

KARAKTERISASI KARBON AKTIF DARI SERBUK KAYU NANGKA LIMBAH INDUSTRI PENGGERGAJIAN DAN EVALUASI KAPASITAS PENYERAPAN DENGAN METHYLENE BLUE NUMBER

Tintin Mutiara¹, Rizki Fajri², Intan Nurjannah³

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia^{1,2,3}
Jalan Kaliurang Km. 14,5 Sleman, Yogyakarta, 55584
E-mail : tintin.mutiara@uii.ac.id

ABSTRACT

In Indonesia the yield of sawmill industry waste is about 50-60%, the 15 up to 20% of this waste consists of wood powder and so far there is not an optimum utilization. This experiment was conducted in order to process wood powder of jackfruit into activated carbon as adsorbent of heavy metals in the wastewater treatment. Activated carbon processing was performed at various temperature. Instrumental analysis was carried out with SEM-EDX and FTIR to determine the characteristics of the activated carbon. The size of pore diameter was measured with SEM, resulted macropore surface pores. Infra red spectra showed nitrile triple bond $C\equiv N$ and hidroxy bond O-H. Based on those bonds, activated carbon from jackfruit could be an adsorbent of acid gas and water. The best conditions resulted adsorption capacity of methylene blue 55 mg/g with percent removal 40.70%.

Keywords : Jackfruit Wood Powder, Activated Carbon, Adsorbent.

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia rendemen industri penggergajian kayu masih berkisar dari 50 – 60%, dan sebanyak 15 - 20% terdiri dari serbuk kayu gergajian. Diperkirakan jumlah limbah serbuk kayu gergajian di Indonesia sebanyak 0,78 juta m³/tahun dan belum dimanfaatkan secara optimal (Pari dan Roliadi, 2004). Berdasarkan pertimbangan tersebut, pemanfaatan serbuk gergaji yang selama ini belum optimal akan diteliti untuk dimanfaatkan menjadi karbon aktif yang dapat digunakan sebagai adsorben logam berat pada proses pengolahan limbah cair.

Karbon berpori adalah suatu material yang mengandung 90% hingga 99% karbon. Selain itu, juga mengandung elemen - elemen seperti hidrogen, oksigen, sulfur, nitrogen, dari beberapa macam material lainnya. Karbon berpori merupakan adsorben berpori yang telah di aktivasi, sehingga terjadi peningkatan daya adsorpsi. Aktivasi merupakan suatu proses yang menyebabkan perubahan fisik pada permukaan karbon, melalui penghilangan hidrokarbon dari permukaan tersebut. Sehingga permukaan karbon semakin luas dan berpori. Luas permukaan karbon berpori umumnya

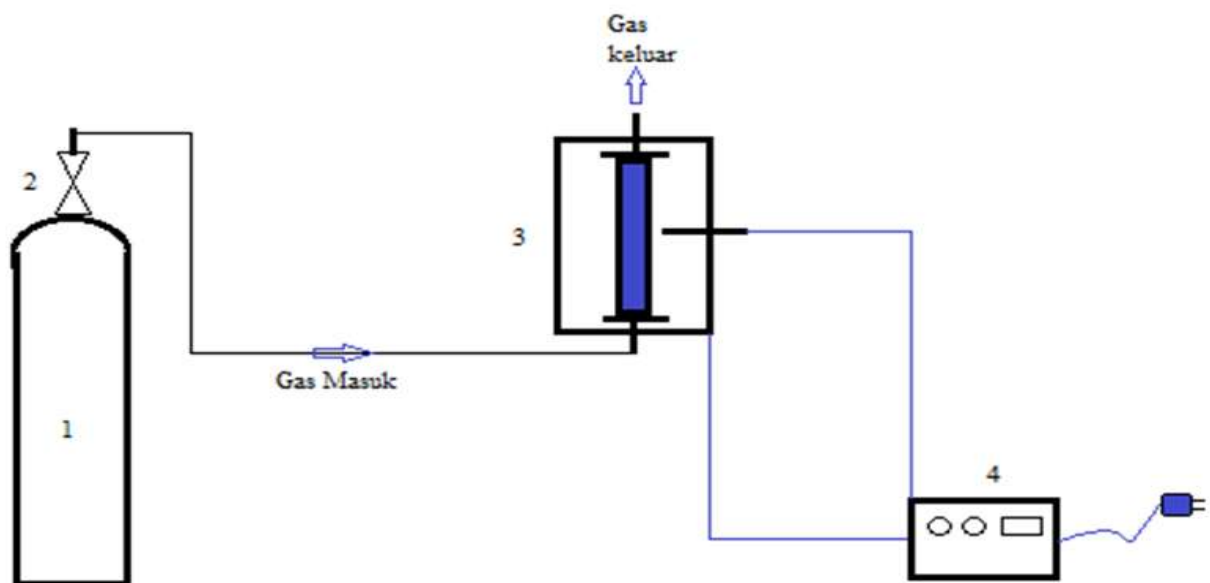
berkisar antara 400-1400 m²/gram (Baker dkk., 1980).

Material berpori seperti karbon aktif biasanya dikarakterisasi dengan beberapa parameter fisik seperti luas permukaan dan volume pori. Dalam pengembangan bahan-bahan berpori ini sangat penting untuk diperhatikan sifat fisik seperti itu, karena sifat fisik tersebut akan langsung mempengaruhi kinerja material dalam penerapannya (Baçaoui dkk., 2001).

Karakter permukaan karbon aktif biasanya diukur dengan menggunakan metode *Brunauer-Emmett-Teller* (BET) (Brunauer dkk., 1938), yang menggunakan adsorpsi nitrogen pada tekanan yang berbeda pada suhu cair nitrogen (77 K). Informasi tambahan tentang struktur karbon aktif dapat diperoleh dengan karakteristik adsorpsi adsorbat yang berbeda, seperti *methylene blue* dan *iodine*. Percobaan adsorpsi molekul ini mudah dan biasa dilakukan untuk karakterisasi karbon aktif dengan tujuan mendapatkan data tentang kapasitas adsorpsi bahan. Berdasarkan ukuran molekulnya, *methylene blue* biasanya terserap di *mesopori*, namun, sebagian kecil juga ditemukan dalam *micropori* lebih besar.

Tabel 1. Variabel Sintesa Karbon Aktif dari Serbuk Kayu Nangka

No	Heating Rate (°C/min)	Gas Pengoksidasi	Suhu (°C)
A	5	-	600
B	5	CO ₂	600
C	5	-	700
D	5	CO ₂	700
E	5	-	800
F	5	CO ₂	800



Keterangan :

1. Tabung gas.
2. Regulator.
3. Tubular furnace.
4. Temperature controller.

Gambar 1. Rangkaian Peralatan.

Di pihak lain, molekul *iodine* memiliki ukuran yang lebih kecil yang memungkinkan masuk ke mikropori (Baçaoui dkk., 2001).

Walaupun kayu sebenarnya sudah tidak diikutkan dalam material untuk produksi karbon aktif karena kekuatan dan kerapuhannya yang buruk. Karbon aktif dari serbuk kayu masih digunakan sebagai pengolahan air dan aplikasi cair lainnya. Namun kemampuan pori karbon aktif dari

kayu belum cukup diketahui. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui potensinya untuk penyerapan, terutama untuk tujuan pengolahan air. (Ishihara dkk., 1996) meneliti penggunaan material karbon dari kayu sugi sebagai penyerap logam Hg dalam larutan. Hasil yang diperoleh adalah karbon yang dihasilkan pada suhu 1000 °C memiliki kemampuan penyerapan terbaik dalam larutan HgCl₂. (Taer dkk., 2014) penambahan

partikel magnetik Fe_3O_4 mampu meningkatkan kemampuan penyerapan logam Fe oleh karbon aktif dari kayu karet sebesar 97,94%. Penjerapan logam Pb (II) dalam larutan mencapai 97,95% menggunakan karbon aktif dari kayu pohon asam dengan aktivasi asam sulfat (Singh dkk., 2008).

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh suhu dan gas pengoksidasi terhadap mutu karbon aktif yang dihasilkan dari serbuk kayu pohon nangka. Karbon aktif yang dihasilkan nantinya diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai adsorben logam berat dalam larutan, seperti merkuri, seng, timbal, cadmium, besi dan arsenik.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Bahan dan Alat

Bahan - bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah serbuk kayu nangka, gas nitrogen, gas karbon dioksida, aquades dan *Methylene Blue*.

Alat yang digunakan berupa rangkaian set *tubular furnace* seperti pada gambar 1 diatas.

2.1.1. Persiapan Bahan

Serbuk kayu nangka diperoleh dari pengrajin mebel di daerah sekitar kampus Universitas Islam Indonesia, Sleman, Yogyakarta. Sebelum diproses menjadi karbon aktif, serbuk kayu nangka dicuci terlebih dahulu untuk memastikan tidak ada kotoran yang terikut di dalam bahan, kemudian di *oven* pada 80 °C hingga kering.

2.1.2. Pembuatan Karbon Aktif

Merangkai peralatan *tubular furnace*, *temperature controller* dan tabung gas seperti pada gambar 1. Menimbang serbuk kayu nangka kering sebanyak 15 gram. Memasukkan serbuk kayu tersebut ke dalam *tube* dengan melapisi dengan *glass wool* di bagian dasar dan atas *tube*. Menghidupkan pemanas dengan disertai aliran gas N_2 untuk mengusir oksigen dan mencegah terbakarnya sampel di dalam *tube*. Saat mencapai suhu 300°C, gas CO_2 dialirkan untuk membuka pori - pori pada karbon. Setelah suhu yang

diinginkan tercapai (600, 700, dan 800°C), ditunggu selama 1 jam sebelum pemanas dihentikan.

2.1.3. Karakterisasi Produk Karbon Aktif

Menganalisa karbon aktif yang dihasilkan dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) EDX (*Energy Dispersive X-ray*), dan FTIR (*Fourier Transform InfraRed spectroscopy*) untuk mengetahui karakteristik produk karbon aktif yang dihasilkan.

2.1.4. Adsorpsi *Methylene Blue* (MB)

Adsorpsi *methylene blue* (MB) dilakukan dengan cara merendam 100 mg karbon aktif dalam 100 ml larutan MB dengan berbagai konsentrasi yaitu 50, 100, dan 250 mg/L, dibiarkan selama 24 jam pada suhu ruangan. Konsentrasi MB yang masih tersisa dianalisa dengan *UV/Vis spectrophotometer* pada kisaran panjang gelombang 665 nm (Raposo dkk., 2009).

Methylene blue Number (MB_N) didefinisikan sebagai jumlah maksimum zat warna yang diserap oleh 1 gram adsorben. Sehingga MB_N adalah konsentrasi zat warna di fase padatan (Raposo dkk., 2009). Di literature lain hal ini juga didefinisikan sebagai q_e atau konsentrasi kesetimbangan fase padatan (Hameed dan Foo, 2012 ; Guerreiro dkk., 2011). MB_N dihitung dengan persamaan (1).

$$MB_N \left(\frac{mg}{g} \right) = \frac{(C_0 - C_e) V}{M} \dots\dots\dots(1)$$

Methylene blue Removal (MB_R) didefinisikan sebagai persen konsentrasi mula-mula yang terjerap. Nilai ini diperoleh dengan Persamaan (2).

$$MB_R (\%) = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

Dimana C_0 (mg/L) adalah konsentrasi MB dalam larutan mula - mula, C_e (mg/L) adalah konsentrasi MB larutan pada kesetimbangan, V (L) adalah volume larutan yang digunakan, dan M (g) adalah massa adsorben (Raposo dkk., 2009).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakterisasi Serbuk Kayu Nangka

Analisa kualitatif SEM dengan alat merek Zeiss seri EVO MA 10, dilaksanakan di laboratorium energi LPPM, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

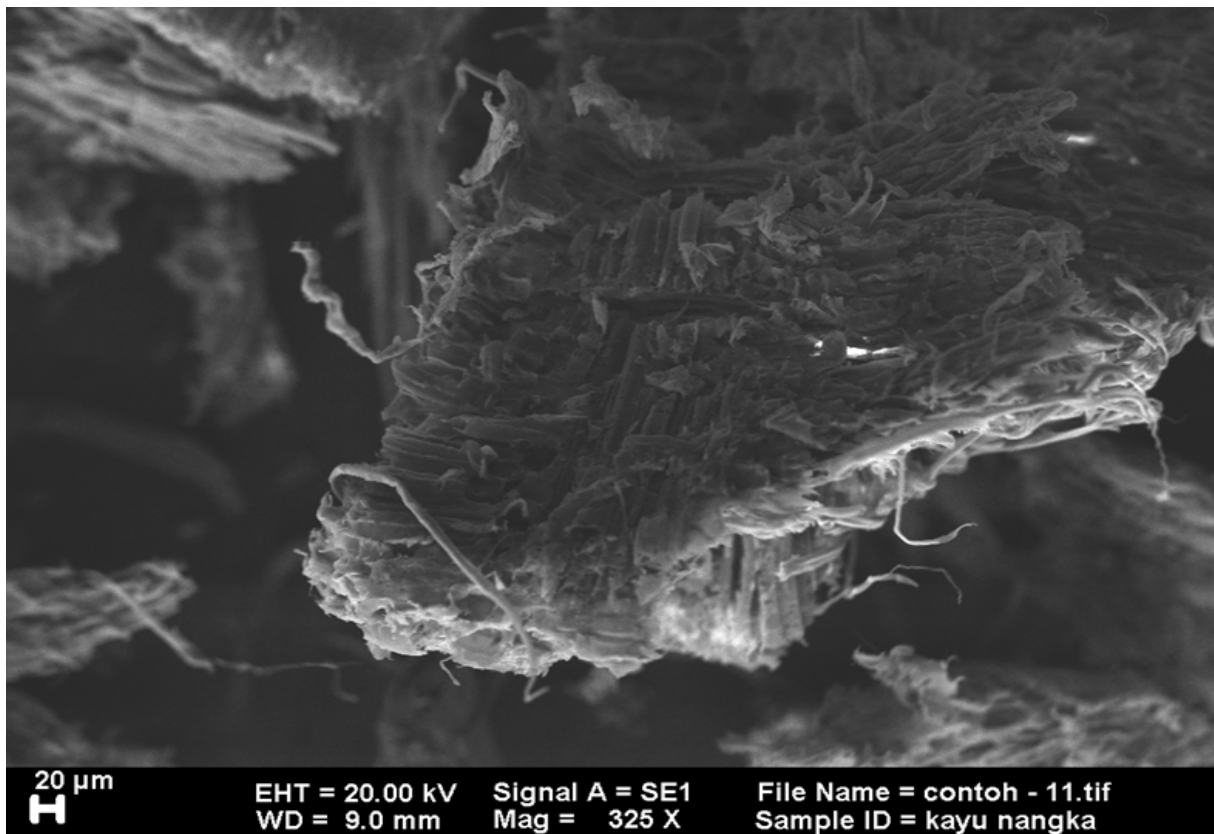
Tujuan analisa adalah untuk mengetahui kandungan senyawa dan pola serat pada serbuk kayu nangka. Semakin kecil ukuran partikel dari karbon berpori, semakin besar tingkat difusi dan adsorpsi. Difusi antar partikel berkurang karena pengurangan ukuran partikel, karena zona perpindahan massa yang lebih pendek, menyebabkan tingkat adsorpsi yang lebih cepat (Acharya dkk., 2009). Karena hal inilah, bahan baku dipilih dalam bentuk serbuk sehingga diharapkan dapat memiliki kapasitas yang besar pada penjerapan limbah. Dengan perbesaran 325 kali seperti terlihat pada gambar 2, tekstur serbuk nangka yang berserat dan terlihat telah terdapat pori - pori pada serat.

3.2. Karakterisasi Produk Karbon Aktif

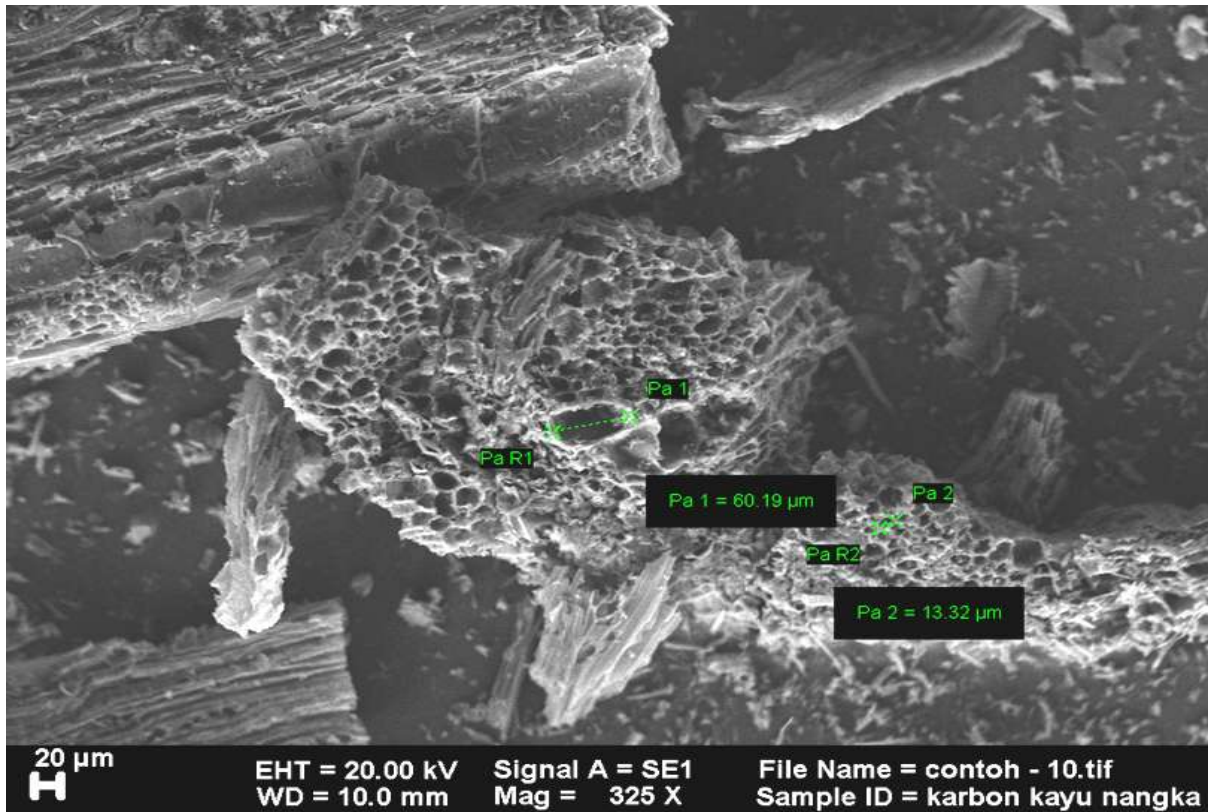
Tujuan analisa SEM-EDX pada produk karbon aktif adalah untuk mengetahui permukaan karbon aktif yang dihasilkan dan kandungan di dalamnya, disajikan pada gambar 3. Dengan perbesaran hanya 325 kali, pada gambar 3 telah terlihat jelas pori - pori yang terbentuk.

Dari gambar terlihat ukuran pori yang terbentuk, yang terbesar adalah 60,19 μm dan pori terkecil adalah 13,32 μm . Pori karbon aktif dari kayu nangka memiliki diameter diatas 50 nm, sehingga termasuk makropori (Do dkk., 1998).

Hasil analisa EDX karbon aktif menunjukkan kandungan atom C dan O adalah sebesar 81,33% dan 17,99%. Material dengan kandungan karbon tinggi memiliki kemampuan adsorpsi lebih tinggi daripada material dengan kandungan karbon rendah (Ishihara dkk., 1996).



Gambar 2. Foto SEM Serbuk Kayu Nangka.



Gambar 3. Foto SEM Produk Karbon Aktif F.

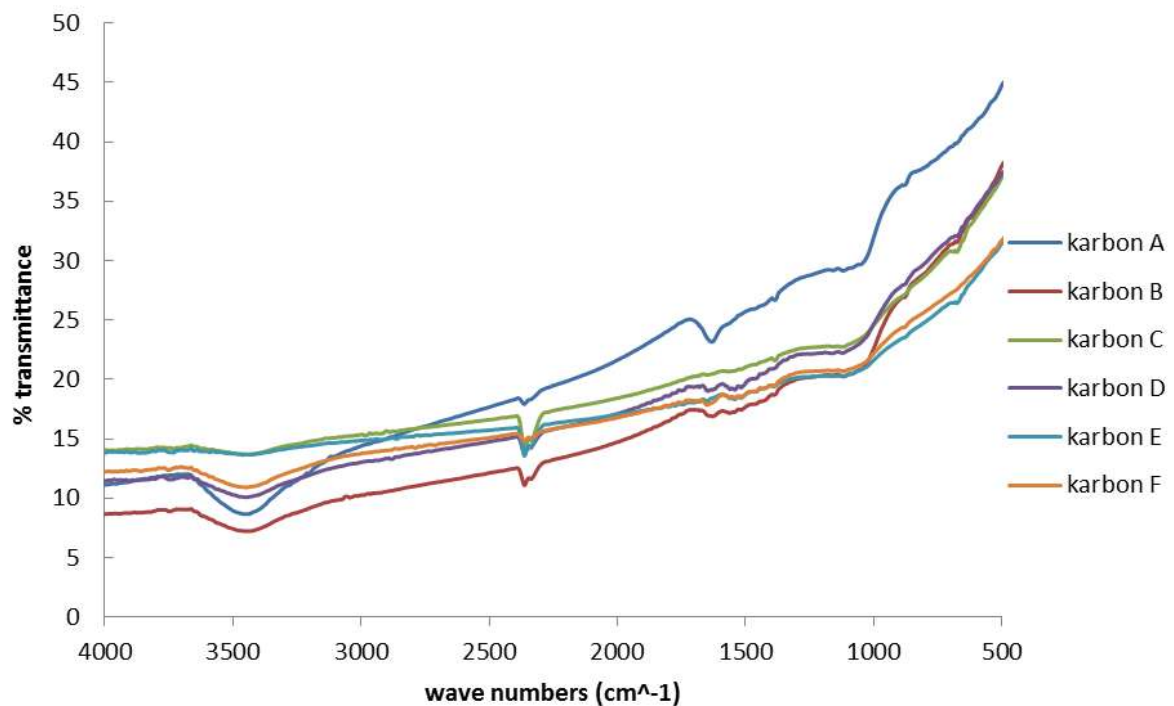
Permukaan karbon diliputi oleh oksigen yang terjerap secara kimia yang sangat berperan pada sifat permukaan. Penambahan gugus fungsional yang mengandung oksigen pada permukaan karbon mengubah daya adsorpsi (Barton dkk., 1995).

Spektroskopi Inframerah adalah suatu teknik yang didasarkan pada getaran dari atom molekul. Spektrum Inframerah umumnya diperoleh dengan melewati radiasi inframerah melalui sampel dan menentukan fraksi mana dari radiasi yang diserap pada energi tertentu. Energi di mana setiap puncak dalam penyerapan spektrum muncul sesuai dengan frekuensi getaran dari bagian dari sampel. Analisa FTIR dilakukan di laboratorium MIPA terpadu Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta.

Analisa spektrum inframerah dari karbon aktif disajikan pada gambar 4. Khezami dkk. (2005) mengungkapkan bahwa grup fungsional memainkan peran penting dalam adsorpsi polutan organik dan anorganik. Mereka memberikan sifat hidrofilik karbon aktif dengan meningkatkan interaksi spesifik *dipol - dipol* dan *ion - dipol*. Dari gambar 4 terlihat puncak - puncak disekitar panjang gelombang 2360 cm^{-1} dengan intensitas yang cukup kuat mengindikasikan keberadaan gugus $\text{C}\equiv\text{N}$. Permukaan yang mengandung gugus nitrogen pada permukaan karbon aktif meningkatkan kemampuan untuk menyerap gas - gas asam (Li dkk., 2001). Dalam penelitian ini, nitrogen masuk ke struktur karbon melalui proses pengusiran oksigen oleh gas nitrogen selama proses pirolisis.

Tabel 2. Hasil Perhitungan MB_N dan MB_R pada Sampel Karbon Aktif

Karbon Aktif	MB_N (mg/g)	MB_R (%)
A	25	31,91
B	8	13,24
C	45	17,87
D	16	19,43
E	22	29,67
F	55	40,70



Gambar 4. Hasil Analisa FTIR Karbon Aktif.

Sehingga dapat diambil dugaan bahwa karbon aktif dari serbuk nangka ini dapat digunakan sebagai adsorben gas asam dan air.

Dari gambar 4 terlihat bahwa penambahan gas pengoksidasi memperlemah ikatan yang $C\equiv N$ terbentuk, walaupun keberadaan gas CO_2 untuk mengoksidasi komponen yang menutupi permukaan pori (Manocha, 2003), sehingga volume pori - pori yang terbentuk lebih besar.

3.3. Kapasitas Penjerapan *Methylene Blue*

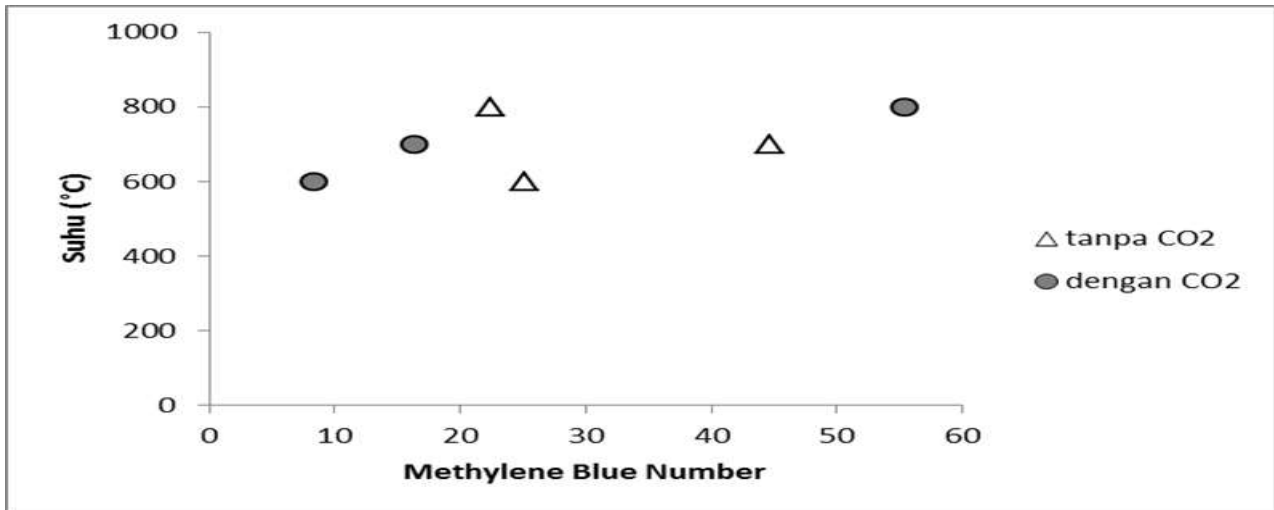
Hasil adsorpsi zat warna *methylene blue* dianalisa dengan spektrofotometer *UV / Visible* dilaksanakan di Laboratorium pertekstilan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Analisa dilakukan pada panjang gelombang 400–800 nm, dan puncak - puncak adsorbansi terlihat pada panjang gelombang 663,5 hingga 665,0 nm.

Terlihat pula puncak sekitar panjang gelombang 3440 cm^{-1} mengindikasikan keberadaan ikatan hidroksil O—H, walaupun intensitasnya lemah. Menurut Boonfung dan Rattanaphanee (2010) ikatan hidroksil O-H dapat penyerap ikatan hidrogen dari molekul air.

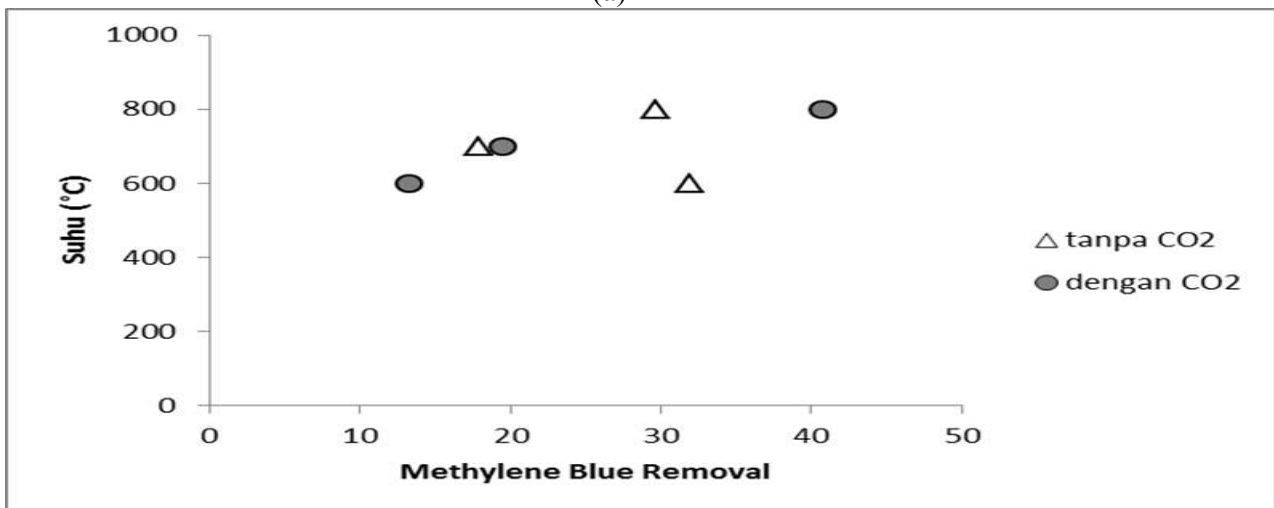
Dengan perhitungan seperti pada persamaan (1) dan (2), diperoleh hasil MB_N

dan MB_R sampel karbon aktif dari serbuk kayu nangka seperti dirangkum pada tabel 2.

Dari keseluruhan variabel pirolisis karbon aktif dari serbuk kayu nangka dapat disimpulkan bahwa penggunaan gas pengoksidasi CO_2 pada suhu proses $800\text{ }^\circ\text{C}$, memberikan hasil terbaik jika ditinjau pada kemampuannya dalam menyerap zat warna MB.



(a)



(b)

Gambar 5. (a) Grafik Hubungan Antara Suhu Dengan MB_N .

(b) Grafik Hubungan Antara Suhu Dengan MB_R .

Jika dibandingkan dengan kapasitas penyerapan MB oleh karbon aktif dari bahan-bahan alam lain (ampas kopi $14,90\text{ mg/g}$ (Nunes dkk., 2009), kulit durian 284 mg/g (Nuithitikul dkk., 2010, jerami padi $129,5\text{ mg/g}$ (Gao dkk., 2011), serat piassava $276,4\text{ mg/g}$ (Avelar dkk., 2010), karbon aktif dari serbuk kayu nangka ini memiliki kapasitas

penyerapan yang rendah. Hal ini disebabkan karena kayu nangka termasuk pada jenis kayu dengan struktur yang sangat kuat (Sanjaya, 2015), sehingga dimungkinkan perlu suhu pirolisis yang tinggi untuk memperoleh volume pori maksimum.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan potensi serbuk kayu nangka, yang dipirolisis menjadi karbon aktif, sebagai adsorben pada pengolahan limbah cair. Dari batasan variabel yang ditentukan, pada penelitian ini dapat disimpulkan :

1. Pori karbon aktif dari kayu nangka memiliki diameter diatas 50 nm, sehingga termasuk makropori.
2. Analisa FTIR menunjukkan adanya ikatan triple C≡N dan gugus hidroksil O—H, sehingga dapat diambil dugaan bahwa karbon aktif dari serbuk nangka ini dapat digunakan sebagai adsorben gas asam dan air.
3. Kemampuan terbaik penjerapan zat warna MB adalah pada karbon aktif yang dipirolisis dengan bantuan gas CO₂ pada suhu 800 °C, yang memiliki nilai MB_N dan MB_R berturut-turut sebesar 55 mg/g dan 40,70 %.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan finansial kepada Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, dalam skema hibah penelitian dosen bersama mahasiswa semester genap 2015 / 2016.

DAFTAR PUSTAKA

Acharyaa, J., Sahub, J.N., Sahoob, B.K., Mohantyc, C.R., dan Meikap, B.C., "Removal of chromium(VI) from wastewater by activated carbon developed from Tamarind wood activated with zinc chloride," *Chemical Engineering Journal* 150 (2009) 25–39, 2009.

Avelar, F.F., Bianchi, M.L., Gonçalves, M., da Mota, E.G., "The use of piassava fibers (*Attalea funifera*) in the preparation of activated carbon," *Bioresour. Technol.* 101, 4639–4645, 2010.

Baçaoui, A., Yaacoubi, A., Dahbi, A., Bennouna, C., Luu, R. P. T., Maldonado-Hodar, F. J., Rivera-Utrilla, J., Moreno-Castilla, C., *Carbon*, 39, 425, 2001.

Baker, F. S., "Activated Carbon Adsorption Handbook," Second Edition, Michigan : Ann Arbor Science Pub Inc., 1980.

Bansal, R.C., "Activated Carbon Adsorbents for the Removal of Chromium from Aqueous Solutions," *Carbon '95 - 22nd Biennial Conference on Carbon, Extended Abstracts and Program*, pp.452-453, 1995.

Barton, S.S., "Surface Oxide Structures on Porous Carbon," *Carbon '95 - 22nd Biennial Conference on Carbon, Extended Abstracts and Program*, pp. 436-437, 1995.

Boonfung, C. and Rattanaphanee, P., "Cassavabased Adsorbent for Ethanol Dehydration," *The Journal of KMUTNB*, 20, pp. 196-203, 2010.

Brunauer, S.; Emmett, P. H.; Teller, E.; *J. Am. Chem. Soc.* 1938, 60, 309.

Do, D.D., "Adsorption Analysis : Equilibria and Kinetics," pp.13-17; 50-5, Imperial College Press, 203 Electrical Engineering Building, Imperial College, London SW7 2BT, 1998.

Gao, P., Liu, Z.H., Xue, G., Han, B., Zhou, M.H., "Preparation and characterization of activated carbon produced from rice straw by (NH₄)₂HPO₄ activation," *Bioresour. Technol.* 102, 3645–3648, 2011.

Guerreiro, Cleiton, A., Nunes, M.C., "Estimation of surface area and pore volume of activated carbons by methylene blue and iodine numbers," *Quim. Nova*, Vol. 34, No. 3, 472-476, 2011.

Hameed, B.H. dan Foo, K.Y., "Potential of jackfruit peel as precursor for activated carbon prepared by microwave induced NaOH activation," *Bioresour. Technology*, Vol.112 :143–150, 2012.

- Ishihara, Shigehisa, Pulido, L. Lilibeth dan Kajimoto, Takeshi, "Carbonized Material Adsorbents for the Removal of Mercury from Aqueous Solutions," Conference : Spring national meeting of the American Chemical Society (ACS), New Orleans, LA (United States), 24-28 Mar 1996.
- K. Li, L. Ling, C. Lu, W. Qiao, Z. Liu, L. Liu, I. Mochida, "Catalytic removal of SO₂ over ammonia-activated carbon fibers," *Carbon* 39 (2001) 1803–1808, 2001.
- Manocha, S.M., "Porous Carbons," *Sadhana* volume 28 part 1&2 pp 335-348, India, 2003.
- Nuithitikul, K., Srikhun, S., Hirunpraditkoon, S., "Influences of pyrolysis condition and acid treatment on properties of durian peel-based activated carbon," *Bioresour. Technol.* 101, 426–429, 2010.
- Nunes, A.A., Franca, A.S., Oliveira, L.S., "Activated carbons from waste biomass: an alternative use for biodiesel production solid residues," *Bioresour. Technol.* 100, 1786–1792, 2009.
- Pari, Gustan dan Roliadi, H., "Alternative Technology for the Utilization of Biomass Waste from Wood Industries" Proceeding of the International Workshop on Better Utilization of Forest Biomass for Local Community and Environments, Research and Development Center for Forest Products Technology, Bogor, 2004.
- Pari, Gustan, Widayati, D.T. dan Yoshida, Masato, "Mutu Karbon Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu," Research and Development Center for Forest Products Technology, Bogor, 2010.
- Raposo, F., De La Rubia, M.A., Borja, R., "Methylene blue number as useful indicator to evaluate the adsorptive capacity of granular activated carbon in batch mode: Influence of adsorbate/adsorbent mass ratio and particle size," *Journal of Hazardous Materials*, Vol.165: 291–299, 2009.
- Singh, C.K., Sahu, J.N., Mahalik, K.K., Mohanty, C.R., Mohan, Raj B. dan Meikap, B.C., "Studies on the removal of Pb (II) from wastewater by activated carbon developed from Tamarind wood activated with sulphuric acid," *Journal of Hazardous Materials* 153 221–228, 2008.
- Sanjaya, I K.A.A., "Karakteristik yang Jenis Kayu yang Digunakan dalam Pembuatan Rumah," Kompasiana, Tradisional Bali, 26 Juni 2015.
- Taer, Erman, Sugianto dan Rika, "Efek Penambahan Partikel Magnetik Fe₃O₄ Terhadap Kemampuan Serapan Karbon Aktif Serbuk Gergaji Kayu pada Logam Berat Besi (Fe)," Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau, Pekanbaru, 2014.
- Weber, J., Metcalf, R.L., Pitts J.N. (Eds.), "Adsorption in Physical–Chemical Processes for Water Quality Control," Wiley Interscience, John Wiley and Sons, 1972.