

**PENGARUH LAMA AKTIVASI TERHADAP STRUKTUR KIMIA  
DAN MUTU ARANG AKTIF SERBUK GERGAJI SENGON**

*(Effect of Activation Time on Chemical Structure and Quality of Sengon Sawdust  
Activated Charcoal)*

Oleh/by:

**Gustan Pari, Kurnia Sofyan , Wasrin Syafii & Buchari**

**ABSTRACT**

*Purpose of this research is to study the effect of activation time on the chemical structure and quality of activated charcoal. The activated charcoal was produced in a stainless steel retort with electrical heater at temperature of 850<sup>0</sup>C with reaction time of 30, 60, 90 and 120 minutes by using steam activation. The chemical structure of activated charcoal was evaluated using infra red spectroscopy (FTIR), X-ray diffraction (XRD) and scanning Electron microscope (SEM). The best quality of activated charcoal was produced at 90 minutes reaction time. The yield of activated charcoal was 13.75%,owning 3.03% moisture content, 23.57% ash content, 11.12% volatile matter, and fixed carbon of 65.31%. Adsorptive capacity of iodine was 1003.9 mg/g, benzene 19.10%, formaldehyde 40.55% and methylene blue 282.19 mg/g. Quality of the activated charcoal, particularly the adsorptive capacity of iodine and methylene blue could meet the Indonesian commercial standard requirement. Result of XRD diffractogram showed that the height ( $L_c$ ), and the average number ( $N$ ) of aromatic layers increased with increasing activation time, where as the wide ( $L_a$ ) of aromatic layer and the degree of crystallinity ( $X$ ) decreased, whilst the interlayer spacing ( $d$ ) of the aromatic layers was stable. The FTIR spectra showed that surface of the activated charcoal possessed C-O and C-H bonds. The photograph of SEM showed that the*

*amount and the diameter of pores increased with increasing activation time and became dominated by macropores.*

*Keywords: activated charcoal, sengon, structure, sawdust, XRD, FTIR, SEM*

### **ABSTRAK**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh lama aktivasi terhadap perubahan struktur kimia dan mutu arang aktif. Arang aktif dibuat di dalam retor baja tahan karat yang dilengkapi dengan pemanas listrik pada suhu 850°C dengan lama waktu reaksi 30, 60, 90 dan 120 menit dengan menggunakan uap air sebagai bahan pengaktif. Evaluasi struktur kimia arang aktif dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri infra merah (FTIR), X-ray difraksi (XRD) dan elektron mikroskop (SEM). Mutu arang aktif terbaik dihasilkan pada arang yang diaktivasi selama 90 menit. Rendemen yang dihasilkan sebesar 13,75 %, kadar air 3,03 %, abu 23,57 %, zat terbang 11,12 %, karbon 65,31 %. Daya serap terhadap iodin sebesar 1003,9 mg/g, benzena 19,10 %, formaldehida 40,55 % dan metilina biru 282,19 mg/g. Mutu arang aktif yang dihasilkan ini, terutama apa bila dilihat dari besarnya daya serap terhadap iodin dan metilina biru memenuhi persyaratan Standar Indonesia. Hasil pengkajian struktur arang aktif dengan menggunakan XRD menunjukkan tinggi (Lc) dan jumlah (N) lapisan aromatik meingkat dengan makin lamanya waktu aktivasi, sedangkan lebar (La) lapisan aromatik dan derajat kristalinitasnya (X) menurun dengan jarak antar lapisan (d) stabil. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa permukaan arang aktif mengandung ikatan C-O dan C-H, dan hasil analisis SEM menunjukkan jumlah dan diameter pori meningkat dengan makin lamanya waktu aktivasi dan didominasi oleh makropori.

Kata kunci: arang aktif, sengon, struktur, serbuk gergaji, XRD, FTIR, SEM

## **I. PENDAHULUAN**

Masalah yang dihadapi arang aktif adalah mutu dan sifat arang aktif yang masih rendah dan penggunaannya terbatas, terutama untuk arang aktif yang dibuat dari serbuk gergaji kayu. Di lain pihak Indonesia memiliki potensi bahan arang aktif yang sangat tinggi. Penelitian yang selama ini dilakukan terbatas hanya pada penetapan kadar abu, zat terbang, daya serap iodium dan benzena tanpa mempelajari mekanisme perubahan kimia yang terjadi selama proses karbonisasi dan aktivasi. Perubahan struktur kimia arang aktif diperlukan untuk mengetahui hubungannya dengan mutu arang aktif yang dihasilkan (Pari, 1996). Penelitian mengenai pengaruh lama aktivasi pernah dilakukan oleh Hartoyo *et al* (1990) yang menyimpulkan bahwa makin lama waktu aktivasi daya serap arang aktif makin tinggi, namun demikian penelitian tersebut tidak mempelajari mekanisme perubahan selama proses aktivasi. Penelitian ini bertujuan mengetahui perubahan struktur kimia arang aktif akibat lamanya proses aktivasi dan pengaruhnya terhadap mutu arang aktif yang dihasilkan.

## **II. BAHAN DAN METODE**

### **A. Bahan dan Alat**

Bahan baku yang digunakan adalah serbuk gergaji kayu sengon (*Paraserianthes falcataria* L.Nielson) yang diperoleh dari Jasinga, Jawa Barat. Bahan kimia yang digunakan di antaranya adalah KI, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, iodin, kanji, benzena, dan formalin. Peralatan yang digunakan di antaranya adalah tungku, tanur, dan oven.

### **B. Metode**

#### **1. Pembuatan arang aktif**

Arang aktif dibuat di dalam tungku yang terbuat dari baja tahan karat yang dilengkapi pemanas listrik dan termokopel, dengan kapasitas 400 gram. Mula-mula serbuk gergaji sengon dipanaskan sampai suhu 300°C selama 5 jam, arang serbuk sengon yang dihasilkan kemudian dipanaskan sampai suhu mencapai 850°C yang selanjutnya diaktivasi dengan jalan mengalirkan uap H<sub>2</sub>O selama 30, 60, 90 dan 120 menit pada suhu uap 100°C dengan tekanan 0,5 kg/cm<sup>2</sup>. Tungku dipanaskan dengan jalan mengalirkan arus listrik, kenaikan suhu diatur dengan cara mengatur termokopel sampai dicapai suhu yang diinginkan.

## 2. Peneraan struktur kimia arang aktif

Untuk mengetahui perubahan struktur kimia yang terjadi selama proses aktivasi dilakukan analisis gugus fungsi dengan menggunakan spektrofotometri infra merah (FTIR) (Pelkin Elmer 1600). Topografi permukaan arang aktif dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) (Hitachi, 4500), yang dilakukan dengan cara melapis bahan baku dengan platina, dan untuk mengukur derajat kristalin, jarak antar lapisan, tinggi lapisan antar aromatik dan jumlah lapisan aromatik digunakan difraksi sinar X (XRD) (Shimadzu, XD-DI) dengan sumber radiasi tembaga (Iguchi 1997, Jimenez, *et al.* 1999, Kercher 2003). Mutu arang aktif juga diuji berdasarkan Standar Indonesia (SNI, 1995), yang meliputi penetapan kadar air, abu, zat terbang, karbon terikat, daya serap terhadap benzena, iodin, dan biru metilena. Derajat kristalinitas (X) ditentukan dengan rumus di bawah ini:

$$X = \frac{\text{Bagian kristalin}}{\text{Bagian kristal} + \text{Bagian amorf}} \times 100 \%$$

Selanjutnya beberapa ciri fisika-kimia arang aktif ditentukan berdasarkan persamaan-persamaan berikut ini:

Jarak lapisan antar aromatik ( $d_{002}$ ):  $\lambda = 2 d \sin \theta$

Tinggi lapisan aromatik ( $L_c$ ):  $L_{c(002)} = K \lambda / \beta \cos \theta$

Lebar lapisan aromatik ( $L_a$ ):  $L_{a(100)} = K \lambda / \beta \cos \theta$

Jumlah lapisan aromatik (N):  $N = L_c / d$

$\lambda = 0,15406$  nm (panjang gelombang dari radiasi sinar Cu)

$\beta =$  Intensitas  $\frac{1}{2}$  tinggi dan lebar (radian  $\theta$ )

K = Tetapan untuk lembaran graphena (0,89)

$\theta =$  Sudut difraksi

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pola Struktur Gugus Fungsi Arang Aktif

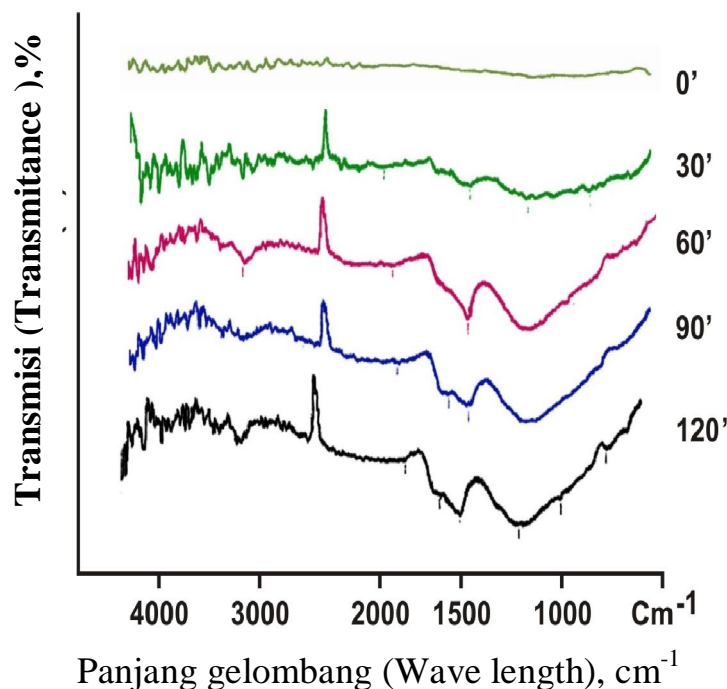
Spektrogram FTIR dari arang serbuk sengon (Gambar 1) yang tidak diaktivasi menunjukkan adanya vibrasi C-H dan C-O-C dari senyawa aromatik yang ditunjukkan dengan adanya pita serapan di daerah panjang gelombang 1396 dan 1072  $\text{cm}^{-1}$ .

Tabel 1. Panjang gelombang arang aktif serbuk gergaji sengon  
*Table 1. Wave length of sengon sawdust activated charcoal*

Lama aktivasi ( <i>Activation time</i> ), minutes	Panjang gelombang ( <i>Wave length</i> ), $\text{cm}^{-1}$					
0	1396	1072				
30	1866	1407	1102			
60	1801	1401	1096			
90	1783	1513	1407	1108		
120	1695	1513	1407	1096	873	632

Hasil penelitian menunjukkan bahwa spektrum FTIR (Tabel 1 dan Gambar 1) pada arang yang diaktivasi selama 30 –60 menit memperlihatkan adanya vibrasi C=O yang ditunjukkan dengan adanya pita serapan di daerah panjang gelombang 1866  $\text{cm}^{-1}$ , ikatan C-H dari senyawa alifatik yang ditunjukkan dengan adanya pita serapan di

daerah panjang gelombang  $1407\text{ cm}^{-1}$ , dan ikatan C-O yang ditunjukkan dengan adanya pita serapan di daerah panjang gelombang  $1102\text{ cm}^{-1}$  menit, tetapi disertai dengan pergeseran panjang gelombang (Menendez, *et al.* 1999). Hal serupa ditunjukkan pula oleh spektrum dari arang yang diaktivasi selama 90 menit, namun terdapat vibrasi C=C dari senyawa aromatik yang ditunjukkan dengan adanya pita serapan di daerah  $1513\text{ cm}^{-1}$ . Aktivasi lebih lanjut menyebabkan hilangnya gugus karbonil disusul dengan terbentuknya C=C alifatik yang masing-masing ditunjukkan oleh tidak adanya pita serapan di daerah panjang gelombang  $1783\text{ cm}^{-1}$  dan terdapatnya pita serapan di daerah panjang gelombang  $1695\text{ cm}^{-1}$ . Selain itu terindikasi adanya struktur polisiklik pada pita serapan di daerah panjang gelombang  $873\text{ -}632\text{ cm}^{-1}$  (Ercin and Yurum, 2003).



Gambar 1. Spektrum FTIR arang aktif serbuk sengon pada berbagai waktu aktivasi pada suhu  $850^{\circ}\text{C}$ .

*Figure 1. FTIR spectra of sengon sawdust activated charcoal on several activation times at temperature of  $850^{\circ}\text{C}$*

Berdasarkan pola spektrum IR (Gambar1) terlihat bahwa makin lama waktu aktivasi intensitas serapan di daerah panjang gelombang  $1400 - 900\text{ cm}^{-1}$  makin lebar.

Hal ini menunjukkan bahwa struktur permukaan arang aktif masih mengandung ikatan C-O dan C-H serta terjadi perubahan gugus fungsi, yang mengakibatkan berubahnya sifat arang tersebut menjadi lebih polar dibandingkan dengan kondisi awalnya.

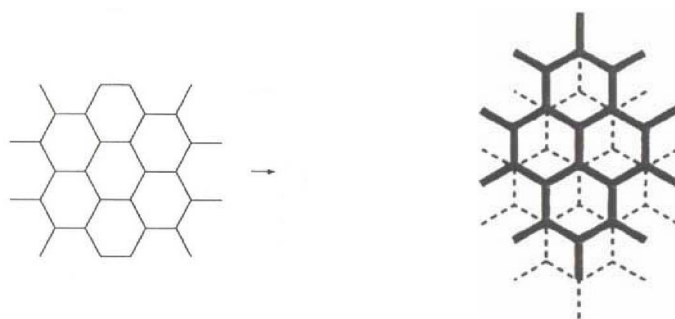
### B. Pola Struktur Kristalit Arang Aktif

Hasil penelitian derajat kristalinitas dan jarak antar lapisan aromatik tercantum pada Tabel 2 dan Gambar 2, yang menunjukkan bahwa derajat kristalinitas arang aktif makin kecil dengan semakin lamanya waktu aktivasi, sementara jarak antar lapisan aromatik ( $d$ ) relatif tetap, namun tinggi lapisan ( $L_c$ ), jumlah lapisan ( $N$ ) dan lebar lapisan kristalit ( $L_a$ ) sedikit berubah.

Tabel 2. Derajat kristalinitas dan jarak antar lapisan aromatik

*Table 2. Degree of crystallinity and interlayer spacing of the aromatic sheets.*

Lama aktivasi ( <i>Activation time</i> ), minutes	Derajat kristalinitas ( <i>Degree of crystallinity</i> ), %	Jarak antar lapisan aromatik ( <i>Interlayer spacing of the aromatic sheet</i> )	
		$\theta$ d (nm)	$\theta$ d (nm)
0	38,8	(16) 0,5532	(23) 0,3862
30	33,5	(24) 0,3703	(43) 0,2101
60	27,4	(24) 0,3703	(43) 0,2101
90	21,8	(24) 0,3703	(43) 0,2101
120	20,9	(24) 0,3703	(43) 0,2101



Gambar 2. Struktur amorf arang aktif

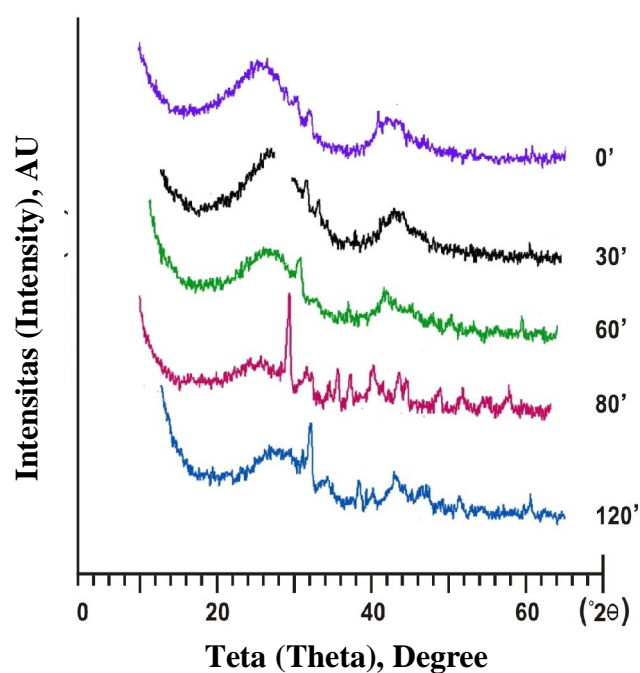
*Figure 2. Amorphous structure of the activated charcoal*

Sumber (Source): Tanaka *et al.* (1997)

Tabel 3. Tinggi ( $L_c$ ), lebar ( $L_a$ ) dan jumlah ( $N$ ) lapisan aromatik dari arang aktif serbuk gergaji sengon

Table 3. Height ( $L_c$ ), width ( $L_a$ ), and number ( $N$ ) of aromatic layer of sengon sawdust activated charcoal

Lama aktivasi (Activation time), minutes	$L_c$	$N$	$L_a$
30	2,7412	7,7	12,46
60	2,9802	8,3	12,06
90	3,0356	8,5	11,67
120	3,0356	8,5	11,67



Gambar 3. Difraktogram XRD arang aktif serbuk sengon pada berbagai waktu aktivasi pada suhu  $850^{\circ}\text{C}$

Figure 3. XRD diffractogram of sengon sawdust activated charcoal on several activation times at temperature of  $850^{\circ}\text{C}$

Dari Tabel 2. terlihat bahwa peningkatan lama aktivasi meningkatkan tinggi lapisan ( $L_c$ ) antar susunan aromatik. Hal ini menggambarkan ikatan atom antar karbon meregang sehingga memperpanjang jarak atom antar karbon yang berakibat mempertinggi nilai  $L_c$ . Begitu juga dengan jumlah lapisan aromatik ( $N$ ) bertambah banyak dengan meningkatnya waktu aktivasi, sebaliknya lebar lapisan aromatik ( $L_a$ )



bertambah lebar. Hal ini menunjukkan bahwa selama proses aktivasi terjadi proses penataan ulang atom karbon dengan arah horizontal tambah melebar dan ke arah vertikal bertambah tinggi, sehingga bentuk kristalit yang terbentuk makin kecil akibatnya jarak antar kristalit bertambah besar. Hasil ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Jimenez, *et al* (1999) yang mempelajari pengaruh kenaikan suhu terhadap perubahan struktur fisika dan kimia batubara vitrinit dan Schukin, *et al.* (2002) yang mempelajari pengaruh proses aktivasi terhadap perubahan struktur arang aktif, serta Manivannan, *et al.* (1999) yang menyimpulkan makin besar luas permukaan arang aktif akan memperkecil lebar lapisan kristalit dan memperpanjang tinggi lapisan kristalit. Selain itu selama proses aktivasi terjadi pergeseran pelat heksagonal, yang semula tingkat keteraturannya tinggi (kristalin) menjadi tidak beraturan (amorf) (Gambar 2). Pola ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Tanaka, *et al* (1997) dan Lu, *et al* (2001). Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa perlakuan aktivasi pada arang sengon mengubah pola struktur arang aktif sengon menjadi lebih amorf dibandingkan dengan kondisi awalnya.

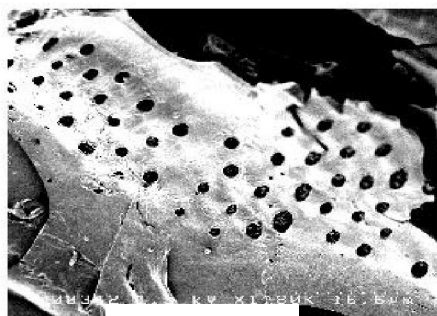
### **C. Pola Struktur Permukaan Pori Arang Aktif**

Tabel 3 dan Gambar 4 memperlihatkan bahwa makin lama waktu aktivasi, makin banyak jumlah dan makin besar diameter pori arang aktif. Hal ini menunjukkan selama proses aktivasi, pelat-pelat karbon kristalit yang tidak teratur mengalami pergeseran sehingga permukaan kristalit menjadi terbuka terhadap gas pengaktif yang dapat mendorong residu-residu hidrokarbon. Pergeseran pelat karbon menghasilkan pori yang baru dan mengembangkan mikropori awal menjadi makropori, serta menurunkan derajat kristalinitas. Identifikasi struktur kristalit arang aktif dengan XRD menunjukkan hal ini. Penurunan derajat kristalinitas meningkatkan daya jerap arang aktif. Selama

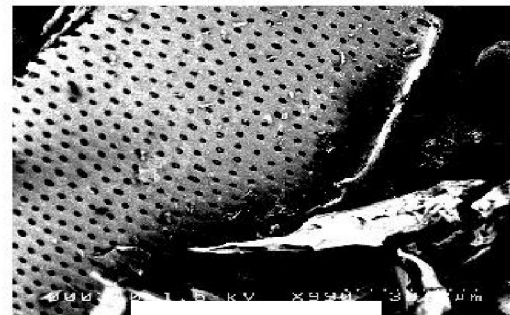
proses karbonisasi, bahan karbon mengalami fragmentasi membentuk struktur aromatik yang termotabil. Struktur ini menginisiasi pembentukan struktur aromatik berikutnya hingga membentuk pelat heksagonal (Hassler, 1974).

Table 4. Diameter pori arang aktif serbuk gergaji sengon  
*Table 4. Pore diameter of sengon sawdust activated charcoal*

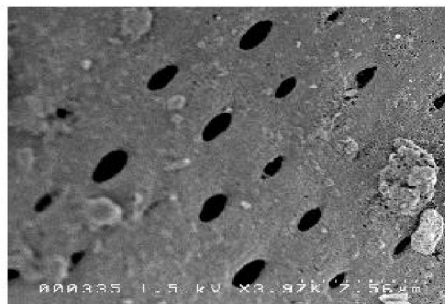
Lama aktivasi ( <i>Activation time</i> ), minutes	Diameter ( <i>Diameter</i> ), $\mu\text{m}$
30	0,9 – 1,6
60	1,3 – 1,7
90	1,6 – 2,6
120	1,8 – 2,7



30 minutes



60 minutes



90 minutes



120 minutes

Gambar 4. Fotograf SEM dari arang aktif serbuk gergaji sengon  
*Figure 4. SEM photograph of sengon sawdust activated charcoal*

#### D. Mutu Arang Aktif

Berdasarkan Tabel 4 tampak bahwa peningkatan waktu aktivasi menyebabkan penurunan rendemen. Hasil uji sidik-ragam (Tabel 7) menunjukkan bahwa waktu aktivasi berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen arang aktif. Alur antara rendemen (R) sebagai fungsi waktu aktivasi (t) memberikan hubungan linier untuk rentang waktu aktivasi antara 30 – 120 menit dan dinyatakan menurut persamaan:

$$\text{Rendemen} = -0,4757 t + 61,68 \text{ dengan } r = 0,9761$$

Semakin lama waktu aktivasi, penurunan rendemen sejalan dengan penurunan kadar karbon. Waktu aktivasi (t) dan kadar karbon juga memperlihatkan hubungan linier, walaupun hasil uji sidik-ragamnya tidak menunjukkan perbedaan nyata (Tabel 7). Semua nilai kadar karbon yang dihasilkan memenuhi syarat Standar Indonesia (SNI, 1995), yaitu lebih dari 65 %.

$$\text{Kadar karbon} = -0,2733 t + 92,77 \text{ dengan } r = 0,9637$$

Penurunan rendemen dan kadar karbon dengan meningkatnya waktu aktivasi dikonfirmasi oleh meningkatnya kadar abu. Hasil uji sidik-ragam (Tabel 7) menunjukkan bahwa lama aktivasi berpengaruh nyata terhadap abu arang aktif dengan mengikuti persamaan berikut ini.

$$\text{Kadar abu} = 0,1364 t + 3,07 \text{ dengan } r = 0,9851$$

Semua kadar abu arang aktif yang dihasilkan tidak memenuhi syarat Standar Indonesia (SNI, 1995), yaitu lebih dari 10 %. Kadar abu yang tinggi dapat mengurangi daya jerap arang aktif terhadap gas dan larutan, karena mineral seperti kalsium, kalium, magnesium, dan natrium menyebar dalam kisi arang aktif, dan mempengaruhi pembentukan lebar lapisan kristalit (Manivannan, *et al* 1999).

Kandungan zat terbang praktis tidak menunjukkan perubahan yang berarti dengan meningkatnya waktu aktivasi. Hal ini mengindikasikan bahwa sejak menit ke 30, zat yang mudah terurai menguap atau mengurai sempurna pada suhu 850<sup>0</sup>C. Semua nilai kadar zat terbang yang dihasilkan memenuhi syarat Standar Indonesia (SNI, 1995), yaitu kurang dari 25 %. Hasil uji sidik-ragam (Tabel 7) menunjukkan bahwa lama aktivasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar zat terbang.

Tabel 5. Rendemen dan sifat arang aktif

*Table 5. Yield and the properties of the activated charcoal*

Lama aktivasi ( <i>Activation time</i> ), minutes	Rendemen ( <i>Yield</i> ), %	Kadar (Content), %			
		Air ( <i>Moisture</i> )	Abu ( <i>Ash</i> )	Zat terbang ( <i>Volatile</i> )	Karbon ( <i>Carbon</i> )
30	50,06	2,30	9,62	7,57	82,81
60	32,26	0,54	11,98	7,58	80,44
90	13,75	3,03	23,57	11,12	65,31
120	8,66	2,45	30,91	8,57	60,52

Pengaruh lama aktivasi terhadap kelembaban (*moisture*) tidak menunjukkan pola yang khas dan tampak fluktuatif. Kenyataan ini menginformasikan bahwa kelembaban lebih ditentukan oleh struktur pori bahan arang aktif yang diperoleh dari proses pemanasan tertentu (850<sup>0</sup>C pada penelitian ini). Semua kadar air yang dihasilkan memenuhi syarat Standar Indonesia (SNI, 1995), yaitu tidak lebih dari 15 %. Hasil uji sidik ragam (Tabel 7) menunjukkan bahwa lama aktivasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air arang aktif.

Tabel 6. Sifat daya serap arang aktif

*Table 6. Properties of adsorptive capacity of the activated charcoal*

Lama aktivasi ( <i>Activation time</i> ), Minutes	Daya serap (Adsorptive capacity)				
	Iodin ( <i>Iodine</i> ) mg/g	Benzena ( <i>Benzene</i> ) %	Formaldehida ( <i>Formaldehyde</i> ) %	Metilena biru ( <i>Methylene blue</i> ) mg/g	Luas permukaan ( <i>Surface area</i> ) m <sup>2</sup> /g
30	780,3	10,24	20,67	123,11	456,4
60	987,0	14,61	34,30	277,43	1028,6
90	1003,9	19,10	40,55	282,19	1046,3
120	880,1	16,08	33,22	151,96	563,45

Berdasarkan Tabel 5 tampak secara umum peningkatan waktu aktivasi (t) menyebabkan peningkatan daya jerap arang aktif terhadap iodin, benzena, formaldehida, dan biru metilena. Daya serap dan waktu aktivasi berhubungan secara kuadratik dengan persamaan seperti tercantum dalam tabel 6. Hasil uji sidik ragam (Tabel 7) menunjukkan bahwa waktu aktivasi berpengaruh sangat nyata terhadap daya jerap yodium, biru metilen dan formaldehida, tetapi tidak berbeda terhadap daya jerap benzena. Arang aktif yang diteliti semuanya memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI, 1995) karena daya jerap iodin dan biru metilennya masing-masing lebih dari 750 dan 120 mg/g, kecuali arang yang diaktivasi selama 30 menit. Untuk daya jerap terhadap benzena semuanya tidak memenuhi persyaratan SNI, karena kurang dari 25 %.

Dari hasil uji beda nyata jujur (BNJ) (Tabel 8) diketahui bahwa arang aktif yang diaktivasi selama 120 menit secara nyata berbeda dengan arang aktif yang diaktivasi selama 30, 60 maupun 90 menit. Dengan demikian dapat dikemukakan bahwa arang aktif serbuk gergaji jati terbaik dapat diperoleh melalui aktivasi selama 120 menit. Didasarkan atas besarnya daya jerap iodin dan biru metilena, maka arang yang diaktivasi selama 120 menit ini dapat digunakan untuk pemurnian minyak makan dan

arang aktif untuk air minum karena daya serapnya lebih dari 1000 mg/g dan 130 mg/g (SNI, 1996).

Tabel 7. Sidik regresi antara daya serap (Y) dan lama aktivasi (t)

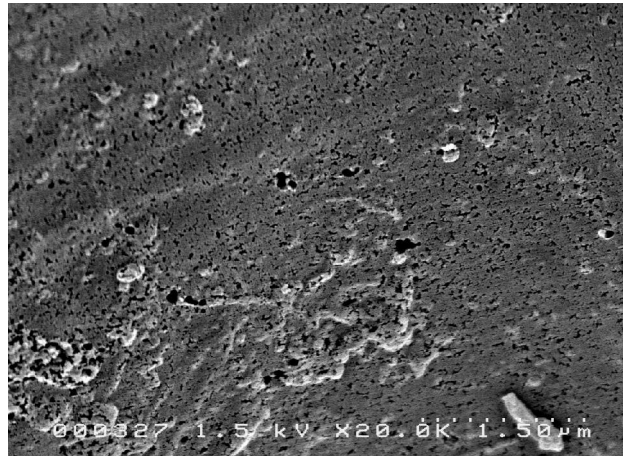
Table 7. Regression between adsorptive capacity (Y) and activation time (t).

Daya serap ( <i>Adsorptive capacity of</i> )	Regresi ( <i>Regression</i> )	r
Iodin ( <i>Iodine</i> ), mg/g	$Y = -0,0981 t^2 + 14,82 t + 420,5$	0,9981
Benzena ( <i>Benzene</i> ), Formaldehida, %	$Y = -0,0021 t^2 + 0,382 t + 0,233$	0,9639
Metilena biru ( <i>Methylene blue</i> ), mg/g	$Y = -0,0058 t^2 + 1,018 t - 4,940$	0,9953
	$Y = -0,0790 t^2 + 12,16 t - 169,8$	0,9997

Keterangan (*Remarks*) : t = menit (*minutes*)

Iodin, benzena dan formaldehida memiliki tekanan uap yang tinggi, sehingga proses adsorpsi berlangsung dalam fase gas yang dijerap oleh arang aktif yang berupa fase padatan, sedangkan biru metilena tekanan uapnya relatif rendah sehingga dijerap arang aktif melalui fase larutannya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa makin lama waktu aktivasi daya jerap arang aktif terhadap iodin dan biru metilena makin tinggi (Tabel 5). Hasil ini sejalan dengan perubahan struktur pori yaitu makin lama aktivasi makin banyak terbentuk struktur makropori (Gambar 4). Selain itu, dari hasil pengamatan SEM terlihat juga adanya struktur mikropori dengan ukuran diameter pori sebesar 0,02  $\mu\text{m}$  (Gambar 5) yang berperan dalam daya jerap fase gas.

Dari tabel 2 terlihat juga bahwa daya serap terhadap uap formaldehida lebih besar dibandingkan dengan daya serap terhadap uap benzena, hal ini menunjukkan arang aktif yang dihasilkan bersifat polar, sesuai dengan hasil identifikasi gugus fungsi dengan FTIR (Gambar 1).



Gambar 5. Struktur mikropori arang aktif dengan diameter pori  $0,02 \mu\text{m}$   
*Figure 5. Micropore structure of the activated charcoal with pore diameter of  $0.02 \mu\text{m}$*

## V. KESIMPULAN

1. Selama proses aktivasi terjadi pergeseran pelat heksagonal yang mengakibatkan struktur arang aktif berubah menjadi lebih amorf dan dimensi kristalinitasnya mengalami penataan ulang kearah vertikal sehingga tinggi lapisan ( $L_c$ ), dan jumlah lapisan aromatik ( $N$ ) meningkat dengan makin lamanya waktu aktivasi, sedangkan untuk lebar lapisan aromatik ( $L_a$ ), dan derajat kristalinitas ( $X$ ) menurun dan jarak antar ruang lapisan aromatik ( $d$ ) relatif tetap. Struktur permukaan arang aktif yang dihasilkan bersifat polar dan mengandung gugus C-H dan C-O-C serta pola struktur pori yang terbentuk bersifat makropori dengan diameter pori antara  $0,9 - 2,7 \mu\text{m}$ .
2. Arang aktif yang terbaik dihasilkan pada arang yang diaktivasi selama 90 menit. Rendemen arang aktif yang dihasilkan sebesar 13,75 %; kadar air 3,03%; kadar abu 23,57%; kadar zat mudah menguap 11,12% dan kadar karbon 65,31 %. Daya serap arang aktif terhadap yodium sebesar 1003,9 mg/g; benzena 19,10 %; formaldehida 40,55 % dan daya serap terhadap metilena biru 282,19 mg/g.  $L_c$

sebesar 3,0356 nm,  $L_a = 11,67$  nm,  $N = 8,5$  dan derajat kristalinitas sebesar 21,8 % serta diameter pori antara 1,6 – 2,6  $\mu\text{m}$ . Mutu arang aktif yang dihasilkan terutama daya jerap terhadap iodin dan biru metilena memenuhi persyaratan Standar Indonesia (SNI, 1995) dan dapat digunakan untuk pemurnian minyak makan dan penjernihan air minum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ercin, D. and Y. Yurum (2003). Carbonization of fir (*Abies bornmulleriana*) wood in an open pyrolysis system at 50 – 300<sup>0</sup>C. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 67: 11-22.
- Hartoyo, Hudaya, N. dan Fadli. (1990). Pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dan kayu bakau dengan cara aktivasi uap. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Bogor*. 8: 8-16. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Hassler, J.W. (1974). Purification with activated carbon: Industrial, commercial, environmental. Chemical Publishing, New York.
- Lu, W and D. D. L. Chung. 2001. Preparation of conductive carbons with high surface area. *Carbon* 39: 39-44
- Hinterstoisser, B., Akerholm, M and L. Salmen. (2001). Effect of fiber orientation in dynamic FTIR study on native cellulose. *Carbohydrate Research*. 334: 27-37
- Manivannan, A., Chirila, M., Giles, N.C. and M.S. Seehra. (1999). Microstructure, dangling bonds and impurities in activated carbons. *Carbon*. 37: 1741-1747
- Menendez, J.A., Menendez, E.M., Iglesias, M.J., Garcia, A. and J.J. Pis. (1999). Modification of the surface chemistry of active carbons by means of microwave induced treatments. *Carbon*. 37: 1115-1121
- Iguchi, M. (1997). Practice of polymer X-Ray diffraction (Short-course textbook). Bandung Institute of Technology. Bandung.
- Jimenez, A., Iglesias, M.J., Defarge, F.L. and I.S. Ruiz. (1999). Effect of the increase in temperature on the evolution of the physical and chemical structure of vitrinite. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 50: 117-148
- Kercher, A. and D.C. Nagle. (2003). Microstructural evolution during charcoal carbonization by X-Ray diffraction analysis. *Carbon* 41: 15-27



- Pastarova, I., Botto, R.E., Arisz, P.W and J.J. Boon. 1994. Cellulose char: a combined analytical Py-GC-MS, FTIR, and NMR study. *Carbohydrate Research*. 262: (27-47)
- Schukin, L.I., M.V. Kornnievich., R.S. Vartapetjan, and S.I. Beznisko. 2002. Low temperature plasma oxidation of activated carbons. *Carbon*. 40: 2021-2040.
- SNI. 1995. Arang aktif teknis. Standar Nasional Indonesia. SNI 06-3730-1995. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Tanaka, K., H. Aoki., H. Ago., T. Yamake, and K. Okahara.1997. Interlayer interaction of two graphene sheets as a model of double layer carbonnanotubes. *Carbon* 35 (1): 121-125