

**PENGARUH WAKTU PENGARANGAN TERHADAP KUALITAS
KARBON AKTIF DARI CANGKANG KETAPANG SEBAGAI
ADSORBEN DENGAN BANTUAN IRADIASI
GELOMBANG MIKRO**

Ayu maryani¹, Awitdrus²

¹Mahasiswa Program S1 Fisika
²Dosen Bidang Material Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia
ayumarya12@gmail.com

ABSTRACT

Activated carbon had successfully been made from shell of *Terminalia Catappa L* with variation of carbonization times and KOH assisted microwaved activation. The carbonization times were varied for 2 hours, 3 hours and 4 hours, and then activated with mass of granular carbon and KOH with a variation of 2:1. The aim of this research was to study the characteristics of shell of *Terminalia Catappa L* as the activated carbon that were represented by *yield*, surface morphology, cristalinity properties, surface area, and methylene blue adsorption of the activated carbon. The activated carbon was decreased with increasing of carbonization time. The results of X-ray diffraction indicated that all the activated carbon were in semicrystalline, with the presence of narrow peaks showed by diffraction angles of 2θ at 22.096° and 41.093° . The best of obtained surface area of activated carbon resulted from the carbonization time of 3 hours was $302,775 \text{ m}^2/\text{g}$. This surface area generated the highest methylene blue with value of adsorption of 81.9 mg/g .

Keywords : shell of *Terminalia Catappa L*, KOH, microwave irradiation, surface area and methylene blue adsorption

ABSTRAK

Telah berhasil dibuat karbon aktif dari cangkang buah Ketapang dengan variasi waktu pengarangan dan aktivasi kimia menggunakan KOH dengan bantuan iradiasi gelombang mikro. Waktu pengarangan divariasikan selama 2 jam, 3 jam dan 4 jam, dan diaktivasi menggunakan KOH dengan rasio massa granular dan KOH adalah 2:1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik cangkang buah Ketapang sebagai karbon aktif melalui analisa *yield* karbon aktif, morfologi, struktur mikro, luas permukaan dan daya serap terhadap metilen biru karbon aktif. Karbon aktif menurun seiring dengan naiknya waktu karbonisasi. Hasil difraksi sinar-X menunjukkan karbon aktif memiliki pola semikristalin yang ditandai dengan kehadiran puncak landai pada sudut 2θ pada $22,096^\circ$ dan $41,093^\circ$. Luas permukaan terbaik adalah pada waktu pengarangan 3 jam yaitu $302,775 \text{ m}^2/\text{g}$.



Luas permukaan ini menghasilkan daya serap terhadap metilen biru tertinggi yaitu 81,9 mg/g.

Kata kunci : cangkang buah Ketapang, KOH, iradiasi gelombang mikro, luas permukaan dan daya serap metilen biru

PENDAHULUAN

Industri pembuatan karbon aktif di Indonesia telah mengalami kemajuan yang cukup pesat. Penyebabnya adalah semakin meningkatnya permintaan pasar, baik di dalam negeri maupun untuk diekspor ke luar negeri. Peningkatan kebutuhan akan karbon aktif ini diakibatkan oleh semakin banyaknya aplikasi karbon aktif untuk industri dan berbagai peralatan bantu manusia. Karbon aktif dapat dipergunakan untuk berbagai industri, antara lain industri obat-obatan, makanan, minuman, penjernihan air dan lain-lain (Pari dkk, 2001).

Karbon aktif adalah bahan karbon berpori yang telah mengalami reaksi dengan gas atau dengan penambahan bahan kimia (KOH, NaOH, $ZnCl_2$) sebelum, selama atau setelah karbonisasi untuk meningkatkan daya serapnya. Karbon aktif merupakan adsorben yang paling umum digunakan dalam proses adsorpsi untuk menghilangkan berbagai macam kontaminan organik. Proses adsorpsi menggunakan karbon aktif membutuhkan biaya yang cukup mahal (Sun et al, 2013). Hal ini mendorong berbagai penelitian untuk menciptakan karbon aktif dengan harga terjangkau, salah satunya dengan menggunakan biomassa sebagai bahan baku.

Cangkang buah Ketapang merupakan biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan karbon aktif karena memiliki kandungan lignin, selulosa yang tinggi. Selain itu, cangkang buah Ketapang banyak ditemukan di lingkungan Universitas Riau dan belum dimanfaatkan dengan baik hanya menjadi limbah.

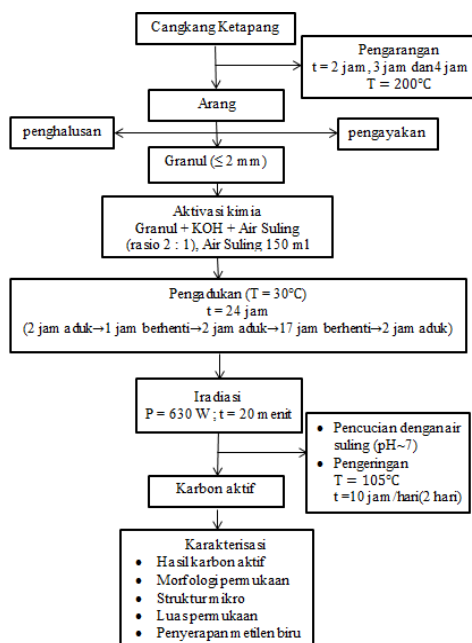
Menurut Kurniaty (2009) ada dua metode aktivasi yang dapat digunakan pada pembuatan karbon aktif yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Aktivasi kimia adalah pengaktifan arang menggunakan bahan kimia sebagai agen pengaktif seperti KOH, $ZnCl_2$ dan sebagainya. Aktivasi fisika adalah pengaktifan arang menggunakan panas, uap, dan CO_2 dengan suhu tinggi dan sistem tertutup tanpa udara sambil dialiri gas inert. Pada penelitian ini karbon diaktifkan dengan pengaktifan kimia. Aktivasi kimia memiliki keunggulan dibandingkan aktivasi fisika, diantaranya pada proses aktivasi kimia suhu yang digunakan umumnya lebih rendah dan produk yang dihasilkan lebih.

Karbon yang diaktifkan dengan pengaktifan kimia selanjutnya harus diberi pemanasan untuk menghilangkan volatil yang tersisa selama proses aktivasi. Pada penelitian ini pemanasan dilakukan menggunakan gelombang mikro. Pengaktifan karbon menggunakan pemanasan gelombang mikro

memiliki beberapa keunggulan yaitu efisiensi energi yang tinggi dan waktu pemanasan yang relatif singkat. Waktu pengarangan pada penelitian ini divariasikan untuk mengetahui waktu pengarangan terbaik dalam pembuatan karbon aktif dari cangkang buah Ketapang.

METODE PENELITIAN

Proses pembuatan karbon aktif secara lengkap dapat dilihat dalam Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penyusutan Massa Karbon dan Yield Karbon Aktif Cangkang Ketapang

Pengarangan yang dilakukan meliputi 3 variasi waktu pengarangan yaitu 2 jam, 3 jam dan 4 jam. Data

persentase penyusutan massa karbon dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentase penyusutan karbon setelah proses pengarangan

No	Waktu pengarangan (Jam)	Massa (g)		Penyusutan massa (%)
		Sebelum	Setelah	
1	2	150	107,44	28,37
2	3	150	97,09	35,27
3	4	150	83,16	44,56

Berdasarkan hasil yang diperoleh seperti terlihat pada Tabel 1 menunjukkan bahwa penyusutan massa berbanding lurus dengan waktu pengarangan, di mana semakin lama waktu pengarangan maka penyusutan massa bahan akan semakin besar pula. Hal ini dikarenakan pemanasan yang diberikan saat proses karbonisasi berlangsung dapat menghilangkan komponen-komponen yang terkandung didalam sampel sehingga hanya tersisa arang atau karbonnya saja.

Data *yield* karbon aktif yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2. Sampel A, B dan C adalah sampel yang masing-masing telah mengalami proses pengarangan selama 2 jam, 3 jam dan 4 jam.

Tabel 2. Data *yield* karbon aktif

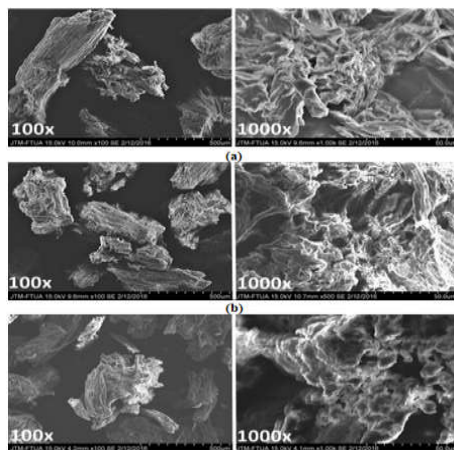
No	Sampel	Massa (g)		Penyusutan massa (%)	Yield karbon aktif (%)
		Sebelum iradiasi	Setelah iradiasi		
1	A	30	9,85	67,17	32,83
2	B	30	7,91	73,63	26,37
3	C	30	5,40	82,00	18,00

Tabel 2 menunjukkan *yield* karbon aktif mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu pengarangan. Penurunan *yield* karbon aktif ini disebabkan adanya reaksi antara karbon dengan uap air dan semakin meningkat dengan bertambahnya waktu pengarangan. Karbon yang bereaksi menjadi CO₂

dan H₂ menjadi banyak, sebaliknya jumlah karbon yang dihasilkan semakin sedikit, oleh karena itu karbon aktif sampel A memiliki *yield* yang paling tinggi yaitu sekitar 32,83%, sedang sampel B memiliki *yield* sekitar 26,37% dan sampel C memiliki *yield* terendah yaitu sekitar 18,00%. Karbon yang bereaksi menjadi CO₂ dan H₂ menjadi banyak, sebaliknya jumlah karbon yang dihasilkan semakin sedikit, oleh karena itu karbon aktif sampel A memiliki *yield* yang paling tinggi yaitu sekitar dan sampel C memiliki *yield* terendah.

2. Analisa Morfologi Permukaan Karbon Aktif

Karbon aktif dari cangkang buah Ketapang yang dihasilkan dikarakterisasi morfologi permukaannya menggunakan Mikroskop Pindaian Elektron (SEM) dengan perbesaran 100x dan 1000x. Hasil analisa menggunakan SEM terlihat pada Gambar 2.

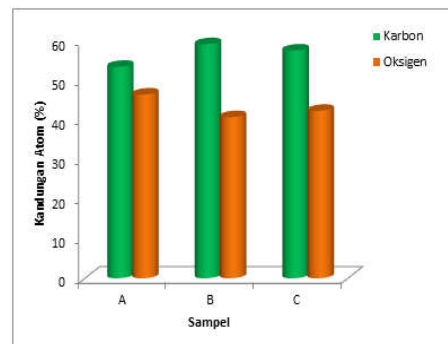


Gambar 2. Morfologi permukaan karbon aktif masing-masing waktu pengarangan (a) 2 jam (b) 3 jam (c) 4 jam

Pada Gambar 2 terlihat bahwa pori-pori yang terbentuk pada sampel A sedikit, ini terjadi karena pada sampel A pori masih banyak yang tertutup oleh zat dan volatil dikarenakan kurangnya waktu pengarangan. Pori-pori sampel B terlihat lebih jelas meskipun hanya pori makro saja, karena keterbatasan alat. Pada sampel C terlihat bahwa pori-pori yang terbentuk tidak terlihat begitu jelas.

3. Analisa Energi Dispersif Sinar-X

Salah satu teknik analisa yang digunakan untuk menganalisa jenis unsur, persentase berat dan persentase atom adalah dengan karakterisasi energi dispersif sinar-X. Gambar 3 menunjukkan hasil analisa energi dispersif sinar-X terhadap karbon aktif terhadap sampel A, B dan C.



Gambar 3. Persentase kandungan elemen karbon aktif

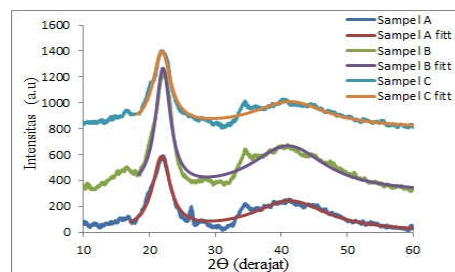
Gambar 3 menunjukkan karbon aktif dengan kadar persentase karbon tertinggi adalah pada sampel B yaitu dengan persentase 59,23%, dan kadar oksigen sebesar 40,77%. sampel C memiliki kadar karbon dengan persentase karbon 57,63%, dan kadar oksigen 42,37%, sedangkan karbon

aktif sampel A memiliki kadar karbon terendah yaitu 53,52%, dan kadar oksigen 46,48%.

Menurut Pari (2004) kadar karbon dipengaruhi oleh kadar abu dan kadar zat mudah menguap, karena kadar karbon merupakan hasil pengurangan dari kedua faktor tersebut. Kadar karbon juga sangat dipengaruhi oleh jenis bahan baku, karena kadar abu dan kadar zat mudah menguap berbeda untuk setiap bahan baku. Semakin tinggi kadar abu dan zat mudah menguapnya maka semakin rendah kadar karbonnya.

4. Struktur Mikro Karbon Aktif

Karakterisasi yang digunakan untuk mengetahui struktur mikro dari karbon aktif yang dihasilkan adalah dengan analisa XRD. Hasil analisa menggunakan XRD terlihat seperti gambar 4.



Gambar 4. Difraktogram XRD karbon aktif cangkang buah Ketapang pada berbagai waktu pengarangan

Gambar 4 merupakan difraktogram XRD karbon aktif untuk sampel A, B dan C. Pada sampel A memiliki 2 puncak yaitu puncak (002) pada sudut $2\theta=21,837$ dan puncak (100) pada sudut

$2\theta=41,370$. Karbon aktif sampel B puncak (002) pada sudut $2\theta=22,096$ dan puncak (100) pada sudut $2\theta=41,093$, sedang sampel C puncak (002) pada sudut $2\theta=21,904$ dan puncak (100) pada sudut $2\theta=41,369$. Pergeseran puncak difraksi yang terjadi menunjukkan adanya perubahan jarak antar atom pada sampel yang menyebabkan perubahan pada jarak antar bidang.

Jarak antar bidang dari pola XRD dapat ditentukan dengan metode *fitting* yang berfungsi untuk mengetahui jarak antar bidang dan memperbaiki susunan data sehingga mempermudah dalam mengolah data. Jarak antara bidang (d_{002}) dan (d_{100}) dan dimensi mikrokristalin tinggi timbunan (L_c) dan lebar timbunan (L_a) dihitung dari data difraksi sinar-X yang berhubungan dengan intensitas masing-masing puncak difraksi (002) dan (100) dengan menggunakan Persamaan Debye-Scherrer (Awitdrus et al, 2010):

$$L_{c,a} = \frac{KA}{\beta_{c,a} \cos \theta}$$

Data fitting yang diperoleh menggunakan *software Microcal Origin* ditampilkan pada Tabel 3 berikut.

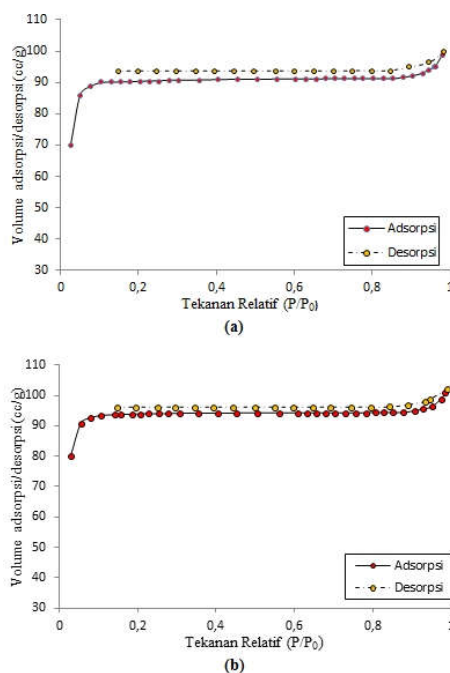
Tabel 3. Jarak antar bidang sampel berdasarkan hasil XRD untuk sampel dengan variasi waktu pengarangan

Sampel	2θ		Jarak Antar Bidang (nm)		Dimensi Mikrokristalin (nm)		Np
	(002)	(110)	d_{002}	d_{100}	L_c	L_a	
A	21,837	41,370	0,40667	0,21807	2,63648	1,10872	6,48120
B	22,096	41,093	0,40197	0,21947	3,18813	1,10017	7,93129
C	21,904	41,369	0,40545	0,21807	2,68284	1,10101	6,61694

Tabel 3 menunjukkan bahwa karbon aktif dengan waktu pengarangan 3 jam memiliki nilai L_c yang lebih besar dibandingkan dengan 2 jam dan 4 jam, tetapi nilai L_a karbon aktif dengan waktu pengarangan 3 jam memiliki nilai yang terendah. Jumlah lapisan mikrokristalin (N_p) sampel B lebih banyak dibandingkan dengan sampel A dan sampel C. Semakin besar nilai tinggi lapisan (L_c) maka luas permukaan karbon aktifnya semakin tinggi (Boyea *et al*, 2007; Qu, 2002).

5. Analisa Luas Permukaan Karbon Aktif

Kurva adsorpsi desorpsi yang dihasilkan dari pengujian BET dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan volume adsorpsi /desorpsi terhadap tekanan relatif gas N_2 untuk (a) sampel A (b) sampel B

Gambar 5 (a) dan 5 (b) menunjukkan bahwa kurva adsorpsi dan desorpsi yang dihasilkan mendekati Tipe 1 yang mencirikan material terdiri dari mikropori menurut klasifikasi IUPAC (Sing *et al*, 1985), yang ditandai dengan adanya kenaikan grafik yang curam pada tekanan yang relatif rendah yaitu 0-0,1. Kenaikan yang curam mengidentifikasi karbon aktif berukuran mikropori (<2 nm) (Janes *et al*, 2007). Pada tekanan relatif 0,1–0,9 adanya garis kestabilan yang mengindikasikan adanya karbon aktif berukuran mesopori. Pada tekanan relatif >0,9 volume meningkat cepat seiring dengan peningkatan tekanan relatif, hal ini menunjukkan karbon aktif berukuran makropori.

Analisis kuantitatif dari data isothermal adsorpsi/desorpsi dengan menggunakan metode BET dilakukan untuk mengetahui luas permukaan dan diameter pori rata-rata karbon aktif sampel A dan sampel B ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian luas permukaan karbon aktif

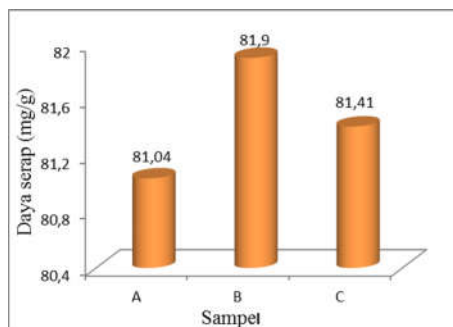
No	Sampel	Luas Permukaan (m^2/g)	Diameter pori rata-rata (nm)
1	A	299,596	3,0732
2	B	302,775	3,0659

Tabel 4 menunjukkan bahwa sampel B memiliki luas permukaan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sampel A di mana sampel B memiliki luas permukaan sekitar 302,775 m^2/g , sedangkan sampel B memiliki luas permukaan sebesar 299,596 m^2/g . Diameter pori rata-rata karbon aktif sampel B lebih rendah daripada karbon aktif sampel A yaitu sebesar 3,0659 nm dan diameter rata-rata sampel A adalah 3,0732 nm. Berdasarkan hasil uji BET dapat

dikatakan bahwa waktu pengarangan yang optimum dalam pembuatan karbon aktif dengan menggunakan bahan baku cangkang buah Ketapang adalah dengan waktu 3 jam.

6. Daya Serap Karbon aktif

Daya serap karbon aktif dapat diketahui dengan menggunakan uji metilen biru. Hasil uji daya serap karbon aktif terhadap metilen biru dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Daya serap karbon aktif terhadap metilen biru

Gambar 6 menunjukkan bahwa daya serap karbon aktif memiliki daya serap yang berbeda tergantung waktu pengarangannya. Karbon aktif dengan waktu pengarangan 2 jam memiliki daya serap sebesar 81,04 mg/g. Karbon aktif dengan waktu pengarangan 4 jam memiliki daya serap yang lebih tinggi dibandingkan waktu 2 jam yaitu sekitar 81,41 mg/g, sedangkan karbon aktif dengan daya serap terbaik adalah pada waktu pengarangan 3 jam yaitu dengan daya serap sebesar 81,9 mg/g.

Hasil penelitian ini jauh berbeda dengan penelitian yang dihasilkan Pujiarti dan Sutapa (2005) menggunakan limbah kayu mahoni. Daya serap karbon aktif yang rendah kemungkinan disebabkan pada permukaan karbon aktif masih

terdapat senyawa hidrokarbon yang tidak menguap saat proses aktivasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa waktu pengarangan optimum dalam pembuatan karbon aktif dari cangkang buah Ketapang adalah waktu pengarangan 3 jam dengan keterangan unsur karbon 59,23% dan kandungan oksigen 42,37%, L_c cukup tinggi yaitu 3,18813 dan L_a yaitu 1,10017, luas permukaan yaitu 302,775 m^2/g serta daya serap terhadap metilen biru 81,9 mg/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Universitas Riau atas dukungan dana Penelitian Hibah Bersaing dengan No. Kontrak 460/UN.19.5.1.3/LT/2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Boyea, J.M., Camocho, S.P dan Ready, W.J. 2007. Carbon Nanotubes-Based Supercapacitor. *Technologies and markets*. 4 (1) : 585-593
- Janes, A., Kurig, H., dan Lust, E., 2007. Characterisation of Activated Nanoporous Carbon for Supercapacitor Electrode Materials. *Carbon* 45 : 1226-1233.
- Kurniati, E. 2008. Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Arang Aktif. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik* 8(2) : 96-103.

- Pari, G., dan Sailah, I. 2001. Pembuatan Arang Aktif dari Sabut Kelapa Sawit Dengan Bahan Pengaktif NH_4HCO_3 dan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ Dosis Rendah. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 19 : 231-244.
- Pari, G., Sofyan, K., Syafii, dan Buchari. 2004. Pengaruh Lama Aktivasi terhadap Struktur dan Mutu Arang Aktif Serbuk Gergaji Jati. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan* 16(2) : 70-80.
- Pujiarti, R dan Sutapa, G. 2005. Mutu Arang Aktif dari Limbah Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla* King) sebagai Penjernih Air. *Jurnal Ilmu & Teknologi Kayu Tropis* 3(2) : 33-38.
- Qu, D. 2002. Studies of the Activated Carbon Used in Double Layer Supercapacitor. *Journal of Power Source* 109(3) : 403-411.
- Sing, K.S.W., Everett D.H., Haul R.A., Moscou L., Pierotti R.A., Rouquerol J., dan Siemieniewska T. 1985. Reporting Physisorption Data for Gas/Solid Systems with Special Reference to the Determination of Surface Area and Porosity. *Pure Appl Chem* 57 : 603.
- Sun, D., Zhang, Z., Wang, M., dan Wu, Y. 2013. Adsorption of Reactive Dyes on Activated Carbon Developed from Enteromorpha Prolifera. *American Journal of Analytical Chemistry* 4 : 17-26.

