

**PENGARUH PERSENTASE KALIUM HIDROKSIDA
TERHADAP SIFAT FISIS KARBON AKTIF
KAYU *EUCALYPTUS PELLITA***

Resti Harini, Awitdrus, Rakhmawati Farma

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau
Kampus Bina widya Pekanbaru, 28293, Indonesia
*resti.harini@yahoo.co.id***

ABSTRACT

A research has been conducted on activated carbon of *Eucalyptus pellita* wood with various ratios of charcoal and potassium hydroxide of 1:0.25, 1:0.5, and 1:0.75 respectively. Chemical activation was conducted using the potassium hydroxide for 20 hours and microwave irradiation with output power of 630 Watt for 20 minutes. The aim of this research is to know the effects of potassium hydroxide on the physical properties of activated carbon i.e yield of activated carbon, micro structures, surface morfology, elements of activated carbon, and methylene blue adsorption. X-ray diffraction patterns of the activated carbon showed semicrystalline structure and SEM images showed porous activated carbon. Weigh percentages of carbon (C), oxygen (O), and potassium (K) elements of activated carbon were 67.87%, 30.63%, and 1.50%, respectively. Adsorptive power of activated carbon on methylene blue was 97.45 mg/g and surface area was 361.67 m²/g respectively.

Keywords : *Eucalyptus pellita*, potassium hydroxide, microwave irradiation, activated carbon, physical properties.

ABSTRAK

Penelitian telah dilakukan tentang karbon aktif dari kayu *Eucalyptus pellita* dengan variasi perbandingan karbon dan aktivator KOH masing-masing adalah 1:0,25, 1:0,5, dan 1:0,75. Aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan KOH selama 20 jam dan iradiasi gelombang mikro dengan daya 630 Watt selama 20 menit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kalium hidroksida terhadap sifat fisis karbon aktif melalui analisa hasil karbon aktif, struktur mikro, morfologi permukaan, elemen karbon aktif, dan daya serap metilen biru. Pola difraktogram sinar-X karbon aktif menunjukkan struktur semikristalin dan foto SEM menunjukkan bahwa karbon aktif berpori. Persentase berat elemen karbon (C), oksigen (O), dan kalium (K) dari karbon aktif yaitu 67,87%, 30,63%, dan 1,50%. Daya serap karbon aktif terhadap metilen biru sebesar 97,45 mg/g dan luas permukaan karbon aktif sebesar 361,67 m²/g.

Kata kunci : *Eucalyptus pellita*, kalium hidroksida, iradiasi gelombang mikro, karbon aktif, sifat fisis.

PENDAHULUAN

Eucalyptus pellita merupakan spesies cepat tumbuh yang dikembangkan untuk mensuplai bahan baku bubur kertas di Indonesia. Tanaman *Eucalyptus pellita* di Indonesia menjadi salah satu tanaman andalan penghasil bubur kertas selain *Acacia mangium* (Supangat *et al.*, 2012). *Eucalyptus pellita* memiliki batang lurus dan bercabang yang bisa tumbuh mencapai tinggi 40-130 meter dengan diameter sekitar 1,02 meter, memiliki kulit kasar, berserat, kasar pecah-pecah, dan berwarna dari coklat sampai coklat kemerahan (Dombro, 2010).

Beberapa tahun terakhir ini, perhatian dunia telah terfokus terhadap pemanfaatan bahan alam yaitu karbon aktif. Menurut Li *et al.* (2009) karbon aktif telah terbukti sebagai salah satu penyerap yang efektif untuk mengangkat berbagai jenis polutan organik dan anorganik yang larut dalam air atau lingkungan ber-gas.

Karbon aktif berazaskan biomassa biasanya diproduksi dari bahan-bahan alam. Bahan alam tersebut harus memiliki kandungan lignoselulosa yaitu lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Bahan alam yang memiliki kandungan lignoselulosa antara lain tempurung kelapa (Tamado *et al.*, 2013), sabut kelapa (Deng *et al.*, 2008), sekam padi (Manocha, 2003), kulit durian (Iqbaldin *et al.*, 2012), dan biji anggur (Rao *et al.*, 2006).

Proses pembuatan karbon aktif dilakukan melalui proses aktivasi. Salah satunya adalah proses aktivasi kimia. Bahan pengaktifnya antara lain seperti H_3PO_4 (Vernersson *et al.*,

2002), $ZnCl_2$ (Kalderis *et al.*, 2008), dan KOH (Sudaryanto *et al.*, 2006).

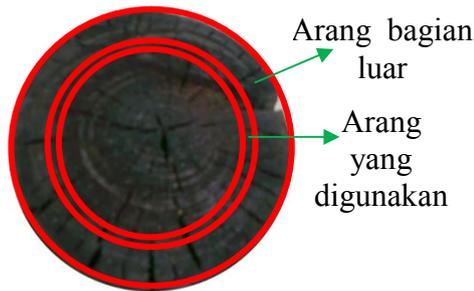
Kalium hidroksida (KOH) merupakan basa kuat yang dapat dijadikan sebagai reaktan atau agen pengaktif dalam pembuatan karbon aktif. Menurut Apriani *et al.* (2013), KOH sebagai aktivator kimia dapat bereaksi dengan karbon. Fungsi KOH adalah menghilangkan zat-zat pengotor dalam karbon dan membuat karbon menjadi lebih berpori.

Penelitian ini menggunakan bantuan iradiasi gelombang mikro. Pengaktifan karbon menggunakan iradiasi gelombang mikro memiliki beberapa keunggulan yang unik, yaitu efisiensi energi yang tinggi, laju pemanasan yang tinggi, pemanasan volumemetric dari sisi dalam ke sisi luar dan pemanasan yang beragam (Chen dan Hashiso, 2012), dan waktu pemanasan yang relatif singkat (Pitchai *et al.*, 2013). Fungsi dari iradiasi gelombang mikro ini adalah untuk membuka pori karbon aktif menjadi lebih terbuka lagi sehingga memiliki luas permukaan yang tinggi.

METODE PENELITIAN

Prosedur Pembuatan Karbon Aktif

Karbon aktif dibuat dengan bahan baku batang kayu *Eucalyptus pellita* berdiameter 9 cm yang dikarbonisasi secara tradisional selama 1,5 jam dengan menggunakan kaleng. Pemilihan arang yang berwarna cokelat kehitaman seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pemilihan arang yang berwarna cokelat kehitaman dipotong dan diayak berbentuk granul dengan ukuran ≤ 2 mm.



Gambar 1. Penampang kayu *Eucalyptus pellita*

Aktivasi secara kimia dilakukan menggunakan aktivator KOH. Variasi perbandingan berat karbon dan KOH yaitu 1:0,25; 1:0,5; dan 1:0,75. Proses aktivasi kimia dilakukan dalam akuades 200 mL yang diaduk dengan laju 400 rpm selama 20 jam. Sampel karbon kayu *Eucalyptus pellita* seberat 30 gram. Iradiasi gelombang mikro menggunakan oven gelombang mikro selama 20 menit dan daya gelombang mikro sebesar 630 Watt. Sampel dicuci dengan akuades sampai pH ~ 7 dan pengeringan sampel dalam oven listrik selama 48 jam dengan suhu 110°C.

Karakterisasi Karbon Aktif

Yield Karbon Aktif

Yield karbon aktif merupakan persentase karbon aktif yang didapat setelah melalui proses aktivasi dan iradiasi gelombang mikro, sehingga dapat diketahui jumlah bahan baku yang hilang pada saat proses berlangsung. Persentase *yield* karbon aktif dihitung dengan persamaan (1) berikut ini.

$$\text{Yield karbon aktif} = \frac{m_f}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

di mana pada persamaan (1), m_f adalah massa akhir karbon aktif

(gram) dan m_0 adalah massa awal sebelum proses aktivasi (gram).

Difraksi Sinar-X

Difraksi sinar-X (XRD) merupakan metode karakterisasi yang digunakan untuk melihat struktur mikro karbon aktif. Struktur mikro meliputi jarak antar lapisan d_{hkl} , dimensi mikrokristalit (tinggi lapisan L_c dan lebar lapisan L_a), dan jumlah lapisan aromatik.

Mikroskop Pindaian Elektron

Mikroskop pindaian elektron (SEM) merupakan sebuah metode karakterisasi yang digunakan untuk melihat morfologi permukaan karbon aktif. Morfologi permukaan ini akan menunjukkan pori-pori yang terbentuk dalam karbon aktif.

Daya Serap Metilen Biru

Daya serap karbon aktif terhadap metilen biru diketahui dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Alat tersebut akan memberikan informasi data berupa nilai absorbansi untuk masing-masing sampel karbon aktif. Daya serap metilen biru dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) berikut ini.

$$q(t) = \frac{(C_0 - C_t)V}{W} \text{ fp} \quad (2)$$

di mana pada persamaan (2), $q(t)$ adalah daya serap metilen biru (mg/g), C_0 adalah konsentrasi awal (ppm), C_t adalah konsentrasi akhir (ppm), V adalah volume larutan metilen biru (mL), W adalah berat sampel (gram), dan fp adalah faktor pengenceran.

Luas permukaan karbon aktif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

$$S = \frac{q \cdot N \cdot A}{BM} \quad (3)$$

Di mana pada persamaan (3), S adalah luas permukaan adsorben (m^2/g), q adalah daya serap metilen biru (mg/g), N adalah bilangan Avogadro ($6,02 \times 10^{23}$ molekul/mol), A adalah luas permukaan 1 molekul metilen biru ($197,197 \times 10^{-20} m^2/molekul$), dan BM adalah berat molekul metilen biru ($319,86 g/mol$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Penyusutan Massa Arang Kayu *Eucalyptus pellita*

Proses karbonisasi menyebabkan kayu *Eucalyptus pellita* mengalami perubahan warna dan struktur kayu. Perubahan kayu menjadi berwarna hitam di bagian luar dengan ketebalan ± 1 cm dan bagian tengah kayu berwarna coklat kehitaman. Struktur kayu menjadi terlihat berongga dibagian luar. Arang kayu mengalami penyusutan massa setelah proses karbonisasi. Penyusutan massa diketahui dengan menimbang massa kayu sebelum dan setelah karbonisasi.

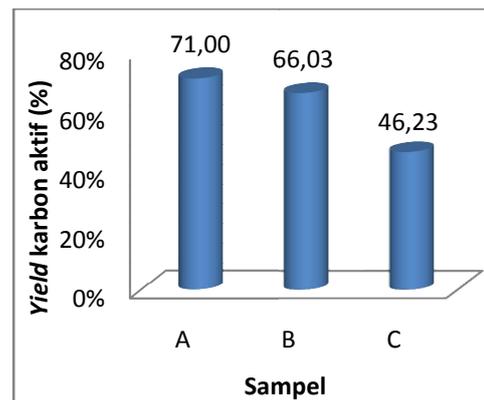
Tabel 1. Persentase penyusutan massa arang sebelum dan setelah karbonisasi

Kode kayu	Massa (gram)		Penyusutan massa (%)
	Sebelum	Setelah	
I	980	500	48,97
II	980	497	49,28
III	930	471	49,35
IV	930	470	49,46
V	1000	504	49,60
VI	1000	503	49,70

Tabel 1 menunjukkan bahwa massa arang kayu *Eucalyptus pellita* setelah proses karbonisasi untuk kayu I, II, III, IV, V, dan VI rata-rata menyusut sebesar 49,39% atau massa kayu setelah proses karbonisasi sekitar 50,61% dari massa sampel mula-mula.

Analisa Yield Karbon Aktif

Perbandingan massa karbon dan KOH 1:0,25 diberi label dengan sampel A, perbandingan 1:0,5 diberi label dengan sampel B, dan perbandingan 1:0,75 diberi label dengan sampel C. Yield karbon aktif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1).



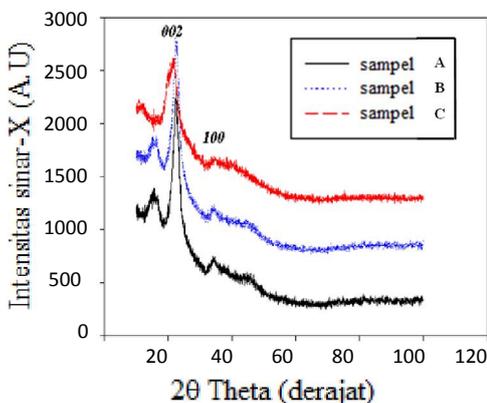
Gambar 2. Persentase yield karbon aktif

KOH sebagai aktivator dalam aktivasi kimia memainkan peranan penting terhadap nilai yield karbon aktif. Menurut Erlina *et al.* (2015), kehadiran KOH selama proses aktivasi kimia menghasilkan degradasi material atau penurunan material yang akan membentuk pori. Gambar 2 yang menunjukkan bahwa semakin banyak KOH yang diberikan, maka semakin besar degradasi material yang terjadi sehingga nilai yield karbon aktif kayu *Eucalyptus pellita* semakin

menurun. Nilai *yield* karbon aktif yang paling besar terdapat pada sampel A dengan nilai sebesar 71,00% dan paling kecil terdapat pada sampel C sebesar 46,23%.

Analisa Struktur Mikro

Karakterisasi karbon aktif menggunakan difraksi sinar-X dilakukan untuk mengetahui struktur mikro seperti parameter kisi, dimensi mikrokrystalit (tinggi lapisan L_c dan lebar lapisan L_a), dan jumlah lapisan aromatik. Gambar 3 menunjukkan pola difraksi sinar-X.



Gambar 3. Pola difraksi sinar-X karbon aktif dengan variasi persentase KOH

Hasil karakterisasi difraksi sinar-X dari ketiga sampel karbon aktif didapatkan pola difraksi dengan dua puncak pada sudut 2θ . Sampel A memiliki puncak pertama (002) berada pada sudut $2\theta = 22,43^\circ$ dan puncak kedua (100) berada pada sudut $2\theta = 41,46^\circ$. Sampel B memiliki puncak pertama (002) berada pada sudut $2\theta = 22,47^\circ$ dan puncak kedua (100) berada pada sudut $2\theta = 42,05^\circ$. Sampel C memiliki puncak pertama (002) berada pada sudut $2\theta = 21,32^\circ$ dan puncak kedua (100) berada pada

sudut $2\theta = 41,56^\circ$. Bentuk pola yang ditampilkan pada Gambar 3 dapat dikatakan sebagai semikristalin.

Tabel 2. Data parameter kisi sampel

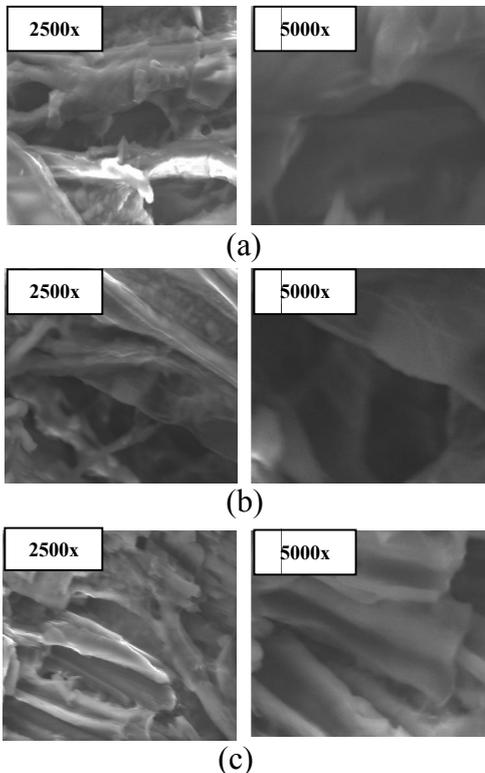
Struktur Mikro	Sampel			
	A	B	C	
2θ ($^\circ$)	(002)	22,43	22,47	21,32
	(100)	41,46	42,05	41,56
Parameter kisi (nm)	d_{002}	0,395	0,395	0,416
	d_{100}	0,027	0,028	0,027
Dimensi				
mikro-kristalit (nm)	L_c	4,245	4,275	3,051
	L_a	1,107	1,099	1,202
N		10,72	10,81	7,327

Tabel 2 menunjukkan bahwa parameter kisi d_{002} dan d_{100} memiliki nilai yang tidak jauh berbeda pada setiap sampelnya. Dimensi mikrokrystalit sampel B memiliki nilai L_c yang paling tinggi dari dua sampel yang lain yaitu 4,275 nm. Sampel C memiliki nilai L_c terendah yaitu 3,051 nm. Jumlah lapisan aromatik tertinggi terdapat pada sampel B dengan $N = 10,81$ dan terendah terdapat pada sampel C dengan $N = 7,327$. Menurut Qu (2002), semakin tinggi nilai L_c mengidentifikasi luas permukaan karbon aktif yang semakin tinggi pula. Nilai L_c yang diperoleh memprediksikan bahwa sampel B memiliki luas permukaan terbesar.

Analisa Morfologi Permukaan

Karakterisasi karbon aktif berupa morfologi permukaan dilakukan untuk mengetahui pori-pori karbon aktif. Gambar 4 menunjukkan bahwa morfologi permukaan karbon aktif memiliki pori-pori yang artinya bahwa karbon aktif yang terbentuk bersifat porous. Struktur pori yang terbentuk pada

karbon aktif adalah pori makro (>50 nm). Menurut Wang *et al.* (2009), terbentuknya pori karena hilangnya zat yang menguap dan efek agen pengaktif KOH terhadap karbon.



Gambar 4. Morfologi permukaan karbon aktif (a) sampel A, (b) sampel B, (c) sampel C dengan perbesaran 2500x dan 5000x.

KOH merupakan agen dehidrasi atau bersifat mendehidrasi molekul organik, membatasi pembentukan tar, membantu dekomposisi senyawa organik, dehidrasi air yang terjebak dalam rongga-rongga karbon, membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses karbonisasi, dan melindungi permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi (Manocha, 2003).

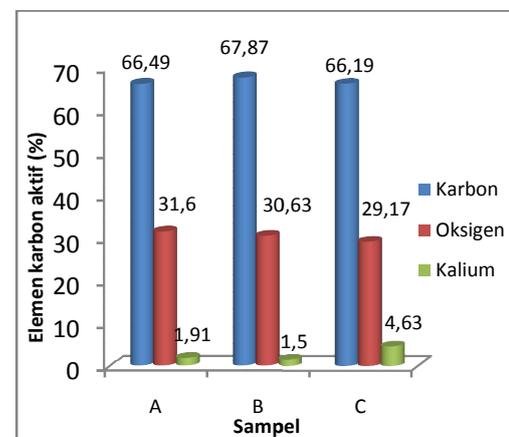
Proses aktivasi kimia karbon bereaksi dengan KOH sehingga

karbon akan terkikis (membentuk lubang) sehingga menghasilkan pembentukan pori-pori pada karbon (Erlina *et al.*, 2015).

Sampel B memiliki struktur pori yang lebih teratur dibandingkan dengan dua sampel yang lain. Perbedaan ini disebabkan oleh variasi KOH yang diberikan dan berpengaruh pada pori yang terbentuk.

Analisa Elemen Karbon Aktif

Elemen karbon aktif diketahui dengan menggunakan karakterisasi energi dispersif sinar-X (EDX). Karakterisasi EDX juga dilakukan untuk mengetahui persentase berat setiap unsur dalam karbon aktif. Hasil analisa EDX menunjukkan bahwa karbon aktif memiliki elemen karbon (C), oksigen (O), dan kalium (K).



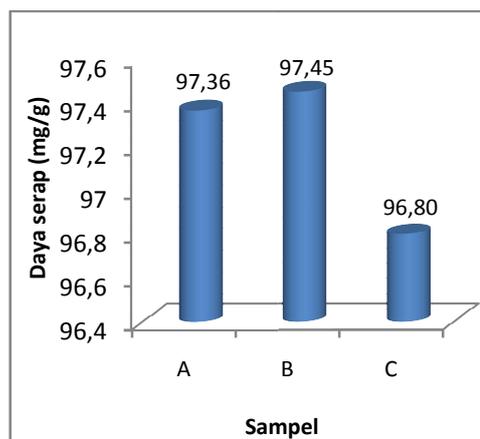
Gambar 5. Diagram elemen karbon aktif kayu *Eucalyptus pellita*

Gambar 5 merupakan diagram elemen karbon aktif kayu *Eucalyptus pellita*. Kandungan Karbon (C) dalam karbon aktif dari ketiga sampel memiliki rata-rata nilai $\pm 66\%$. Oksigen (O) yang terkandung pada karbon aktif yaitu $\pm 30\%$. Sedangkan kalium (K) yang

terkandung pada karbon aktif yaitu $\pm 2,6\%$. Penelitian yang dilakukan oleh Franco *et al.* (1998) menyebutkan bahwa batang kayu *Eucalyptus* spp memiliki unsur kalium. Kalium yang masih tersisa dalam karbon aktif ini kemungkinan berasal dari batang kayu dan juga berasal dari KOH. Hasil ini mengacu pada temperatur karbonisasi yang kecil dan sampel yang digunakan berwarna coklat kehitaman.

Analisa Penyerapan Metilen Biru

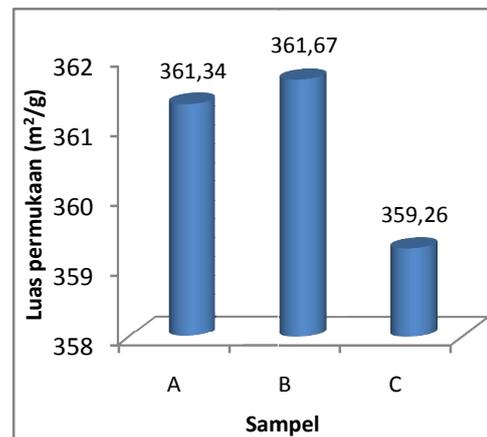
Penyerapan metilen biru dilakukan untuk mengetahui daya serap dan luas permukaan karbon aktif. Daya serap metilen biru dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2).



Gambar 6. Daya serap karbon aktif terhadap metilen biru

Menurut Iqbalidin *et al.* (2012), besar daya serap karbon aktif terhadap metilen biru mengidentifikasi bahwa sampel menghasilkan struktur pori yang sesuai sebagai penyerap limbah dan polutan dengan ukuran sebesar molekul metilen biru. Gambar 6 menunjukkan bahwa dengan kenaikan persentase KOH maka kemampuan daya serap karbon aktif

terhadap metilen biru semakin tinggi, dengan nilai daya serap optimum terdapat pada sampel B dengan daya serap sebesar 97,45 mg/g dan akan turun kemampuan daya serapnya pada sampel C yaitu dengan daya serap sebesar 96,80 mg/g.



Gambar 7. Luas permukaan karbon aktif

Gambar 7 merupakan grafik luas permukaan karbon aktif. Luas permukaan karbon aktif yang paling besar terdapat pada sampel B dengan luas permukaan 361,67 m²/g dan luas permukaan yang paling kecil terdapat pada sampel C dengan luas permukaan 359,26 m²/g. Hasil ini sesuai dengan nilai L_c di mana nilai L_c tertinggi diperoleh pada sampel B dengan nilai 4,275 nm.

Persentase KOH yang diberikan sangat berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif di mana semakin tinggi persentase KOH maka daya serap dan luas permukaan karbon aktif semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pori karbon aktif semakin banyak, sehingga kemampuan menyerap juga semakin besar. Karbon aktif sampel C mempunyai daya serap metilen biru dan juga luas permukaan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan karbon aktif sampel B (sampel terbaik). Hasil ini

disebabkan karena pada sampel C memiliki persentase KOH berlebih di permukaan karbon aktif sehingga menghalangi proses penyerapan metilen biru.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah bahwa KOH dapat mempengaruhi nilai hasil karbon aktif, semakin besar persentase KOH yang diberikan maka nilai *yield* karbon aktif semakin menurun. Hasil analisa struktur mikro menunjukkan karbon aktif memiliki struktur semikristalin dengan terbentuknya pola difraksi dengan dua puncak pada sudut 2θ . Analisa elemen karbon aktif pada sampel B memiliki kandungan unsur karbon (C) sebesar 67,87%, Oksigen (O) sebesar 30,63%, dan Kalium (K) sebesar 1,50%. Daya serap karbon aktif terhadap metilen biru tertinggi pada sampel B sebesar 97,45 mg/g dan luas permukaan sebesar 361,67 m²/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, R., Faryuni, I.D., dan Wahyuni, D. 2013. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) terhadap Kualitas Karbon Aktif Kulit Durian sebagai Adsorben Logam Fe pada Air Gambut. *Prisma Fisika*. I (2) : 82 – 86.
- Chen, H. dan Hashisho, Z. 2012. Fast preparation of activated carbon from oil sands coke using microwave-assisted activation. *Fuel* 95: 178–182.
- Deng, H., Yang, L., Tao, G., dan Dai, J. 2008. 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.
- Dombro, D.B. 2010. *Eucalyptus pellita: Amazonia Reforestation's Red Mahogany*. Australia : Planeta Verde Reforestación S.A.
- Erlina., Umiatin., dan Budi, E. 2015. Pengaruh konsentrasi larutan KOH pada karbon aktif tempurung kelapa untuk adsorpsi logam Cu. *Seminar Nasional Fisika*, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Jakarta. Vol IV, Oktober 2015, ISSN: 2339-0654.
- Franco, C., Guiyurtlu, I., dan Cabrita, I. 1998. Fluidised bed gasification of eucalyptus grown under different fertilization conditions: The 10th European Conference on Biomass for Energy and Industry, June 1998, Würzburg, Germany.
- Iqbaldin, M., Khudzir, I., Azlan, M., Zaidi, A.G., Surani, B., dan Zubri, Z. 2012. Properties of Coconut Shell Activated Carbon. *Journal of Tropical Science* 25(4): 497-503.
- Kalderis, D., Bethanis, S., Paraskeva, P., dan Diamadopoulos, E. 2008. Production of activated carbon from bagasse and rice husk by a single stage chemical

- activation method at low retention times. *Biores Technol* 99: 6809-6816.
- Li, W., Peng, J.H., dan Zhang, L.B. 2009. Preparation of activated carbon from coconut shell chars in pilot-scale microwave heating equipment at 60 kW. *Waste Management* 29: 756–760.
- Manocha, S. M. 2003. Porous Carbons. India: *Journal Sadhana* 28 : 182.
- Pitchai, K., Chen, J., Birla, S., Gonzales, R., Jones, D., dan Subbiah, J.. 2013. A Microwave Heat Transfer Model for a Rotating Multi-component Meal in a Domestic Oven: Development and validation. *Journal of Food Engineering* 128 (2013) 60–71.
- Qu, D. 2002. Studies of the activated carbons used in double-layer supercapacitors. *Journal of Power Sources* 109 : 403–411.
- Rao, M., Madhava., Rao, G.P., Chandra., Seshaiyah, K., Choudary, N.V., dan Wang, M.C. 2008. Activated carbon from Ceiba pentandra hulls, an agricultural waste, as an adsorbent in the removal of lead and zinc from aqueous solutions. *Waste Management* 28 : 849 – 858 (2008).
- Sudaryanto, Y., Hartono, S.B., Irawaty, W., Hindarso, H., dan Ismadji, S. 2006. High surface area activated carbon prepared from cassava peel by chemical activation. *Biores Technol.* 97:734-739.
- Supangat, A.B. Supriyo, H. Poedjirahajoe, E. Sudira, P. 2012. Produksi Biomassa dan Akumulasi Hara pada Lahan Hutan Tanaman Eucalyptus Pellita F.Muell Umur Empat Tahun di Riau. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 19 (2): 118-127 (2012).
- Tamado, D., Budi, E., Wirawan, R., Dwi, H., Tyaswuri, A., Sulistiani, E., dan Asma, E. 2013. Sifat Termal Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa. *Seminar Nasional Fisika Universitas Negeri Jakarta*.
- Verneresson, T., Bonelli, P.R., Cerrella, E.G., dan Cukierman, A.L. 2002. Arundo donnx cane as precursor for activated carbons preparation by phosphoric acid activation. *Biores Technol.* 83:95-104.
- Wang,T. Tan, S. dan Liang, C. 2009. Preparation and characterization of activated carbon from wood via microwave-induced ZnCl₂ activation. *Carbon* 47: 1867–1885.