

KAJIAN PEMBENTUKAN KARBON AKTIF BERBAHAN ARANG TEMPURUNG KELAPA

Esmar Budi^{1,*}, Hadi Nasbey¹, Setia Budi², Erfan Handoko¹,
Puji Suharmanto¹, Rangi Sinansari¹, Sunaryo¹

¹Jurusan Fisika, ²Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Jakarta
Jl. Pemuda No. 10 Rawamangun Jakarta 13220
*Email: esmarbudi@unj.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan kajian awal meliputi persiapan, proses dan karakteristik pembentukan karbonaktif berbahan dasar arang tempurung kelapa guna memperoleh kemampuan terapan yang maksimal. Persiapan meliputi pembersihan, pengeringan dan penggilingan bertahap melibatkan perlakuan panas. Arang tempurung dihasilkan melalui proses pirolisis tempurung kelapa selama kurang lebih 6 jam pada suhu sekitar 70 – 100 °C. Selanjutnya arang tempurung yang dihasilkan, digiling sebanyak dua kali penggilingan guna memperoleh bentuk serbuk arang. Dua kali penggilingan akan menghasilkan serbuk dengan ukuran partikel yang lebih halus dibandingkan satu kali penggilingan. Hasil analisis foto SEM menunjukkan bahwa arang tempurung kelapa memiliki struktur morfologi yang berpori. Hasil analisis EDS menunjukkan bahwa unsure karbon (C) merupakan unsure dominan (82.92 wt%) pada arang tempurung kelapa. Hasil analisis dari distribusi ukuran partikel PSA menunjukkan bahwa volume differential dari ukuran partikel serbuk arang kasar terdistribusi 5.610 – 6.760 µm (41.14 %) dan 15.65 – 17.18 µm (32.83%) sedangkan serbuk arang halus terdistribusi pada 0.452 – 3.519 µm (99,77%).

Abstract

The early study on preparation, process and characterization of activated carbon from coconut shell charcoal has being done to achieve the optimum activated carbon performance. The preparation involved cleaning, drying and sequent sieving and heat treatment. The coconut shell was pyrolyzed at temperature about 70 – 100°C for about 6 hours. The coconut shell charcoal then was sieved once to produce rough powder while finer powder was achieved by twice sieving. SEM analysis result showed that the coconut shell charcoal morphology has pore structure in about micro size. From EDS analysis, the major element content of charcoal was carbon C (82.92 %wt). From PSA analysis, it showed that differential volume of rough charcoal powder was distributed into 5.610 – 6.760 µm (41.14 %) and 15.65 – 17.18 µm (32.83%) while finer charcoal powder was distributed into 0.452 – 3.519 µm (99,77%).

Keywords: *Coconut shell charcoal, pyrolysis, activated carbon, pore.*

1. Pendahuluan

Penggunaan bahan-bahan alami sebagai penyerap (absorben) merupakan satu kecenderungan baru dalam penggunaannya sebagai penyaring air limbah industri yang salah satunya adalah karbon aktif berbahan dasar arang tempurung kelapa (*cocosnucifera*) [1]. Sebagai penyerap, karbon arang tempurung kelapa memiliki kesesuaian karena tingkat kemurnian dan rapat massa yang tinggi, kandungan abu yang rendah dan struktur pori mikro yang seragam [2]. Sebagai bahan sisa yang biasanya terbuang menjadi sampah, pemanfaatan tempurung kelapa untuk tujuan tersebut selain memberikan biaya produksi yang relatif rendah juga memberikan satu

tawaran dalam penyelesaian masalah lingkungan. Kemudian, Indonesia sebagai salah satu negara tropis memiliki ketersediaan buah kelapa yang cukup besar yang mampu menjamin ketersediaan bahan dasar arang tempurung kelapa sebagai sumber bahan karbon aktif.

Proses pembentukan (fabrikasi) tempurung kelapa menjadi arang tempurung dan karbon aktif memerlukan tahap-tahap meliputi persiapan bahan mulai dari pembersihan tempurung kelapa dari kotoran dan sisa serabut, pemanasan (pirolisis) untuk membentuk arang dan penggilingan untuk memperoleh ukuran tertentu hingga pengeringan. Selanjutnya dilakukan proses pengaktifan (aktivasi) yang dapat dilakukan secara kimia dengan

menggunakan larutan kimia maupun secara fisika dengan penggunaan gas atau uap pada suhu tertentu. Tujuan utama dari tahap-tahap proses tersebut adalah untuk menghasilkan karbon aktif dengan rapat jumlah pori yang tinggi dan terdistribusi seragam sehingga mampu bekerja optimum sebagai penyerap. Tulisan ini bertujuan memaparkan tinjauan awal dalam pembentukan karbon aktif berbahan arang tempurung kelapa yang meliputi proses pembentukan, sifat dan terapannya. Untuk itu hasil kajian awal dalam pembentukan dan karakterisasi sampel juga dipaparkan didalam tulisan ini.

2. Sifat dan Proses Pembentukan Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa

Komposisi kimia utama dari tempurung kelapa adalah selulosa (34%), hemiselulosa (21%) dan lignin (27%) sedangkan komposisi unsure terdiri dari 74.3 %C, 21.9 % O, 0.2 % Si, 1.4 % K, 0.5 % S and 1.7 % P [3]. Perubahan komponen dan kandungan tempurung kelapa menjadi arang tempurung kelapa ditunjukkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Perbandingan perubahan komponen dan kandungan bahan tempurung kelapa dan arang tempurung kelapa [2].

Bahan	Komponen	Kandungan (%)
Tempurung kelapa	<i>Moisture</i>	10.46
	<i>Volatile</i>	67.67
	Karbon	18.29
	Abu	3.58
Arang tempurung kelapa	<i>Volatile</i>	10.60
	Karbon	76.32
	Abu	13.08

Perubahan tempurung kelapa menjadi arangnya menghasilkan kandungan karbon yang tinggi dengan sedikit kenaikan prosentasi kandungan abu, menghilangkan kandungan *moisture* dan pengurangan kandungan *volatile*. Dibandingkan dengan arang bahan alami lain seperti arang batang buah jagung, gabah padi dan tempurung buah coklat (12 – 20% C), arang tempurung kelapa memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi [4,5] sehingga berpotensi sebagai sumber karbon aktif.

Karakteristik karbon aktif berbahan arang tempurung kelapa dinyatakan dengan ukuran partikel arang atau luas permukaan partikel, struktur pori dan rapat massanya [6,7,8]. Sebagai bahan penyerap, struktur pori dan distribusinya didalam bahan karbon arang tempurung kelapa merupakan faktor yang penting. Mula-mula, pori-pori bahan karbon terisi oleh bahan hidro karbon atau tar dan keduanya akan menguap selama proses pemanasan berlangsung sehingga membentuk pori-pori yang terbuka. Pori-pori terbuka ini penting karena larutan atau partikel akan terdifusi kedalam dan kemudian terserap oleh dinding-dinding pori. Namun demikian proses penyerapan ini pada dasarnya merupakan proses yang rumit karena melibatkan gaya-gaya Van der Waals, Coulomb dan sebagainya [9]. Berdasarkan rujukan IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), ukuran partikel pori dikelompokkan kedalam tiga kelompok yaitu pori mikro (< 2nm), porimeso (2 – 50 nm) dan porimakro (> 50 nm). Karbon aktif berbahan arang tempurung kelapa memiliki ukuran pori mikro dan makro bergantung pada parameter proses seperti suhu, tekanan dan keadaan atmosfer yang digunakan [6,7]. Pori mikro memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap partikel dibandingkan ukuran pori meso dan makro.

Ukuran partikel arang tempurung kelapa juga mempengaruhi kemampuan penyerapan khususnya dalam penyerapan limbah unsur-unsur logam berat dari limbah air buangan. Kemampuan penyerapan akan berkurang seiring dengan pengurangan ukuran partikel dari ~ 0.3 – 0.04 mm [10]. Partikel berbentuk bulat yang ukuran besar memiliki kemampuan penyerapan yang baik dan umumnya partikel karbon aktif berbahan arang tempurung kelapa yang digunakan adalah berukuran 3 – 4 mm.

Perubahan tempurung kelapa menjadi karbon aktif arang tempurung kelapa dilakukan dengan pemanasan melalui proses karbonisasi dan aktivasi[7]. Suhu dan waktu proses karbonisasi dan aktivasi berpengaruh terhadap sifat-sifat arang tempurung kelapa seperti ukuran dan distribusi pori, ukuran partikel dan kandungan bahan pencampur (*moisture*). Proses karbonisasi bertujuan untuk menghilangkan unsur-unsur bukan karbon seperti hidrogen (H) dan oksigen (O). Sedangkan proses aktivasi bertujuan untuk membentuk pori-pori didalam bahan melalui perpindahan unsur-unsur karbon (C) di dalam bahan tersebut yang dapat dilakukan melalui proses secara kimia maupun fisika. Aktivasi secara kimia dilakukan menggunakan larutan kimia sebagai agen aktivasi

atau dehidrasi seperti H_3PO_4 , $ZnCl_2$, K_2CO_3 , $NaOH$ dan KOH . Sedangkan aktivasi secara fisika dilakukan dengan menggunakan uap air, CO_2 atau pun campuran keduanya. Untuk menghindari pengotoran selama proses aktivasi berlangsung biasanya proses tersebut dilakukan dalam suasana gas lembam seperti argon atau nitrogen.

Proses persiapan dan perlakuan panas merupakan salah satu factor penentu dalam pembentukan karbon aktif seperti yang telah dilaporkan oleh beberapa peneliti berikut [6,7,8,11,12,13]. Sebagai tahap persiapan bahan awal dicuci dengan air desionisasi, kemudian digiling hingga partikel bahan berukuran kurang lebih 3 – 4 mm dan selanjutnya bahan dikeringkan dalam tungku pada suhu $110\text{ }^\circ\text{C}$ selama 48 jam. Kemudian dilakukan proses karbonisasi dalam suasana gas nitrogen pada variasi suhu 400 - $1000\text{ }^\circ\text{C}$ selama kurang lebih 1 – 2 jam. Selanjutnya proses aktivasi dilakukan pada variasi suhu relatif sama dengan variasi waktu 10-120 menit.

Teknik pemanasan dapat dilakukan dengan pemanasan biasa maupun dengan gelombang mikro. Pemanasan gelombang mikro memiliki keunggulan dalam hal jangka waktu pemanasan yang lebih pendek dan kemampuan penetrasi pemanasan yang lebih dalam [14].

3. Proses Produksi Arang Tempurung Kelapa

Proses produksi arang tempurung kelapa dilakukan melalui proses pemanasan pirolisis tempurung kelapa didalam tungku pemanas (kiln) selama kurang lebih 6 jam pada suhu berkisar antara $70 - 150^\circ\text{C}$. Proses ini disebut juga proses karbonisasi yang bertujuan untuk pembentukan kandungan karbon dan menghilangkan atau mengurangi kandungan tar pada arang. Sebelum proses dilakukan, tempurung kelapa dibersihkan dari kotoran dan sisa serabut yang menempel kemudian dikeringkan dengan cara penjemuran selama kurang lebih 2 – 3 hari [15]. Perubahan fisik dari tempurung kelapa menjadi arang tempurung kelapa ditunjukkan pada Gambar 1. Setelah proses pirolisis selesai yang ditandai dengan habisnya bahan tar yang menguap, arang tempurung ditiriskan (didinginkan), kemudian digiling sebanyak dua kali untuk membentuk serbuk arang tempurung kelapa dengan ukuran partikel dalam skala mikrometer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Satu kali penggilingan akan menghasilkan serbuk kasar sedangkan dua kali penggilingan akan menghasilkan serbuk halus.



(a)



(b)

Gambar 1. (a) Bahan dasar tempurung kelapa; (b) arang tempurung kelapa hasil pirolisis



(a)

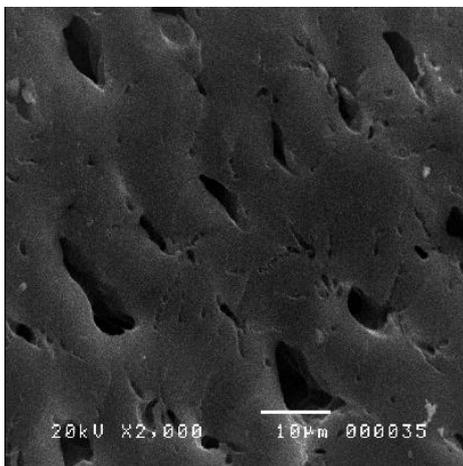


(b)

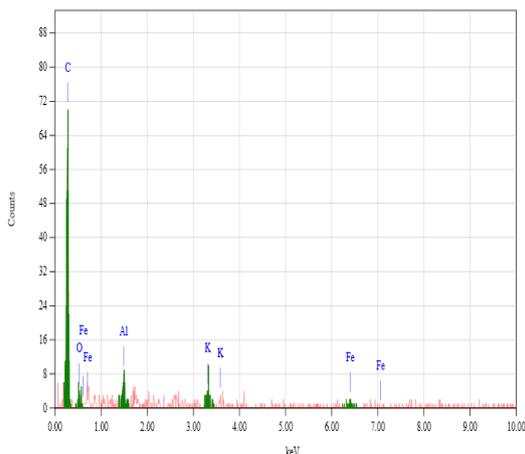
Gambar 2. Serbuk arang tempurung kelapa dalam (a) ukuran kasar hasil satu kali penggilingan; (b) dalam ukuran halus hasil dua kali penggilingan

4. Kajian Awal Sifat Arang Tempurung Kelapa

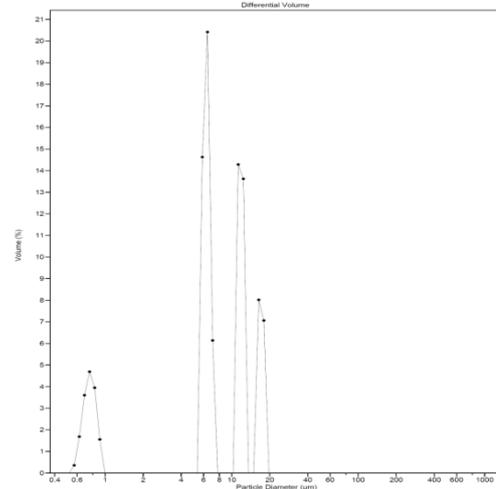
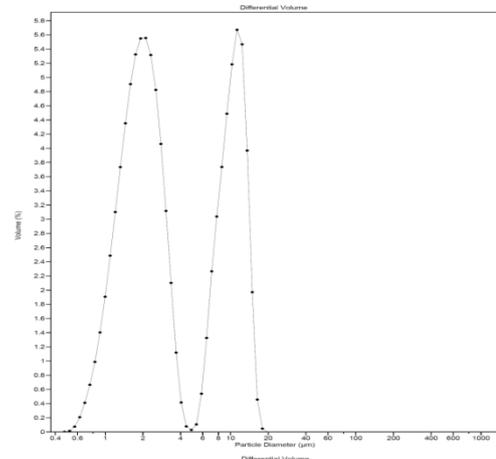
Hasil kajian awal SEM (*Scanning Electron Microscopy*) menunjukkan bahwa arang tempurung kelapa memiliki morfologi yang berpori (Gambar 3). Hal ini penting dalam kaitannya sebagai sifat penyerap. Komposisi kandungan unsur arang tempurung kelapa yang dianalisis dengan menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil EDS menunjukkan bahwa unsur utama dari arang tempurung kelapa adalah karbon (C) dengan presentase kandungan berat sebesar 82.92 % wt. Hasil kajian pada sebaran ukuran partikel serbuk arang tempurung kelapa yang diukur dengan menggunakan penganalisa ukuran partikel (*LS particle analyzer*) ditunjukkan oleh grafik hubungan antara presentasi volume terhadap ukuran partikel (Gambar 5).



Gambar 3. Foto SEM arang tempurung kelapa hasil pirolisis



Gambar 4 Hasil analisis EDS pada arang tempurung kelapa



Gambar 5. Sebaran ukuran partikel arang tempurung kelapa dalam (a) serbuk kasar; (b) serbuk halus

Partikel serbuk kasar yang dinyatakan dalam persentase volume diferensial (*differential volume*) tersebar kedalam ukuran 5.610 – 6.760 µm (41.14 %) dan 15.65 – 17.18 µm (32.83%). Sementara itu untuk partikel serbuk halus tersebar ke dalam ukuran 0.452 – 3.519 µm (99,77%). Hasil pengukuran sebaran ukuran partikel dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Sebaran ukuran partikel dari serbuk arang tempurung kelapa

Serbuk	Ukuran partikel (µm)	Diff. Volume %
Kasar	0.545 – 0.868	15.84
	5.610 – 6.760	41.14
	10.78 – 11.83	27.90
	15.65 – 17.18	32.83
Halus	0.452 – 3.519	99.77

5. Penutup

Arang tempurung kelapa memiliki potensi sebagai sumber karbon aktif dikarenakan kandungan unsur karbon yang tinggi hingga dapat mencapai 82.92 %wt. Pembentukan karbon aktif berbahan arang tempurung kelapa memerlukan beberapa tahap proses mulai dari persiapan hingga proses perlakuan yang melibatkan beberapa parameter proses penting seperti suhu dan waktu pemanasan serta suasana atmosfer yang digunakan.

Ucapan terima kasih

Disampaikan kepada staf dekanat FMIPA dan Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Negeri Jakarta serta tim pelaksana pengolahan tempurung kelapa dan asap cair.

DaftarAcuan

- [1]. Barakat, M.A. New trends in removing heavy metals from industrial wastewater. *Arabian Journal of Chemistry*, Vol. 4(2011), pp. 361–377.
- [2]. Mozammel, H.M., Masahiro, O., Bhattacharya SC. Activated charcoal from coconut shell using ZnCl₂ activation. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 22 (2002), pp. 397 – 400.
- [3]. Bledzki, A.K., Mamuna, A.A., Volk, J. Barley husk and coconut shell reinforced polypropylene composites: The effect of fibre physical, chemical and surface properties. *Composites Science and Technology*. Vol. 70(2010), pp. 840–846.
- [4]. Oladeji, J.T. Fuel Characterization of Briquettes Produced from Corn cob and Rice Husk Residues. *The Pacific Journal of Science and Technology*. Vol. 11. No. 1 (2010), pp. 101-106.
- [5]. M. Syamsiro dan Harwin Saptoadi. Pembakaran Briket Biomassa Cangkang Kakao; Pengaruh Temperatur Udara Preheat. *Seminar Nasional Teknologi*(2007).
- [6]. Yang, K., Peng, J., Srinivasakannan, C., Zhang, L., Xia, H., Duan, X. Preparation of high surface area activated carbon from coconut shells using microwave heating. *Bioresource Technology*, Vol. 101(2010), pp. 6163–6169.
- [7]. Li, W., Yang, K., Peng, J., Zhang, L., Guo, S., Xia, H. (2008). Effects of carbonization temperatures on characteristics of porosity in coconut shell chars and activated carbons derived from carbonized coconut shell chars. *Industrial Crops and Products*, Vol. 28, pp. 190–198.
- [8]. Amuda O.S. and Ibrahim A.O. (2006). Industrial wastewater treatment using natural materials adsorbent. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 5 (16), pp. 1483-1487.
- [9]. Khah, A. M. and Ansari, R. (2009). Activated Charcoal: Preparation, characterization and Applications : A review article. *International Journal of ChemTech Research*. Vol.1, No.4, pp 859-864.
- [10]. Pino, G.H., Mesquita, L.M.S., Torem, M.L., Pinto, G.A.S. (2006). Biosorption of cadmium by green coconut shell powder. *Minerals Engineering*, Vol. 19, pp. 380–387.
- [11]. Gratuito (2008). Production of activated carbon from coconut shell: Optimization using response surface methodology. *Bioresource Technology*, Vol. 99, pp. 4887–4895.
- [12]. Wei et al. Preparation of Microporous Activated Carbon from Raw Coconut. *Chinese J. ChemEng.*, Vol.14(2) (2006), pp. 266-269.
- [13]. Hoque M Mozammel et al. Activated charcoal from coconut shell using ZnCl₂ activation. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 22(2002), pp. 397 – 400.
- [14]. Li, W., Peng, J., Zhang, L., Yang, K., Xia, H., Zhang, S., Guo, S. Preparation of activated carbon from coconut shell chars in pilot-scale microwave heating equipment at 60 kW. *Waste Management*. Vol. 29(2009), pp. 756–760.
- [15]. Esmar Budi. Tinjauan proses pembentukan dan penggunaan arang tempurung kelapa sebagai bahan bakar. *Jurnal Penelitian Sains FMIPA Unsri*. Vol. 14, No. 4(2011), pp. 14406-25.