

PENGARUH WAKTU IRADIASI GELOMBANG MIKRO TERHADAP KUALITAS KARBON AKTIF DARI CANGKANG BUAH KETAPANG SEBAGAI ADSORBEN

Al Annur¹, Awitdrus²

Mahasiswa Program Studi S1 Fisika¹
Dosen Bidang Material Jurusan Fisika²
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia
alannur22@yahoo.com

ABSTRACT

The fabrication of activated carbon made from shell of *Terminalia Catappa L* has been carried out using chemical activation methods assisted by microwave irradiation. The irradiation times was varied of 15, 20 and 25 minutes. The aims of this study is to determine the morphological characteristics, microstructure, surface area and the adsorption of activated carbon to the methylene blue, and to know the influence of microwave irradiation time variations to the quality of activated carbon as adsorbent. The results showed that the best characteristic was the activated carbon with microwave irradiation time of 15 minutes resulted microcrystallite dimension with L_c and L_a were 3.3494 and 1.0239 respectively, surface area of 304.82 m^2 / g and the methylene blue adsorption of 82.46 mg / g . The result of methylene blue adsorption test exhibited that the time variation of microwave irradiation affected the quality of the adsorption of activated carbon that has been produced.

Keywords : chemical activation, microwave irradiation, activated carbon, surface area and methylene blue.

ABSTRAK

Telah dilakukan pembuatan karbon aktif dari cangkang *Terminallia Catappa L* menggunakan metode aktivasi kimia berbantuan iradiasi gelombang mikro. Waktu iradiasi divariasikan selama 15, 20 dan 25 menit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik morfologi, struktur mikro, luas permukaan, daya serap karbon aktif terhadap metilen biru dan mengetahui pengaruh variasi waktu iradiasi gelombang mikro terhadap kualitas karbon aktif sebagai adsorben. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik terbaik adalah karbon aktif dengan waktu iradiasi gelombang mikro 15 menit menghasilkan dimensi mikrokristalit dengan L_c dan L_a masing-masing sebesar 3,3494 dan 1,0239, luas permukaan 304,82 m^2/g dan daya serap metilen biru sebesar 82,46 mg/g . Hasil uji penyerapan metilen biru menunjukkan bahwa variasi waktu iradiasi gelombang mikro mempengaruhi kualitas adsorpsi dari karbon aktif yang telah dihasilkan.

Kata kunci : aktivasi kimia, iradiasi gelombang mikro, karbon aktif, luas permukaan dan metilen biru.



PENDAHULUAN

Ketapang atau *Terminalia Catappa L* tersebar luas di Indonesia dari Sumatera sampai Papua. Tanaman ketapang banyak tumbuh disekitar kampus Universitas Riau sebagai tanaman peneduh dan menghasilkan limbah berupa buah ketapang. Cangkang dari buah Ketapang ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan karbon aktif.

Karbon aktif adalah suatu bahan yang berupa karbon amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta mempunyai kemampuan daya serap (adsorpsi) yang baik. Karbon aktif digunakan sebagai penyerap dalam industri kimia, obat-obatan, makanan, minuman dan dalam jumlah yang sedikit karbon aktif juga digunakan sebagai katalisator. Hampir 70% produk karbon aktif yang digunakan untuk pemurnian dalam sektor minyak kelapa, farmasi dan kimia (Pari, 2001).

Karbon aktif dapat menjadi produk unggulan bila didukung dengan peran aktif pemerintah maupun swasta yang akan meningkatkan produktivitas dan kualitas karbon aktif. Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas karbon aktif adalah dengan melakukan penelitian terhadap sumber biomassa yang berpotensi sebagai bahan baku karbon aktif yang berkualitas (Sujarwo, 2007). Beberapa tahun terakhir ini, telah banyak dilakukan penelitian pembuatan karbon aktif dari berbagai sumber biomassa diantaranya tempurung kelapa (Pambayun dkk, 2013), kulit biji kopi

(Purnomo, 2010), limbah cangkang sawit (Widyastuti dkk, 2013), ampas tebu (Asbahani, 2013), dan masih banyak yang lainnya.

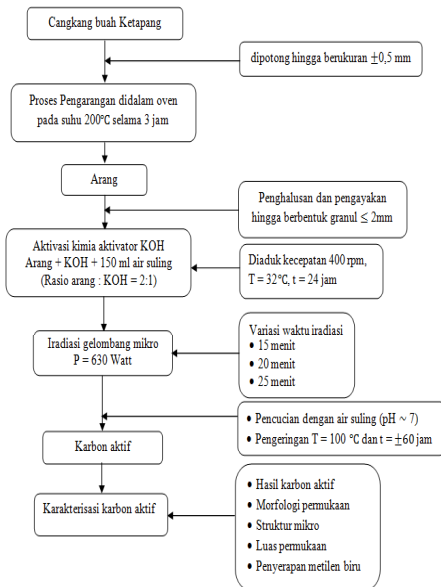
Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan proses karbonisasi dan dilanjutkan dengan proses aktivasi. Aktivasi adalah proses perlakuan terhadap karbon untuk membuka pori karbon. Aktivasi karbon aktif dapat dilakukan melalui 2 cara, yaitu aktivasi secara kimia dan aktivasi secara fisika (Kinoshita, 1988). Aktivasi kimia dilakukan dengan merendam material karbon dengan bahan-bahan kimia seperti HCl, H₃PO₄, dan KOH sebagai aktivator kemudian dilakukan proses pemanasan. Biasanya, proses pemanasan dilakukan dengan metode pemanasan konvensional dengan menggunakan *furnance*, namun baru-baru ini teknologi pemanasan dengan gelombang mikro telah diterapkan dalam penelitian pembuatan karbon aktif. Hal ini dikarenakan memanaskan bahan dengan gelombang mikro dapat mempersingkat waktu dan mengurangi konsumsi energi.

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan karbon aktif dengan memanfaatkan cangkang dari buah Ketapang yang diaktivasi secara kimia dengan aktivator KOH dan dibantu dengan iradiasi gelombang mikro dengan variasi waktu iradiasi. Karbon aktif tersebut selanjutnya akan dikarakterisasi dengan tujuan mengetahui kualitas dari karbon aktif yang telah diproduksi agar dapat dimanfaatkan sebagai adsorben.

METODE PENELITIAN

Diagram alir pembuatan karbon aktif dari cangkang buah Ketapang

diperlihatkan pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Diagram Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Yield Karbon Aktif

Karbon aktif dari cangkang buah ketapang yang diproduksi dalam penelitian ini dihitung *yield* karbon aktifnya dengan menggunakan persamaan (1). Data hasil perhitungan *yield* karbon aktif dari cangkang buah ketapang dapat dilihat pada Tabel 1.

$$H (\%) = \frac{m_f}{m_o} \times 100\% \quad (1)$$

di mana H adalah hasil karbon aktif, m_f adalah massa karbon aktif setelah diaktivasi dan m_o adalah massa karbon aktif sebelum diaktivasi.

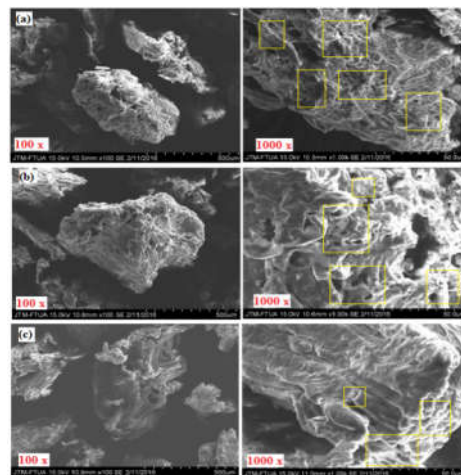
Tabel 1. *Yield* Karbon Aktif

Sampel	Waktu iradiasi (menit)	Massa awal (m_o)(g)	Massa akhir (m_f)(g)	Yield karbon aktif (%)
1	15	30	10,47	34,90
2	20	30	8,94	29,80
3	25	30	7,97	26,57

Tabel 1 menunjukkan bahwa *yield* karbon aktif yang dihasilkan dalam penelitian ini semakin berkurang seiring dengan bertambahnya waktu iradiasi gelombang mikro dengan besar *yield* karbon aktif untuk waktu iradiasi 15 menit, 20 menit dan 25 menit masing-masing adalah 34,90%, 29,80% dan 26,57%. Berkurangnya *yield* karbon aktif ini karena iradiasi gelombang mikro yang menyebabkan menguapnya air, senyawa *volatile* dan zat-zat yang terdapat didalam pori-pori karbon aktif sehingga menyebabkan pori-pori karbon aktif semakin besar dan berkurangnya *yield* karbon aktif.

2. Morfologi Permukaan Karbon Aktif

Morfologi permukaan karbon aktif dilakukan dengan menggunakan uji SEM (JTM-FTUA 15.0kV). Gambar 2 menunjukkan mikrograf SEM karbon aktif dari cangkang buah ketapang dengan waktu iradiasi gelombang mikro 15 menit, 20 menit dan 25 menit dengan perbesaran 100x dan 1000x.

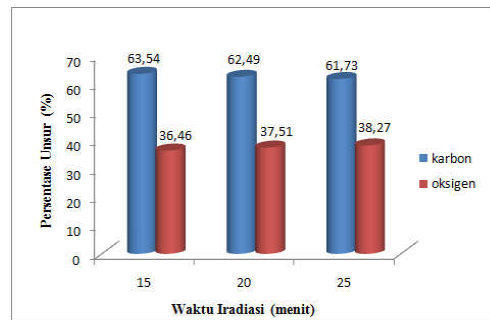


Gambar 2. Gambar mikro karbon aktif cangkang ketapang

Pada Gambar 2 (a) terlihat bahwa pori-pori eksternal yang lebih teratur, seragam dan lebih banyak dibandingkan dengan Gambar 2 (b) dan (c). Pada karbon aktif dengan waktu iradiasi 15 menit (Gambar 2 (a)) juga terlihat bahwa pori-pori yang terlihat adalah makropori. Makropori ini berguna untuk menyediakan jalan untuk adsorbat menuju mikropori dan mesopori didalam partikel karbon aktif cangkang Ketapang. Pada Gambar 2 (b) terlihat bahwa pemberian iradiasi gelombang mikro dengan waktu 20 menit mulai merusak permukaan eksternal karbon aktif sehingga menyebabkan rusaknya pori-pori pada permukaan karbon aktif. Menurut Deng dkk, (2010) pori-pori karbon akan rusak ketika waktu iradiasi gelombang mikro mencapai nilai tertentu seperti terlihat pada Gambar 2 (c) pemberian iradiasi gelombang mikro dengan waktu 25 menit menyebabkan rusaknya pori-pori mikro dan meso sehingga pori-pori yang terbentuk terlalu besar dan menyebabkan kecilnya luas permukaan karbon aktif. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu reaksi, iradiasi gelombang mikro yang dipancarkan semakin besar sehingga radiasi yang diserap oleh komponen reaksi dalam karbon aktif semakin besar pula (Setyarini, 2010).

3. Analisis Energi Dispersif Sinar-X

Pengujian energi dispersif sinar-X (EDX) terhadap karbon aktif dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur dan besarnya persentase atom dari unsur yang terkandung dalam karbon aktif.



Gambar 3. Hasil uji EDX karbon aktif

Hasil uji EDX karbon aktif pada Gambar 3 terlihat bahwa terdapat karbon dan oksigen yang terkandung dalam ketiga sampel. Persentase atom pada karbon aktif dengan waktu iradiasi 15 menit lebih besar dari karbon aktif dengan waktu iradiasi 20 menit dan 25 menit yaitu karbon 63.54% dan 36.46%. Persentase karbon dan oksigen karbon aktif dengan waktu iradiasi 20 menit masing-masing adalah 62.49% dan 37.51%. Persentase karbon dan oksigen karbon aktif dengan waktu iradiasi 25 menit adalah 62.49% dan 37.51%.

Kandungan karbon yang didapatkan dari hasil uji EDX terhadap karbon aktif dari cangkang buah ketapang pada penelitian ini tergolong rendah sebagai akibat kurangnya pemanasan untuk mengubah selulosa, hemiselulosa dan lignin menjadi karbon. Menurut Marsh dan Reinoso (2006) kandungan karbon berjumlah 90% apabila dipanaskan pada suhu 927°C dan 99% jika dipanaskan pada suhu 1327°C dan juga tergantung pada biomassa bahan baku karbon yang digunakan.

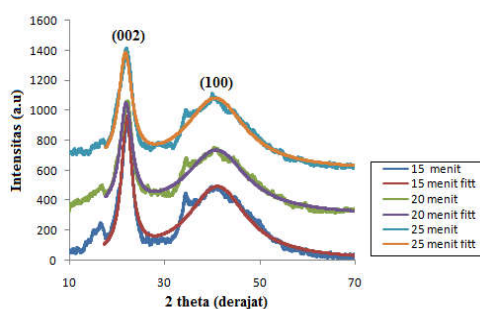
4. Struktur Mikro Karbon Aktif

Karakterisasi struktur mikro karbon aktif dilakukan dengan menggunakan uji difraksi sinar-X

(XRD) dengan sudut 2θ . Hasil karakterisasi difraksi sinar-X menunjukkan pola difraksi sinar-X pada karbon aktif dari cangkang buah ketapang didapatkan dua puncak pada sudut 2θ seperti yang terlihat pada Gambar 4.

Pola difraksi yang dihasilkan menyerupai pola difraksi yang dihasilkan oleh Warchid dan Darminto (2012) dengan bahan pemula tempurung kelapa. Pada Gambar 4.4 terlihat adanya pergeseran puncak difraksi pada sudut 2θ , baik pada karbon aktif dengan waktu iradiasi 15, 20 dan 25 menit. Pergeseran ini menunjukkan bahwa adanya perubahan jarak antar atom pada sampel sehingga terjadi perubahan pada jarak antar bidang.

Struktur mikro karbon aktif yang terbentuk adalah struktur *turbostratic* yang ditandai dengan puncak mayor dan minor masing-masing pada orientasi bidang (002) dan (100) pada sudut 2θ . Struktur *turbostratic* merupakan kristal mikro yang menyerupai grafit dengan arah orientasi acak dan terdistribusi ke seluruh sampel (Awitdrus *et al.*, 2010).



Gambar 4. Pola difraksi sinar-X karbon aktif cangkang buah ketapang

Uji difraksi sinar-X (XRD) juga digunakan untuk mencari besar sudut

2θ , lebar puncak setengah maksimum yang kemudian diolah untuk mengetahui d_{hkl} dan untuk penghitungan tinggi lapisan (L_c) serta jumlah lapisan (N) mikrokristalin karbon aktif dengan menggunakan *software microcal origin*. Metode fitting menggunakan *microcal origin* juga berfungsi untuk memperbaiki susunan data sehingga mempermudah proses pengolahan data. Jarak antara bidang (d_{002} dan d_{100}), 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) dari karbon aktif cangkang buah Ketapang dengan menggunakan Persamaan Bragg dan Debye-Scherrer berikut:

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (2)$$

$$L_a = \frac{K\lambda}{\beta_a \cos \theta} \quad (3)$$

$$L_c = \frac{K\lambda}{\beta_c \cos \theta} \quad (4)$$

Data yang diperoleh dari hasil fitting menggunakan *software Microcal Origin* dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Data parameter kisi dimensi mikrokristalit

Waktu Iradiasi (menit)	2θ		Jarak Antar Bidang (nm)		Dimensi Mikrokristalin (nm)	
	(002)	(100)	d_{002}	d_{100}	L_c	L_a
15	22,075	41,123	0,4023	0,0219	3,3494	1,0239
20	21,931	40,928	0,4049	0,0220	2,7943	1,1331
25	21,808	40,558	0,4072	0,0222	2,5769	1,1534

5. Luas Permukaan Karbon Aktif

Luas permukaan spesifik merupakan suatu parameter yang sangat penting dalam menentukan kualitas dari suatu karbon aktif

sebagai adsorben karena luas permukaan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi daya serap dari suatu adsorben. Pada penelitian ini karakterisasi luas permukaan spesifik dan ukuran pori karbon aktif dilakukan uji BET dengan isotherm adsorpsi desorpsi menggunakan Nitrogen (N₂) sebagai adsorbat. Sampel yang diuji adalah karbon aktif dari waktu iradiasi 15 dan 25 menit.

Luas permukaan dan diameter rata-rata karbon aktif diperoleh dengan melakukan analisis kuantitatif dari data isoterma adsorpsi/desorpsi dengan menggunakan metode BET yang hasilnya ditunjukkan Tabel 3.

Tabel 3. Luas Permukaan karbon aktif

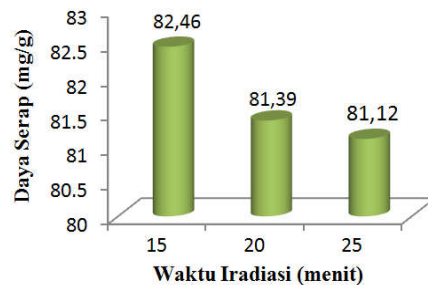
No	Sampel	Luas Permukaan (m ² /g)	Diameter Pori Rata-Rata (nm)
1	15 menit	304,82	3,0247
2	25 menit	299,88	3,0608

Tabel 3 menunjukkan luas permukaan karbon aktif pada sampel dengan waktu iradiasi 15 menit sebesar 304,82 m²/g lebih besar dibandingkan luas permukaan karbon aktif dengan waktu iradiasi 25 menit sebesar 299,88 m²/g. Hal ini menunjukkan bahwa pemanasan dengan waktu iradiasi 15 menit optimum dalam pembentukan karbon aktif. Pada sampel dengan waktu iradiasi 25 menit terlihat bahwa luas permukaan karbon aktif berkurang, hal ini disebabkan oleh waktu iradiasi yang terlalu lama akan menyebabkan kerusakan pada struktur karbon sehingga pori-pori yang terbentuk terlalu besar seperti yang terlihat pada hasil SEM dan mengakibatkan rendahnya luas permukaan. Luas permukaan karbon aktif berbanding terbalik dengan diameter pori rata-rata karbon aktif yaitu sebesar 3,0247

nm untuk karbon aktif dengan waktu iradiasi 15 menit dan sebesar 3,0608 nm untuk karbon aktif dengan waktu iradiasi 25 menit.

6. Daya Serap Karbon Aktif

Pengujian adsorpsi metilen biru dilakukan untuk menentukan kapasitas adsorpsi karbon aktif. Hasil pengujian adsorpsi metilen biru terhadap karbon aktif dari cangkang buah Ketapang dengan waktu iradiasi gelombang mikro 15 menit, 20 menit dan 25 menit dapat dilihat pada Gambar 5 memperlihatkan bahwa banyaknya metilen biru yang terserap karbon aktif memiliki nilai yang berbeda-beda pada masing-masing perlakuan waktu iradiasi. Gambar 5 menunjukkan bahwa adsorpsi zat metilen biru terbesar terdapat pada karbon aktif dengan waktu iradiasi 15 menit yaitu sebesar 82,46 mg/g.



Gambar 5. Hasil uji adsorpsi karbon aktif terhadap metilen biru

Secara umum hasil uji adsorpsi metilen biru pada karbon aktif dengan waktu iradiasi 15, 20 dan 25 menit telah memenuhi syarat mutu karbon aktif menurut Standar Industri Indonesia (SII No.0258-89) di mana daya serap karbon aktif terhadap metilen biru minimal sebesar 60 mg/g untuk karbon berbentuk granular (Saragih, 2008). Penurunan daya

serap yang terjadi pada sampel karbon aktif dengan waktu iradiasi 20 dan 25 dikarenakan lamanya waktu iradiasi menyebabkan besarnya radiasi yang diterima oleh sampel yang mengakibatkan rusaknya pori-pori meso dan mikro sehingga berdampak pada menurunnya daya serap kedua sampel tersebut.

Berdasarkan hasil uji daya serap metilen biru ini didapatkan bahwa waktu iradiasi gelombang mikro optimum untuk karbon aktif dari cangkang buah Ketapang adalah 15 menit. Hasil uji daya serap karbon aktif ini sesuai dengan hasil nilai L_c dan L_a yang didapatkan, di mana semakin tinggi nilai L_c dan semakin rendah nilai L_a maka luas permukaan karbon aktif semakin besar sebagaimana yang ditunjukkan data hasil uji BET serta daya serap metilen biru juga semakin besar terlihat pada Gambar 5 di atas. Waktu iradiasi optimum berbeda-beda untuk bahan baku karbon aktif yang berbeda. Penelitian yang dilakukan oleh Deng dkk, (2009) memperoleh 9 menit sebagai waktu iradiasi gelombang mikro optimum untuk karbon aktif dari tangkai kapas dan penelitian Li dkk, (2008) dengan bahan baku batang tembakau waktu iradiasi optimumnya adalah 30 menit.

KESIMPULAN

Pembuatan karbon aktif dari cangkang buah ketapang telah berhasil dilakukan dengan yield hasil karbon aktif untuk waktu iradiasi 15, 20 dan 25 menit masing-masing adalah 34,90%, 29,80% dan 26,57%. Berdasarkan hasil karakterisasi terhadap karbon aktif yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa karbon aktif

dengan waktu iradiasi 15 menit adalah karbon aktif terbaik.

Karbon aktif dengan waktu iradiasi 15 menit mempunyai luas permukaan tertinggi yaitu sebesar 304,82 m²/g. Hasil ini juga didukung dengan nilai L_c yang tinggi dan hasil uji daya serap metilen biru dimana daya serap optimum yaitu sebesar 82,46 mg/g untuk waktu iradiasi 15 menit dan menurun untuk waktu iradiasi 20 dan 25 menit yaitu masing-masing sebesar 81,39 mg/g dan 81,12 mg/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- Asbahani. 2013. Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Karbon Aktif untuk Menurunkan Kadar Besi Pada Air Sumur. *Jurnal Teknik Sipil UNTAN* 13(1) : 105-114.
- Awitdrus, Deraman, M., Talib, I.A., Omar, R., Jumaili, M.H., Taer, E., dan Saman, M.M. 2010. Microcrystallite Dimension and Total Active Surface Area of Carbon Electrode from Mixtures of Pre-Carbonized Oil Palm Empty Fruit Bunches and Green Petroleum Cokes. *Sains Malaysiana* 39: 83-86.
- Deng, H., Yang, L., Tao, G., dan Dai, J. 2009. Preparation and Characterization of Activated Carbon from Cotton Stalk by

- Microwave Assisted Chemical Activation Application in Methylene Blue Adsorption from Aqueous Solution. *Journal of Hazardous Materials* 166 : 1514-1521
- Deng, H., Zhang, G., Xu, X., Tao, G dan Dai, J. 2010. Optimization of preparation of activated carbon from cotton stalk by microwave assisted phosphoric acid-chemical activation. *Journal of Hazardous Materials* 182 : 217-224.
- Kinoshita, K. 1988. *Carbon Electrochemical and Physicochemical Properties*. New York: John Wiley & Sons.
- Li, W., Zhang, Li-bo., Peng, Jin-hui., Li, N., dan Zhu, Xue-yun. 2008. Preparation of High Surface Area Activated Carbons from Tobacco Stems With K_2CO_3 Activation Using Microwave Radiation. *Journal Industrial Crops and Products* 27 : 341-347.
- Marsh, Harry, dan Fransisco. 2006. *Activated Carbon*. Elsevier : London.
- Marsh, H., dan Rodriguez.-Reinoso, F. 2006. *Activated Carbon*. Netherlands: Elsevier Sciences and Technology Books.
- Pambayun, G.S., Yulianto, Y., dan Rachimoallah, M. 2013. Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator $ZnCl_2$ sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik Pomits* 2: 116-120.
- Pari, G dan Sailah, I. 2001. Pembuatan Arang Aktif dari Sabut Kelapa Sawit dengan Bahan Pengaktif NH_4HCO_3 dan $(NH_4)_2CO_3$ Dosis Rendah. *Buletin penelitian hasil hutan* 19 : 231-244.
- Purnomo, S.E. 2010. Pembuatan Arang Aktif dari Kulit Biji Kopi dan Aplikasinya sebagai Adsorben Zat Warna Methylene Blue (Kation) dan Naphthol Yellow (Anion), Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Saragih, S.A. 2008. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batubara Riau Sebagai Adsorben, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Setyarini, I S. 2010. Isomerisasi Eugenol Menggunakan Mg/Al-Hidrotalsit Dengan Radiasi Gelombang Mikro. Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Surakarta.
- Sujarwo, W. 2007. Pengaruh Lama dan Suhu Aktivasi Terhadap Kualitas dan Struktur Kimia Arang Aktif dari Baggase (Ampas Tebu) untuk Peningkatan Kualitas Air

Konsumsi di Kecamatan
Geyer Grobongan, Tesis
Universitas Gajah Mada,
Yogyakarta.

Wachid, F.M., dan Darminto. 2012.
Analisis karbon pada proses
pemanasan tempurung kelapa.
Jurnal Teknik Pomits 1 (1) : 1-
4.

Widyastuti, A., Sitorus, B., Jayoska,
A. 2013. Karbon Aktif dari
Limbah Cangkang Sawit
sebagai Adsorben Gas dalam
Biogas Hasil Fermentasi
Anaerobik Sampah Organik.
JKK 2(1) : 30-33.

