

KARAKTERISASI DAN IDENTIFIKASI GUGUS FUNGSI DARI KARBON CANGKANG KELAPA SAWIT DENGAN METODE *METHANO-PYROLYSIS*

CHARACTERIZATION AND IDENTIFICATION OF FUNCTIONAL GROUP OF PALM SHELL CARBON BY USING METHANO-PYROLYSIS METHOD

Zainal Abidin Nasution dan Siti Masriani Rambe

Balai Riset dan Standardisasi Industri Medan

e-mail: siti_masriani@yahoo.com

Diterima: 20 Agustus 2013; Direvisi: 22 Agustus – 20 November 2013; Disetujui: 28 November 2013

Abstrak

Telah dilakukan penelitian karakterisasi dan identifikasi karbon cangkang kelapa sawit dengan teknologi methano-pyrolysis. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan proses pembersihan terhadap cangkang kelapa sawit lalu dikeringkan menggunakan oven suhu 100°C selama 5 menit. Berikutnya dilakukan proses pirolisis pada suhu tetap yaitu 800°C dengan variasi waktu yaitu pada 1, 2, 3, 4 dan 5 menit. Rendemen karbon pada proses pirolisis diperoleh semakin lama waktu pirolisis semakin tinggi rendemen yang dihasilkan mencapai 25,4%. Untuk mengetahui karakter atau gugus fungsi dari arang cangkang kelapa sawit, dilakukan pengujian menggunakan alat FTIR dan SEM. Analisa FTIR diperoleh untuk semua variasi, beberapa gugus fungsi seperti senyawa gugus O-H kuat, C≡C, C=C, C=O, C-H kuat dan gugus OH sedang. Hasil yang optimal diperoleh pada variasi 5 menit, dimana sudah didominasi oleh gugus karbon (C) murni hampir 60%. Untuk melihat pori dari karbon yang dihasilkan pada uji variasi 1 menit diperoleh diameter pori yang terbentuk lebih kecil dan sedikit jika dibandingkan dengan pori pada variasi 5 menit. Semakin lama waktu pirolisis maka semakin murni jumlah ikatan carbon yang diperoleh.

Kata kunci : Cangkang Kelapa Sawit, FTIR, Karbon, Pirolisis, SEM

Abstract

Characterization and identification palm shell carbon by methano-pyrolysis technology had been conducted. Prior to carbonization palm shell was prepared by drying in the oven at 100°C for 5 minutes. The treatment was pyrolysis time period at 800°C namely 1, 2, 3, 4 and 5 minutes. The result showed that the highest yield of carbon obtained at 5 minutes time periode (25,4%). Characterization and identification of functional group (chemical bond) and shell shape properties has conducted by using FTIR and SEM. FTIR result found that all the variations has chemical bond such as carbon bond (C-C), octahedral, C-H and O-H. The optimum condition was obtained at 5 minute , which gave lowest impurities compounds compare to others treatment. It was dominated by bond of carbon (C) is almost 60% purely. SEM testing showed all pores of the carbon produced at 1 minute time periode had smaller pores compare to 5 minute time periode. The longer time periode of pyrolysis the more pure of carbon.

Keywords : carbon, FTIR, palm shell, pyrolysis, SEM,

PENDAHULUAN

Pada tahun 2010, luas lahan perkebunan kelapa sawit sebesar 8,1 juta ha dengan kapasitas produksi pabrik 20.800.000 ton minyak kelapa sawit setiap tahunnya. Setiap produksi 1 ton minyak kelapa sawit, akan menghasilkan limbah cangkang kelapa sawit 7% dari

total kapasitas produksi kelapa sawit (Kementerian Perindustrian, 2011). Untuk Total 20.800.000 ton akan menghasilkan 1.456.000.000 kg cangkang, sehingga cangkang kelapa sawit berpotensi dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti arang cangkang kelapa sawit sebagai *adsorbance*, *filler* dan lainnya.

Cangkang kelapa sawit adalah merupakan biomassa lignoselulosa yang terdiri atas campuran polimer karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa, lignin, zat ekstratif dan abu). Selulosa dan hemiselulosa merupakan total karbohidrat yang disebut holoselulosa adalah sebagai biomasanya. Komposisi kimia cangkang sawit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Cangkang Sawit (Fauzi, 2004)

No.	Komposisi	Kadar (%)
1	Selulosa	40
2	Hemiselulosa	24
3	Lignin	21
4	abu	15

Proses pirolisis terdiri dari berbagai proses reaksi diantaranya dekomposisi, oksidasi, polimerisasi dan kondensasi. Pada proses pirolisis massa berlignoselulosa akan terjadi dekomposisi senyawa-senyawa penyusun dari hemiselulosa (Menon *et al.*, 2003). Hemiselulosa merupakan polimer dari beberapa monosakarida dan akan terdekomposisi pada suhu 250°C s.d. 300°C. Selulosa terdekomposisi pada suhu 280°C dan berakhir pada suhu 300°C s.d. 350°C. Lignin merupakan polimer kompleks yang mempunyai berat molekul tinggi dan tersusun atas unit phenylpropane. Lignin mulai terdekomposisi pada suhu 300°C s.d. 350°C dan berakhir pada suhu 400°C s.d. 450°C.

Pada suhu 500°C s.d. 1000°C merupakan tahap pemurnian arang ataupun peningkatan kadar karbon. Tabel 2 memperlihatkan pengelompokan produk karbon berdasarkan metode pirolisa.

Pada umumnya cangkang kelapa sawit dapat diproses menjadi arang aktif dengan beberapa metode pirolisa dan produk yang dihasilkan juga bervariasi (Dinesh *et al.*, 2006). Beberapa peneliti telah melakukan penelitian cangkang sawit menjadi arang cangkang kelapa sawit, akan tetapi arang cangkang sawit yang diteliti masih untuk sebagai adsorben. Dengan potensi arang

cangkang kelapa sawit yang cukup tinggi, perlu diteliti karakter dari arang cangkang kelapa sawit sehingga dapat dihasilkan sebagai pengganti bahan baku *filler*.

Tabel 2. Pengelompokan produk berdasarkan metode pirolisis (Dinesh *et al.*, 2006)

Metode pirolisa	Waktu tinggal	Laju pemanasan	Temperatur (°C)	Produk
Carbonization	days	very low	400	charcoal
Conventional	5-30 min	low	600	oil, gas
Char-fast	0.5-5 s	very high	650	bio-oil
Flash-liquid _b	<1 s	high	<650	bio-oil
Flash-gas _c	<1 s	high	<650	chemicals,
Gas ultra _d	<0.5	very high	1000	chemicals
Gas vacuum	2-30 s	medium	400	bio-oil
Hydro-pyrolysis _e	<10 s	high	<500	bio-oil
Methano-pyrolysis _f	<10 s	high	>700	chemicals

Padil *et al.*, (2009) telah melakukan penelitian pembuatan arang aktif dengan variasi suhu dari 700°C hingga 900°C dan suhu yang optimum diperoleh pada 800°C sehingga pada penelitian ini ditetapkan suhu 800°C sebagai variasi tetap. Perlu dilakukan penelitian analisis komposisi dari karbon yang menggunakan metode *methano-pyrolysis* untuk mengetahui gugus fungsi dari setiap variasi waktu yang dilakukan sehingga parameter waktu ditetapkan sebagai variasi bebas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakterisasi dari karbon yang dipirolisa dari arang cangkang kelapa sawit dengan variasi waktu.

BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, berupa arang cangkang kelapa sawit dan aquades.

Peralatan yang digunakan adalah furnace untuk pirolisis, timbangan dan peralatan gelas laboratorium lainnya.

B. Prosedur Penelitian

Prosedur pembuatan karbon untuk dengan metode pirolisa meliputi: Tahap awal adalah tahap preparasi/persiapan bahan cangkang dengan membersihkan arang tersebut dengan air aquades. Lalu dilakukan proses karbonisasi terhadap

cangkang kelapa sawit sebanyak 500 gram pada oven dengan suhu 100°C dengan waktu 5 menit (Nasution, 2011). Kemudian dilakukan proses pirolisa pada suhu 800°C selama variasi waktu yaitu: 1 menit, 2 menit, 3 menit, 4 menit dan 5 menit. Karbon yang telah dipirolisis di dinginkan, lalu dilakukan analisa rendemen kadar karbon, pengujian dengan instrumen FTIR dan SEM untuk identifikasi gugus fungsi dari kelima produk karbon.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rendemen arang cangkang kelapa sawit

Preparasi cangkang kelapa sawit dilakukan dengan membersihkan cangkang dengan air aquades lalu dikeringkan dengan oven dengan suhu 100°C. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam proses pirolisis sehingga komponen lain tidak terkontaminasi pada saat pirolisis. Proses pirolisis dengan variasi waktu dimaksud untuk mendapatkan suatu produk karbon dengan gugus fungsi tertentu sehingga dapat dimanfaatkan untuk produk tertentu. Hasil pirolisis pada suhu 800°C diperoleh rendemen karbon untuk kelima variasi penelitian.

Tabel 3. Hasil rendemen pirolisis cangkang kelapa sawit

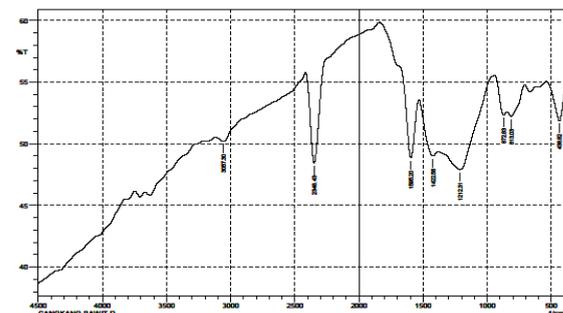
Waktu (menit)	Rendemen (%)
1	6,1141
2	11,6252
3	17,1311
4	24,0061
5	25,3889

Tabel 3 memperlihatkan waktu pirolisis berpengaruh pada rendemen yang dihasilkan. Pada waktu pirolisa 1 menit diperoleh rendemen sebesar 6,1141% dan pada waktu 5 menit diperoleh 25,3889%. Terjadi perubahan kenaikan rendemen karbon yang cukup signifikan dari menit pertama hingga selesai. Padil *et al.*, (2009) mengemukakan dalam penelitiannya bahwa pada temperatur 800°C, dengan waktu 30 menit diperoleh rendemen

karbon 40,3% tetapi pada waktu 60 menit diperoleh total rendemen menurun menjadi 30%. Banyak faktor yang mempengaruhi jumlah rendemen dari hasil pirolisa cangkang kelapa sawit tergantung pada metode dan bahan bakunya (Dinesh *et al.*, 2006). Dari analisa rendemen dari proses pirolisa diperoleh semakin lama waktu pirolisis dilakukan maka semakin besar jumlah rendemen arang cangkang kelapa sawit yang dihasilkan, hal ini disebabkan pada rentang waktu banyak komponen cangkang yang teruapkan. Komponen yang mudah menguap adalah lignin, serat lain akan menguap pada suhu (800°C) dan variasi waktu 5 menit

B. Identifikasi Gugus Fungsi

Untuk mengetahui struktur mikro berupa gugus fungsi dari kelima karbon yang diperoleh, terhadap karbon dilakukan analisa mikro struktur dengan instrumen FTIR dan SEM. Hasil uji FTIR memperlihatkan adanya vibrasi dari setiap gugus yang terbentuk. Berbagai jenis panjang gelombang yang dihasilkan pada setiap *peak* yang terjadi sehingga dapat diketahui mikro struktur yang ada dalam karbon cangkang pada setiap variasi. Setelah dianalisa hasil grafik dari alat tersebut, maka dilakukan pengindikasian terhadap gugus fungsi.



Gambar 1. Spektrum instrumen FTIR pada karbon dengan variasi 4 menit

Perubahan gugus fungsi karbon dipengaruhi oleh suhu dan waktu pirolisis. Gambar 1 adalah salah satu hasil analisa spektrum FTIR dan gugus fungsi dari produk karbon yaitu variasi waktu pirolisis 4 menit. Pita serapan pada bilangan gelombang 3528,92 cm⁻¹

(variasi 1 menit) yang merupakan gugus fungsi OH sedang, dan terjadi vibrasi yang menyebabkan pergeseran gugus fungsi dari variasi 2 hingga 5 menit yaitu 3520,24; 3052,48; 3057,3 dan 3051,52 cm^{-1} . Gugus fungsi yang terbentuk pada bilangan gelombang di atas 3400 cm^{-1} adalah karbon yang masih dalam kelompok OH sedang sedangkan gugus fungsi pada 3000-3400 dapat dikategorikan sebagai gugus fungsi OH kuat (Harmita, 2012).

Pada *peak* berikutnya terbentuk dengan bilangan gelombang pada 2956,04; 2956,04; 2357,11; 2348,43 dan 2349,4 cm^{-1} untuk kelima variasi berturut-turut dari yang terendah dapat diindikasikan sebagai karbon dengan ikatan rangkap tiga.

Tabel 4. Bilangan Gelombang Arang Cangkang Kelapa Sawit

Bahan Baku	Bilangan Gelombang			
	323-700: C-H	C-H Aromatik	1200-1399: C-O	1400-1600: Ik. Karbon rangkap dua (C=C)
Variasi 1 menit		815,9 2	1222,9 2	1429,31
Variasi 2 menit		815,9 2	1222,9 2	1429,31
Variasi 3 menit	445,5 8	814	1217,1 4	
Variasi 4 menit	438,8 2	813,0 3	872,8 3	1212,3 1
Variasi 5 menit			874,7 6	1420,63

Tabel 4. Bilangan Gelombang Arang Cangkang Kelapa Sawit (lanjutan)

Bahan Baku	Bilangan Gelombang			
	1400-1600: Ik. Karbon rangkap dua (C=C)	Karbon rangkap tiga (C≡C)		3000-3400 : OH kuat
Variasi 1 menit	1598,09	2349,4	2956,04	3528,9 2
Variasi 2 menit	1598,09	2349,4	2956,04	3520,2 4
Variasi 3 menit	1597,13	2357,1 1		3052,4 8
Variasi 4 menit	1595,2	2348,4 3		3057,3
Variasi 5 menit	1596,16	2349,4		3051,5 2

Tabel 4 merupakan pengelompokan gugus fungsi pada arang cangkang

kelapa sawit dimana karbon yang terdeteksi oleh FTIR pada bilangan gelombang dari 2340-2960 dapat dikategorikan sebagai ikatan rangkap tiga (Harmita, 2012). Bilangan gelombang 1429,31 cm^{-1} (variasi 1 dan 2 menit) dan 1429-1598 cm^{-1} (untuk variasi 3,4 dan 5 menit) menunjukkan adanya vibrasi regangan gugus karbon merupakan ikatan C=C cincin aromatik.

Bilangan gelombang pada 1222 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi C-O. Gugus fungsi pada ikatan rangkap C-O terdeteksi pada kelima variasi penelitian kecuali pada variasi 5 menit. Hal ini disebabkan oleh gugus ikatan C-O pada pemanasan 800°C telah teruapkan bersama komponen lain pada saat pemanasan 5 menit.

Sementara itu hasil analisis FTIR pada arang arang cangkang kelapa sawit dapat dilihat bahwa telah terjadi perubahan pola spektrum serapan infrared (IR) dari cangkang kelapa sawit dari variasi 1 menit hingga variasi 5 menit menjadi arang yaitu terjadi pergeseran bilangan gelombang dari 3528,92 cm^{-1} ke 3051,52 cm^{-1} , 2956,04 cm^{-1} ke 2348,43 cm^{-1} , 1598,09 cm^{-1} ke 1420,63 cm^{-1} , 1222,92 cm^{-1} ke 1212,31 cm^{-1} , dan 874,76 cm^{-1} ke 813,03 cm^{-1} , 445,58 cm^{-1} ke 438,82 cm^{-1} . Kemudian terdapat bilangan gelombang yang hilang pada variasi 5 menit yaitu pada 438,82 cm^{-1} , 813,03 cm^{-1} , 1212,31 cm^{-1} dan 2956,52 cm^{-1} dan terbentuknya serapan baru pada bilangan gelombang 3051,52 cm^{-1} , yang merupakan vibrasi O-H kuat.

Proses pirolisis juga telah membentuk ikatan C=C (aromatik) di sekitar 1598,09 cm^{-1} ke 1420,63 cm^{-1} . Hal ini mengindikasikan bahwa karbonisasi dan aktivasi menjadi karbon akan meningkatkan ikatan gugus karbon. Senyawa tersebut merupakan penyusun struktur heksagonal arang dan arang aktif (Wibowo *et al.*, 2011). Pirolisis dengan suhu yang semakin tinggi akan mengakibatkan perubahan gugus fungsi yaitu terjadinya pergeseran, hilangnya bilangan gelombang serapan atau tingkat serapannya berkurang dan terbentuknya senyawa radikal tidak stabil

yang selanjutnya bereaksi membentuk senyawa baru (Wibowo *et al.*, 2011).

Adanya uap air pada proses aktivasi arang aktif dan pada persiapan sampel, ternyata masih berperan dengan teridentifikasinya gugus OH pada arang aktif. Gugus tersebut dapat berasal dari reaksi antara uap air dengan senyawa bebas pada permukaan arang/karbon yang diaktivasi dan bukan berasal dari bahan baku arang cangkang kelapa sawit. Arang cangkang kelapa sawit yang dihasilkan memiliki pola serapan dengan jenis ikatan OH, C-H, C-O, C=C dan C≡C.

Adanya ikatan OH dan C-O menunjukkan bahwa karbon cangkang kelapa sawit yang dihasilkan cenderung bersifat lebih polar (mudah menguap). Dengan demikian arang yang dihasilkan dapat digunakan sebagai adsorben zat yang cenderung polar, seperti untuk penjernihan air, gula, alkohol atau sebagai penyerap emisi formaldehid dan juga untuk manfaat lainnya.

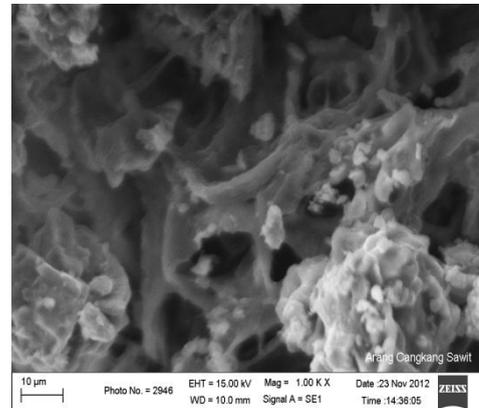
Gugus fungsi C=C dan C≡C adalah gugus berupa karbon dengan jumlah kemurnian yang tinggi, dimana terjadi pelepasan unsur O atau H yang pada awalnya menyatu dengan unsur C. Penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan kondisi dari proses pirolisa dengan jumlah rendemen yang tinggi dan ikatan gugus C=C dan C≡C. Ikatan rangkap karbon juga mengindikasikan semakin murninya unsur C yang dihasilkan.

Pada menit ke-1 hingga ke-4 dapat disimpulkan bahwa jumlah impurities cukup tinggi (5 gugus pengotor) dan juga jumlah gugus fungsi senyawa karbon diperoleh terdeteksi sedikit. Hal ini dapat dilihat bahwa luas area peak yang sangat kecil (14% dari gugus fungsi lainnya). Akan tetapi untuk menit ke-5 diperoleh hasil bahwa pengotor cukup kecil yaitu 3 gugus fungsi dan luas area peak cukup besar yaitu 60%.

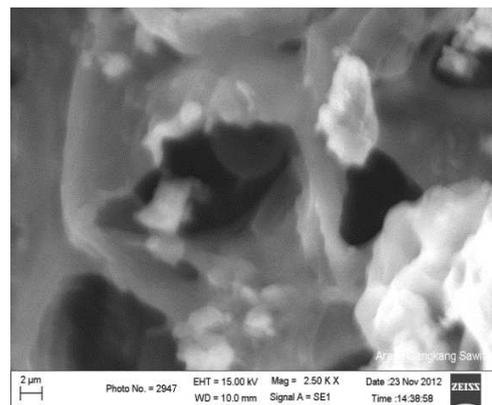
C. Identifikasi Pori Arang Cangkang Kelapa Sawit

Analisis struktur permukaan pori dilakukan menggunakan scanning electron microscope (SEM). Analisis ini

bertujuan untuk mengetahui topografi permukaan suatu bahan akibat perubahan suhu pirolisis. Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa cangkang kelapa sawit yang belum dikarbonisasi tidak menunjukkan adanya pori (Wibowo *et al.*, 2011).



(a) perbesaran 1500 kali



(b) perbesaran 2500 kali

Gambar 2. Pori Arang Cangkang Kelapa Sawit dengan pirolisis untuk variasi 5 menit.

Setelah proses karbonisasi menjadi arang, mulai terbentuk pori dengan diameter 2 dan 10 μm . Uji SEM ini dilakukan hanya pada awal variasi (1 menit) dan akhir variasi (5 menit). Pirolisis cangkang pada suhu tinggi 800°C cenderung menyebabkan peningkatan jumlah dan diameter pori (Dinesh, 2006). Umumnya untuk peningkatan jumlah pori dan diameter pori selalu menggunakan proses aktivasi terhadap arang akan tetapi pada penelitian ini tidak dilakukan aktivasi hanya dengan peningkatan suhu pirolisis namun hasil yang diperoleh sama dengan proses aktivasi arang.

Gambar 2 memperlihatkan mikro struktur pori dari variasi waktu variasi 5 menit. Variasi waktu yang dilakukan pada pirolisis 5 menit diperoleh jumlah pori lebih banyak dan lebar pori lebih besar dan hanya sedikit terlihat komponen pengotor yang masih menempel pada karbon/arang. Terbentuknya pori yang besar disebabkan adanya penguapan komponen dari bahan baku akibat proses pirolisis suhu 800°C.

KESIMPULAN

Semakin lama waktu pirolisis maka semakin banyak jumlah rendemen arang cangkang kelapa sawit, akan tetapi jumlah karbon yang dihasilkan semakin tinggi. Cangkang kelapa sawit dapat dikembangkan dengan metode pirolisis, untuk menghasilkan arang cangkang yang memiliki gugus fungsi yang berbeda untuk setiap variasi penelitian. Dari kelima variasi waktu penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pirolisis karbon yang diperoleh cukup murni.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinesh, M., Pittman, C.U., and Steele, P.H. (2006). Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review. *Energy & Fuels*. 20: 848.
- Fauzi. (2004). *Pembuatan Arang aktif dari Cangkang Kelapa Sawit*. Jakarta: Gramedia
- Harmita. (2012). *Analisis Fisika Kimia Spectroscopy*. (Modul Kuliah). Semarang: Universitas Diponegoro. Diakses dari <http://ejournal.undip.ac.id/> pada 3 September 2012.
- Kementerian Perindustrian. (2011). *Booklet Hilirisasi Industri Kelapa Sawit*. Jakarta: Kementerian Perindustrian. Diakses pada

<http://agro.kemenperin.go.id/> tanggal 22 Mei 2012

- Menon, N.R., Rahman, Z.A., and Bakar, N.A. (2003). Empty Fruit Bunches Evaluation: Mulch in Plantation vs. Fuel for Electricity Generation. *Oil Palm Industry Economic Journal*. 3(2): 15-20.
- Nasution, Z.A. (2011). *Prototipe Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit Skala UKM*. (Laporan Riset). Medan: Baristand Industri Medan.
- Nurul'ain (2007). *The Production And Characterization Of Activated Carbon Using Local Agricultural Waste Through Chemical Activation Process*. (Tesis). Pulau Pinang: Universiti Sains Malaysia.
- Padil, Sunarno dan Khairat. (2009). *Pembuatan Arang Aktif dari Arang Sisa Pembuatan Asap Cair*. Pekanbaru: Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Wibowo, S., Syafi, W., dan Pari, G. (2011). Karakterisasi Permukaan Arang Aktif Arang Cangkang Kelapa Sawit Biji Nyamplung. *Makara. Teknologi*: 15(1): 17-24.