyoshi, H., Ito, M, dan Ayabe, M. (2007). Characterization of Carbonized Municipal Waste as Substitute for Coal Fuel. *Fuel*. 86. 264-272.
- Nomura, S. dan Kato, K. (2006). The Effect of Plastic Size on Coke Quality and Coking Pressure in The Co-Carbonization of Coal/Plastic in Coke Oven. *Fuel*. 85. 47-56.
- Nurhayati, T. (2000). Sifat Destilat Hasil Destilasi Kering 4 Jenis Kayu dan Kemungkinan Pemanfaatannya Sebagai Pestisida. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 17(3). 160-168.
- Paris, O., Zollfrank, C., dan Zickler, G.A. (2005). Decomposition and Carbonization of Wood Biopolymers – A Microstructural Study of Softwood Pyrolysis. *Carbon*. 43. 53-66.
- Pastor-Villegas, J., Pastor-Valle, J.F., Meneses Rodriguez, J.M., dan Garcia Garcia, M. (2006). Study of Commercial Wood Charcoals for The Preparation of Carbon Adsorbents. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 76. 103-108.

- Prananta, J. (2009). Pemanfaatan Sabut dan Tempurung Kelapa Sawit untuk Pembuatan Asap Cair Sebagai Pengawet Makan Alami. <http://www.scribd.com/doc/4142857>. 26 Februari 2009.
- Pujiarti, R. dan Sutapa, J.P.G. (2005). Mutu Arang Aktif Dari Limbah Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla King.*) Sebagai Bahan Penjernih Air. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. 3(2). 33-38.
- Pulido-Novicio, L., Hata, T., Kajimoto, T., Imamura, Y., dan Ishihara, S. (1998). Removal of Mercury From Aqueous Solutions of Mercuric Chloride Using Wood Powder Carbonized at High Temperature. *Journal of Wood Research*. 85. 48-55.
- Su, M.S. dan Silva, J.L. (2006). Antioxidant Activity, Anthocyanins, and Phenolics of Rabbiteye Blueberry (*Vaccinium ashei*) By-Products as Affected by Fermentation. *Food Chemistry*. 97. 447-451.
- Sudradjat, R. (1985). Pengaruh Beberapa Faktor Pengolahan Terhadap Sifat Arang Aktif. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 2(2). 1-4.
- Tanaike, O. dan Inagaki, M. (1999). Degradation of Carbon Materials by Intercalation. *Carbon*. 37. 1759-1769.