

ABSTRAK

Gustan Pari , Djeni Hendra dan Ridwan,A Pasaribu (Pusat Litbang Hasil Hutan).
Peningkatan Mutu Arang Aktif Kulit Kayu mMangium

Jurnal Penelitian Hasil Hutan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu aktivasi, waktu lama aktivasi dan bahan pengaktif asam fosfat (H_3PO_4) terhadap mutu arang aktif dari kulit kayu mangium (*Acacia mangium*) yang dihasilkan. Mutu arang aktif terbaik dihasilkan dari arang yang diaktivasi pada suhu $750^{\circ}C$ selama 90 menit dengan konsentrasi H_3PO_4 sebesar 5 %. Pada perlakuan ini rendemen yang dihasilkan sebesar 43,56%, kadar air 5,44%, kadar abu 8,01%, kadar zat terbang 11,40%, kadar karbon terikat 80,60%, daya serap terhadap benzena 18,60% dan dengan daya serap terhadap yodium sebesar 912,6 mg/g. Nilai daya serap yang diperoleh ini memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia. Arang aktif dari kulit kayu mangium ini dapat digunakan untuk penjernihan air.

Kata kunci : *Acacia mangium, kulit kayu, arang aktif.*

ABSTRACTS

Gustan Pari, Djeni Hendra and Ridwan, A Pasaribu (Forest Products Research and Development Center). Increasing the Qualities of Activated Charcoal from Mangium Bark.

Journal of Forest Products Research

*The main purpose of this study was to look into the effect of activation temperature, activation time, and phosphoric acid (H_3PO_4) concentration as activator agent on the yield and quality of activated mangium (*Acacia mangium*) bark charcoal.*

The optimum condition for producing activated charcoal for water purification was obtained at temperature of $750^{\circ}C$, activation time of 90 minute, and concentration H_3PO_4 solution of 5.0%. This optimum condition produced activated charcoal with the yield of 43.5%, moisture content of 5.44%, ash content 8.01%, volatile matter of 11.4%, fixed carbon of 80.60%, benzene adsorptive capacity of 18.60%, and iodine adsorptive capacity of 912.61 mg/g. Based on the adsorptive capacity of iodine, the activated charcoal from mangium bark as such could fulfill SNI requirement and be used for water purification.

Keywords: *Acacia mangium, wood bark, activated charcoal.*

PENINGKATAN MUTU ARANG AKTIF KULIT KAYU MANGIUM
(*Increasing the Qualities of Activated Charcoal from Mangium Bark*)

Oleh/By:

Gustan Pari, Djani Hendra & Ridwan A. Pasaribu

ABSTRACT

This study was carried out to look into the influences of activation temperature, activation time and concentrations of phosphoric acid (H_3PO_4) on the yield and quality of activated charcoal from mangium bark. The activated charcoal was produced in an electrically heated stainless retort at activation temperatures of 750°C and 850°C, and activation times of 90, 120 and 150 minutes, respectively. Phosphoric acid was used as the activator agent with the concentrations of consecutively 0.0 and 5.0%.

The result showed that the optimum condition for producing the best activated charcoal for water purification was obtained at temperature of 750°C, activation time of 90 minutes and concentration of H_3PO_4 solution of 5.0%. At this optimum condition, the yield of activated charcoal was 43.5%, moisture content was 5.44%, ash content 8.01%, volatile matter 11.4%, fixed carbon content was 80.60%, benzene adsorptive capacity was 18.60% and iodine adsorptive capacity was 912.61 mg/g. Based on the adsorptive capacity of iodine, the activated charcoal from mangium bark has fulfilled the SNI requirements, and can be used for water purification.

Keywords: Acacia mangium, wood bark, activated charcoal

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu aktivasi, waktu aktivasi dan konsentrasi asam fosfat (H_3PO_4) terhadap hasil dan mutu arang aktif yang dihasilkan. Proses pembuatan arang aktif dilakukan dengan menggunakan retor yang terbuat dari baja tahan karat yang dilengkapi dengan elemen listrik pada suhu 750 dan 850°C dengan lama waktu aktivasi 90, 120 dan 150 menit. Bahan pengaktif yang digunakan adalah larutan asam fosfat (H_3PO_4) dengan konsentrasi 0,0 dan 5,0%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum untuk membuat arang aktif dengan kualitas terbaik dihasilkan dari arang yang diaktivasi pada suhu 750°C selama 90 menit dengan konsentrasi H_3PO_4 sebesar 5 %. Pada perlakuan ini rendemen yang dihasilkan sebesar 43,56%, kadar air 5,44%, kadar abu 8,01%, kadar zat terbang 11,40%, kadar karbon terikat 80,60%, daya serap terhadap benzena 18,60% dan dengan daya serap terhadap yodium sebesar 912,6 mg/g. Nilai daya serap yang diperoleh ini memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia dan dapat digunakan untuk menjernihkan air

Kata kunci : *Acacia mangium, kulit kayu, arang aktif.*

I. PENDAHULUAN

Hasil penelitian pembuatan arang aktif dari kulit kayu *Acacia mangium* terdahulu menunjukkan bahwa mutu arang aktif yang menggunakan ammonium bikarbonat (NH_4HCO_3) sebagai bahan pengaktif telah memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia (Anonim, 1995) karena daya serap iodiumnya lebih dari 750 mg/g (Pari *et al.* 2000). Sedangkan mutu arang aktif yang menggunakan asam fosfat (H_3PO_4) sebagai bahan pengaktif daya serap terhadap iodiumnya belum memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia (SNI) karena nilainya kurang dari 750 mg/g. (Pari *et al.* 2006). Untuk hal itu perlu diupayakan peningkatan mutu arang aktif dari kulit kayu mangium tersebut. Salah satu cara untuk meningkatkan daya serap ini dengan cara memperpanjang waktu aktivasi (Lee, 1997; Hendaway 2003). Perpanjangan waktu ini dapat memperluas permukaan arang aktif yang dihasilkan karena makin banyak pori yang terbentuk, tetapi apabila terlalu lama proses aktivasi akan terjadi erosi pada dinding pori sehingga daya serapnya menurun. Cara lainnya adalah menggunakan H_3PO_4 sebagai aktivator (Estudillo *et al.*, 1977; Benaddi *et al.* 2000) karena asam fosfat dapat digunakan sebagai bahan pengaktif menggantikan zinc klorida (ZnCl_2) yang bersifat korosif dan berbahaya karena mengeluarkan gas klor, namun demikian menghasilkan daya serap yang tidak jauh berbeda dan dapat menghasilkan rendemen yang lebih besar (Garcia *et al.* 2002; Park and Kim, 2003). Tujuan dari penelitian untuk mengetahui sejauh mana mutu arang aktif dari kulit kayu mangium (*Acacia mangium*) dapat ditingkatkan dengan jalan memperpanjang lama waktu aktivasi, menaikkan suhu aktivasi, dan meningkatkan konsentrasi bahan pengaktif H_3PO_4 .

II. BAHAN DAN METODA

A. Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit kayu mangium yang berasal dari Sumatera Selatan. Bahan kimia yang digunakan di antaranya adalah asam fosfat, kalium iodida, iodium, natrium tiosulfat, dan benzena, digunakan untuk menentukan kualitas arang aktif yaitu daya serap terhadap larutan dan gas. Peralatan yang digunakan diantaranya adalah retort, desikator, oven, dan tanur untuk menentukan kadar air, abu, karbon terikat dan zat terbang.

B. Metode Penelitian

Bahan baku kulit kayu mangium diarangkan dengan sistem drum selama 8 jam (Pari *et al.* 2006). Arang yang dihasilkan selanjutnya direndam dalam larutan H_3PO_4 5% selama 24 jam. Setelah ditiriskan, dimasukkan ke dalam retort berkapasitas 0,5 kg untuk dibuat arang aktif dengan cara dipanaskan pada suhu 750 dan 850°C, dan dialiri uap air selama 90, 120 dan 150 menit.

Arang aktif yang dihasilkan diuji kualitasnya berdasarkan Standar Nasional Indonesia (Anonim, 1995) yang meliputi penetapan kadar air, abu, zat terbang, karbon, daya serap terhadap iodium, dan benzena. Arang aktif yang terbaik diaplikasikan untuk penjernihan air sumur. Untuk mengetahui topografi permukaan arang aktif dilakukan pengujian dengan mikroskop elektron. Untuk mengetahui pengaruh suhu, waktu aktivasi dan konsentrasi bahan pengaktif terhadap mutu arang aktif dilakukan perhitungan analisis sidik ragam dengan sistem rancangan acak lengkap faktorial $A \times B \times C$ (Sudjana, 1980), di mana A: suhu aktivasi, B: konsentrasi asam fosfat dan C: waktu aktivasi dengan ulangan 2 kali. Jika pengaruh faktor tunggal (suhu, waktu aktivasi, dan konsentrasi H_3PO_4) atau

interaksi ke dua dan ke tiga faktor tersebut nyata, penelaahan dilanjutkan dengan uji jarak beda nyata jujur (BNJ)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rendemen Arang Aktif

Rendemen arang aktif yang dihasilkan berkisar 5,00–62,00% (Tabel 1). Berdasarkan analisis sidik ragam semua faktor dan interaksinya dua atau tiga factor tersebut berpengaruh nyata terhadap rendemen arang aktif yang dihasilkan (Tabel 2). Rendemen tertinggi dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang tidak direndam asam fosfat pada suhu aktivasi 750°C dengan lama waktu aktivasi 90 menit dan rendemen yang terendah dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang direndam asam fosfat 5% pada suhu aktivasi 850°C dengan lama waktu aktivasi 150 menit. Dari data terlihat juga bahwa makin tinggi suhu aktivasi dan makin lama waktu aktivasi, rendemen arang aktif yang dihasilkan makin rendah. Hal mana diperkuat dari hasil uji BNJ (lampiran 1) ini disebabkan oleh makin banyak atom karbon yang bereaksi dengan uap air panas membentuk senyawa yang tidak stabil dalam bentuk gas, sehingga jumlah atom karbon yang tersisa pada arang semakin kecil. Apabila dibandingkan dengan rendemen hasil penelitian terdahulu yang rendemennya antara 28,03-52,24% dan 67,40-99,40% (Pari *et al.* 2000; Pari *et al.* 2006), maka rendemen arang aktif yang dihasilkan dari percobaan ini lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi yang lebih besar (suhu tinggi dan waktu aktivasi yang cukup lama) menyebabkan ketidakstabilan atom karbon pada arang yang terbentuk sedikit.

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa tidak semua rendemen dari kombinasi perlakuan suhu, waktu aktivasi dan konsentrasi H₃PO₄ saling berbeda nyata (Lampiran 1).

Sebagai contoh rendemen arang yang diaktivasi pada suhu 750°C dengan waktu aktivasi selama 120 menit dan direndam dalam H₃PO₄ 5% sebesar 33,0% tidak memberikan perbedaan yang nyata dibandingkan rendemen arang yang diaktivasi pada suhu 750°C dengan waktu aktivasi selama 150 menit dan direndam dalam H₃PO₄ 5% sebesar 30,1%.

Tabel 1. Sifat kimia arang aktif kulit kayu mangium

Table 1. The chemical properties of activated mangium wood bark charcoal

I	II	III	Sifat kimia arang aktif (<i>Chemical properties of activated charcoal</i>)						
			A	B	C	D	E	F	G
750°C	0%	90	62,0	5,23	6,48	10,2	83,2	12,6	510,4
		120	34,2	10,2	9,76	11,6	78,6	15,6	790,2
		150	26,8	7,94	9,83	12,7	77,4	22,1	959,6
	5%	90	43,5	5,44	8,01	11,4	80,6	18,6	912,61
		120	33,0	1,26	11,5	12,7	75,7	18,2	1048,1
		150	30,1	2,82	12,1	11,1	76,8	13,7	1079,0
850°C	0%	90	16,0	4,68	6,65	12,9	80,8	23,4	1019,2
		120	9,50	1,92	7,01	10,6	82,3	22,4	961,8
		150	9,16	2,99	13,4	11,8	74,7	13,3	1079,5
	5%	90	27,7	4,87	8,29	16,9	74,8	22,6	974,3
		120	19,35	4,26	10,3	15,3	74,4	24,5	1091,8
		150	5,00	4,86	9,10	10,9	79,9	19,4	952,1

Keterangan (*Remarks*) : I = Suhu aktivasi (*Activation temperature*), °C; II = [H₃PO₄], %; III = Waktu aktivasi (*Activation time*), minutes; A = Rendemen (*Yield*), %; B = Kadar air (*Moisture content*), %; C = Kadar abu (*Ash content*), %; D = Kadar zat terbang (*Volatile matter*), %; E = Kadar karbon terikat (*Fixed carbon*), %; F = Daya serap yodium (*Adsorptive capacity of iodine*), mg/g dan G = Daya serap benzena (*Adsorptive capacity of benzene*), %

B. Kadar Air

Kadar air arang aktif yang dihasilkan berkisar antara 1,26 – 10,2% (Tabel 1). Kadar air arang aktif yang dihasilkan ini semuanya memenuhi syarat standar Indonesia (Anonim, 1995) karena kadarnya kurang dari 15%. Berdasarkan analisis sidik ragam semua perlakuan, kecuali lama waktu aktivasi dan interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air arang aktif yang dihasilkan (Tabel 2). Kadar air tertinggi dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang tidak direndam H_3PO_4 pada suhu aktivasi $750^\circ C$ dengan lama waktu aktivasi 120 menit, dan kadar air yang terendah dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang direndam H_3PO_4 5% pada suhu aktivasi $750^\circ C$ dengan lama aktivasi 120 menit. Besar kecilnya kadar air arang aktif yang dihasilkan disebabkan oleh karena sifat higroskopis dari arang aktif sehingga pada waktu proses pendinginan, uap air dari udara terserap ke dalam pori. Apabila dibandingkan dengan kadar air hasil penelitian terdahulu yang kadarnya antara 11,37-19,01% dan 8,39-15,90% (Pari *et al.* 2000; Pari *et al.* 2006), maka kadar air hasil percobaan ini sedikit lebih rendah. Hal ini disebabkan permukaan arang aktifnya lebih sedikit mengandung gugus fungsi yang bersifat polar sehingga interaksi antara uap air yang bersifat polar juga sedikit.

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa tidak semua kadar air dari kombinasi perlakuan suhu, waktu aktivasi dan konsentrasi H_3PO_4 saling berbeda nyata (Lampiran 1).. Sebagai contoh kadar air arang yang diaktivasi pada suhu $750^\circ C$ dengan waktu aktivasi selama 90 menit dan direndam dalam H_3PO_4 5% sebesar 5,44% tidak memberikan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan kadar air arang yang diaktivasi pada suhu $850^\circ C$ dengan waktu aktivasi selama 90 menit dan tidak direndam dalam H_3PO_4 sebesar 4,68%.

Table 2 Ringkasan sidik ragam sifat arang aktif dari kulit kayu mangium

Table 2. Summarized analysis of variance on properties of activated mangium bark charcoal.

No	Sifat (<i>Properties</i>)	Perlakuan (<i>Treatment</i>)	Kuadrat tengah (<i>Mean square</i>)	F-hitung (<i>F-calculated</i>)
1.	Rendemen (<i>Yield</i>), %	A	0,19	0,34
		B	3404,83	6027,14**
		C	798,01	1412,62**
		AB	189,61	335,66**
		AC	30,15	53,37**
		BC	77,93	137,96**
		ABC	176,74	312,87**
2.	Kadar air (<i>Moisture content</i>), %	A	15,07	48,32**
		B	14,63	46,91**
		C	0,81	2,61 tn
		AB	55,87	179,11**
		AC	6,23	19,98**
		BC	2,24	7,19*
		ABC	16,42	52,65**
3.	Kadar abu (<i>Ash content</i>), %	A	11,18	238,31**
		B	12,93	31,21**
		C	3,18	7,93*
		AB	8,66	20,90**
		AC	10,46	25,26**
		BC	11,42	27,57**
		ABC	0,98	2,36 tn
4.	Kadar zat terbang (<i>Volatile matter</i>), %	A	6,46	15,54**
		B	1,51	3,63 tn
		C	28,91	69,45**
		AB	4,28	10,29**
		AC	6,75	16,21**
		BC	3,41	8,20*
		ABC	9,49	22,81**
5.	Kadar karbon terikat (<i>Fixed carbon</i>), %	A	40,30	68,20**
		B	1,76	2,98
		C	18,85	31,91**
		AB	1,78	3,02 tn
		AC	41,04	69,45**
		BC	12,65	21,42**
		ABC	21,67	36,68**

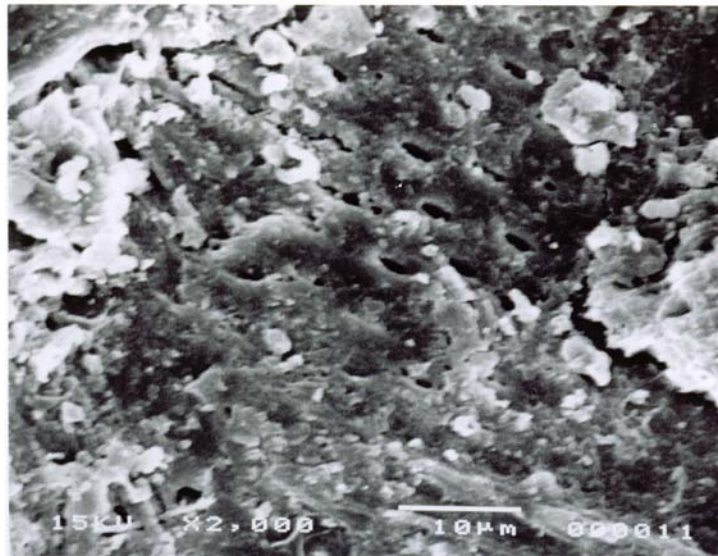
No	Sifat (<i>Properties</i>)	Perlakuan (<i>Treatment</i>)	Kuadrat tengah (<i>Mean square</i>)	F-hitung (<i>F-calculated</i>)
6.	Daya serap yodium (<i>Adsorptive capacity of iodine</i>), mg/g	A	90577,30	205,93**
		B	101088,24	265,96**
		C	57093,31	150,21**
		AB	11255,20	296,14**
		AC	24259,77	63,83**
		BC	42424,21	111,62**
		ABC	13012,16	34,23**
7.	Daya serap benzena (<i>Adsorptive capacity of benzene</i>), %	A	10,12	18,65**
		B	101,80	187,49**
		C	19,65	36,20**
		AB	8,48	15,63**
		AC	8,69	16,01**
		BC	48,25	88,87**
		ABC	59,61	109,79**

Keterangan (*Remarks*) : A = Suhu aktivasi (*Activation, temperature*), °C ; B = Waktu aktivasi (*Activation time*), minute; C = Konsentrasi H₃PO₄ (*Concentration of H₃PO₄*), %; AB, AC, BC, ABC = Interaksi (*Interaction*) ** = Sangat nyata (*Highly significant*), * = Nyata (*Significant*) , tn = Tidak nyata (*Not significant*)

C. Kadar Abu

Kadar abu arang aktif yang dihasilkan berkisar antara 10,2–16,90% (Tabel 1). Nilai kadar abu yang dihasilkan ini semuanya tidak ada yang memenuhi syarat standar Indonesia (Anonim, 1995) karena kadarnya lebih dari 10 %. Berdasarkan analisis sidik ragam semua perlakuan dan interaksi dua faktor, kecuali interaksi, suhu aktivasi, dan lama waktu aktivasi, berpengaruh nyata terhadap kadar abu arang aktif yang dihasilkan (Tabel 2). Kadar abu tertinggi dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang direndam asam fosfat 5% pada suhu aktivasi 850°C dengan lama waktu aktivasi 90 menit dan kadar abu yang terendah dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang tidak direndam asam

fosfat pada suhu aktivasi 750°C dengan lama waktu aktivasi 90 menit. Besarnya kadar abu yang dihasilkan ini dapat mengurangi daya adsorpsi arang aktif, karena pori arang aktif tertutup oleh mineral seperti K, Na, Ca dan Mg yang menempel pada permukaan arang aktif (Gambar 1). Apabila dibandingkan dengan kadar abu hasil penelitian terdahulu yang kadarnya antara 11,81-16,90% dan 12,30-32,70% (Pari *et al.* 2000; Pari *et al.* 2006), maka kadar abu yang dihasilkan sedikit lebih kecil.



Gambar 1. Abu yang menutupi permukaan arang aktif, diamati dan diukur dengan mikroskop elektron

Figure 1. Surface of activated charcoal cover with ash, observed and measured by electron microscope

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa tidak semua kadar abu dari kombinasi perlakuan suhu, waktu aktivasi dan konsentrasi H_3PO_4 saling berbeda nyata (Lampiran 1). Sebagai contoh kadar abu arang yang diaktivasi pada suhu 750°C dengan waktu aktivasi selama 120 menit dan tidak direndam dalam H_3PO_4 11,6% tidak memberikan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan kadar abu arang yang diaktivasi pada suhu 850°C dengan waktu aktivasi selama 150 menit dan tidak direndam dalam H_3PO_4 sebesar 11,8%.

D. Kadar Zat Terbang

Kadar zat terbang arang aktif yang dihasilkan berkisar antara 6,48–13,40% (Tabel 1). Nilai kadar zat terbang yang dihasilkan ini semuanya memenuhi syarat standar Indonesia (Anonim, 1995) karena kadarnya tidak lebih dari 25%. Berdasarkan analisis sidik ragam semua perlakuan dan interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap kadar zat terbang arang aktif yang dihasilkan, kecuali perlakuan suhu aktivasi (Tabel 2). Kadar zat terbang tertinggi dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang tidak direndam asam fosfat pada suhu aktivasi 850°C dengan lama waktu aktivasi 150 menit, dan kadar zat terbang yang terendah dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang tidak direndam asam fosfat pada suhu aktivasi 750°C dengan lama waktu aktivasi 90 menit. Besarnya kadar zat terbang ini menunjukkan bahwa permukaan arang aktif masih ditutupi oleh senyawa bukan karbon sehingga dapat mengurangi juga kemampuan daya serapnya. Apabila dibandingkan dengan kadar zat terbang hasil penelitian terdahulu yang kadarnya antara 15,33-18,32% dan 6,08-11,70% (Pari *et al.* 2000; Pari *et al.* 2006), maka kadar zat terbang yang dihasilkan ini tidak jauh berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa suhu dan lama waktu aktivasi tidak banyak mempengaruhi proses penguapan senyawa non karbon yang terdapat pada permukaan arang aktif.

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa tidak semua kadar zat terbang dari kombinasi perlakuan suhu, waktu aktivasi dan konsentrasi H₃PO₄ saling berbeda nyata (Lampiran 1). Sebagai contoh kadar zat terbang arang yang diaktivasi pada suhu 750°C dengan waktu aktivasi selama 150 menit dan tidak direndam dalam H₃PO₄ sebesar 9,83% tidak memberikan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan kadar zat terbang arang yang

diaktivasi pada suhu 850°C dengan waktu aktivasi selama 150 menit dan direndam dalam H₃PO₄ 5 % sebesar 9,10%.

E. Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat arang aktif yang dihasilkan berkisar antara 74,40 – 83,20% (Tabel 1). Kadar karbon terikat yang diteliti semuanya memenuhi syarat standar Indonesia (Anonim, 1995) karena kadarnya lebih dari 65%. Berdasarkan analisis sidik ragam semua perlakuan dan interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap kadar karbon terikat arang aktif yang dihasilkan, kecuali suhu aktivasi dan interaksi antara suhu aktivasi dan konsentrasi asam fosfat yang tidak berbeda (Tabel 2). Kadar karbon terikat tertinggi dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang tidak direndam asam fosfat pada suhu aktivasi 750°C dengan lama waktu aktivasi 90 menit dan rendemen yang terendah dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang tidak direndam asam fosfat pada suhu aktivasi 850°C dengan lama waktu aktivasi 150 menit. Besar kecilnya kadar karbon terikat yang dihasilkan ini selain dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar abu dan zat terbang juga dipengaruhi oleh kandungan selulosa dan lignin yang dapat dikonversi menjadi atom karbon. Apabila dibandingkan dengan kadar karbon terikat hasil penelitian terdahulu yang kadarnya antara 54,60-79,70% dan 67,35-80,58% (Pari *et al.* 2000; Pari *et al.* 2006), maka daya serap yang dihasilkan sedikit lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa suhu dan lama waktu aktivasi dapat meningkatkan kemurnian atom karbon.

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa tidak semua kadar karbon terikat dari kombinasi perlakuan suhu, waktu aktivasi dan konsentrasi H₃PO₄ saling berbeda nyata (Lampiran 1). Sebagai contoh kadar karbon terikat arang yang diaktivasi pada suhu 750°C dengan waktu aktivasi selama 120 menit dan tidak direndam dalam H₃PO₄ sebesar

78,60% tidak memberikan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan kadar karbon terikat arang yang diaktivasi pada suhu 850°C dengan waktu aktivasi selama 150 menit dan direndam dalam H₃PO₄ 5% sebesar 79,90%.

F. Daya Serap Arang Aktif terhadap Benzena

Daya serap arang aktif terhadap benzena berkisar antara 12,60–24,55% (Tabel 1). Daya serap arang aktif terhadap benzena tidak ada yang memenuhi syarat standar Indonesia (Anonim, 1995) karena daya serapnya kurang dari 25%. Berdasarkan analisis sidik ragam semua perlakuan dan interaksinya berpengaruh nyata terhadap daya serap arang aktif terhadap benzena yang dihasilkan (Tabel 2). Daya serap benzena terendah dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang tidak direndam asam fosfat pada suhu aktivasi 750°C dengan lama waktu aktivasi 90 menit dan daya serap tertinggi dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang direndam asam fosfat 5% pada suhu aktivasi 850°C dengan lama waktu aktivasi 120 menit. Besarnya daya serap arang aktif terhadap benzena ini mencerminkan permukaan arang aktif lebih bersifat non polar dan dapat digunakan untuk menyerap polutan yang juga bersifat non polar seperti karbon tetra klorida (CCl₄). Apabila dibandingkan dengan daya serap benzena hasil penelitian terdahulu yang menghasilkan daya serap antara 9,22-16,20% dan 15,20-23,37% (Pari *et al.* 2000; Pari *et al.* 2006), maka daya serap yang dihasilkan lebih besar. Perbedaan ini menunjukkan gugus fungsi yang bersifat polar seperti C=O, dan C-O yang menempel pada permukaan arang aktif yang dihasilkan lebih sedikit sehingga kemampuan menyerap senyawa yang bersifat non polar lebih tinggi, sebaliknya kemampuan menyerap senyawa polar lebih kecil seperti penyerapan uap air.

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa tidak semua daya serap arang aktif dari kombinasi perlakuan suhu, waktu aktivasi dan konsentrasi H_3PO_4 saling berbeda nyata (Lampiran 1). Sebagai contoh adalah arang yang diaktivasi pada suhu $750^{\circ}C$ dengan waktu aktivasi selama 150 menit dan tidak direndam dalam H_3PO_4 sebesar 22,10% tidak memberikan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan daya serap arang yang diaktivasi pada suhu $850^{\circ}C$ dengan waktu aktivasi selama 90 menit dan direndam dalam H_3PO_4 5 % sebesar 22,60%.

G. Daya Serap Arang Aktif terhadap Iodium

Daya serap arang aktif terhadap iodium berkisar antara 510,4 – 1091,8 mg/g (Tabel 1). Daya serap arang aktif yang dihasilkan semuanya memenuhi syarat Standar Indonesia (Anonim, 1995) kecuali arang aktif yang diaktivasi pada suhu $750^{\circ}C$ dengan lama waktu aktivasi 90 menit dan tidak direndam dalam asam fosfat, karena daya serapnya kurang dari 750 mg/g. Sedangkan yang memenuhi syarat Standar Jepang (Anonim, 1967) adalah arang aktif yang diaktivasi pada suhu $750^{\circ}C$ dan $850^{\circ}C$ yang direndam asam fosfat 5% dengan lama waktu aktivasi 150 dan 120 menit, serta arang aktif yang diaktivasi pada suhu $850^{\circ}C$ yang tidak direndam asam fosfat dengan lama waktu aktivasi 150. Berdasarkan analisis sidik ragam semua perlakuan dan interaksinya berpengaruh terhadap daya serap arang aktif terhadap iodium yang dihasilkan (Tabel 2). Daya serap iodium tertinggi dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang direndam asam fosfat 5% pada suhu aktivasi $850^{\circ}C$ dengan lama waktu aktivasi 120 menit dan daya serap terendah dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang tidak direndam asam fosfat pada suhu aktivasi $750^{\circ}C$ dengan lama waktu aktivasi 90 menit. Besarnya daya serap arang aktif terhadap iodium ini mencerminkan banyak pori arang aktif yang

terbentuk dengan ukuran diameter 10 Angstrom. Hasil analisis topografi permukaan arang aktif (Gambar 1) menunjukkan selain adanya pori yang berukuran mikro, juga nampak adanya erosi pada dinding pori yang dapat menyebabkan menurunnya daya serap arang aktif. Apabila dibandingkan dengan daya serap iodium hasil penelitian terdahulu masing-masing antara 667,16-886,23 mg/g dan 369-607 mg/g (Pari *et al.* 2000; Pari *et al.* 2006), maka daya serap arang aktif hasil percobaan ini lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa suhu dan lama waktu aktivasi dapat memperbanyak pembentukan pori arang aktif.

Hasil uji BNJ menunjukkan, bahwa tidak semua daya serap arang aktif dari taraf kombinasi perlakuan suhu, waktu aktivasi dan konsentrasi H_3PO_4 saling berbeda nyata (Lampiran 1). Sebagai contoh daya serap arang yang diaktivasi pada suhu $750^{\circ}C$ dengan waktu aktivasi selama 120 menit dan direndam dalam H_3PO_4 5% sebesar 1048,1 mg/g tidak memberikan perbedaan yang nyata dibandingkan daya serap arang yang diaktivasi pada suhu $850^{\circ}C$ dengan waktu aktivasi selama 150 menit dan tidak direndam dalam H_3PO_4 sebesar 1079,5 mg/g.

H. Kondisi Terbaik Pembuatan Arang Aktif

Kondisi terbaik didefinisikan sebagai kondisi perlakuan yang dapat memberikan hasil arang aktif terbaik, didasarkan atas rendemen dan daya serap iodium (Hartoyo *et al.* 1990). Kondisi optimum untuk membuat arang aktif dari kulit kayu mangium adalah arang yang diaktivasi pada suhu $750^{\circ}C$ selama 90 menit dengan konsentrasi H_3PO_4 sebesar 5% (Tabel 3). Pada perlakuan ini rendemen yang dihasilkan sebesar 43,56% dengan daya serap iodium sebesar 912,6 mg/g. Nilai daya serap yang diperoleh memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia (Anonim, 1995). Sedangkan perlakuan terbaik untuk pembuatan arang aktif yang memenuhi persyaratan Standar Jepang

(Anonim, 1967) adalah arang yang diaktivasi pada suhu 750⁰C selama 150 menit dengan konsentrasi H₃PO₄ sebesar 5% (Tabel 3). Pada perlakuan ini rendemen yang dihasilkan sebesar 30,1% dengan daya serap yodium sebesar 1079,0 mg/g.

Tabel 3. Kondisi terbaik pembuatan arang aktif dari kulit mangium

Table 3. The best condition to manufacture activated charcoal from mangium bark

Waktu aktivasi, menit (Activation time, minutes)	[H ₃ PO ₄] %	Kondisi terbaik (The best condition), mg/g	
A. Suhu 750 ⁰ C (Temperature)	90 ^{*)}	0	316,45
		5 ^{*)}	397,52^{*)}
	120	0	269,93
		5	345,87
	150	0	257,46
		5	323,70
B. Suhu 850 ⁰ C (Temperature)	90	0	163,07
		5	270,17
	120	0	91,37
		5	211,0
	150	0	98,88
		5	47,60

Keterangan (Remarks): [H₃PO₄] = Konsentrasi (Concentration) H₃PO₄

^{*)} = Kondisi terbaik terkait dengan suhu aktivasi, konsentrasi H₃PO₄, dan daya serap iodium (Best condition with regard to activation temperature, H₃PO₄ concentration, and adsorptive capacity of iodine)

I. Penjernihan Air

Kandungan unsur logam yang terdapat di dalam air sungai setelah dijernihkan dengan arang aktif kulit kayu *A. mangium* tercantum pada Tabel 4 berikut :

Tabel 4. Kandungan unsur logam dalam air sungai sebelum dan setelah penjernihan dengan arang aktif

Table 4. Mineral content from river before and after purification with activated charcoal

Jenis contoh (<i>Kind of sample</i>)	Kandungan unsur (<i>Mineral content</i>), %						
	Fe	Mn	K	Na	Ca	Mg	Zn
Air sungai (<i>River</i>) ¹⁾	0,00	0,00	2,217	8,065	25,843	3,805	0,00
Air sungai + arang aktif (<i>River+ activated charcoal</i>) ²⁾	0,00	0,00	412,5	34,41	2,023	0,077	0,00

Keterangan (*Remarks*): ¹⁾ Sebelum penjernihan (*Before purification*)

²⁾ Setelah penjernihan (*After purification*)

Dari tabel tersebut nampak bahwa arang aktif dari kulit kayu mangium yang dihasilkan dapat menyerap logam magnesium (Mg) dan kalsium (Ca) dari 3,805 ppm menjadi 0,077 ppm untuk Mg dan dari 25,843 ppm menjadi 2,023 ppm. Namun demikian, ternyata untuk logam kalium (K) dan natrium (Na) mengalami kenaikan dari 2,217 ppm menjadi 412,5 ppm untuk K dan dari 8,065 menjadi 34,409 ppm (Tabel 4). Kenaikan kandungan logam ini disebabkan terlarutnya sebagian mineral yang terdapat pada abu kulit mangium, selain itu disebabkan juga oleh telah jenuhnya pori arang aktif. Namun demikian untuk sampai ke tahap kelayakan agar air sungai tersebut dapat di minum perlu dilakukan uji biologi seperti kandungan total bakteri dan bakteri golongan *E. coli* juga kandungan COD (chemical oxygen demand) dan BOD (biological oxygen demand).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kondisi optimum untuk membuat arang aktif dari kulit kayu mangium adalah arang yang diaktivasi pada suhu 750°C selama 90 menit dengan konsentrasi H_3PO_4 sebesar 5%. Pada perlakuan ini rendemen yang dihasilkan sebesar 43,56% dengan daya serap iodium sebesar 912,6 mg/g. Nilai daya serap iod tersebut memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia, sedangkan perlakuan terbaik untuk pembuatan arang aktif yang memenuhi persyaratan Standar Jepang adalah arang yang diaktivasi pada suhu 750°C selama 150 menit dengan konsentrasi H_3PO_4 sebesar 5%. Pada perlakuan ini rendemen yang dihasilkan sebesar 30,1% dengan daya serap yodium sebesar 1079,0 mg/g. Arang aktif dari kulit kayu mangium yang dihasilkan dapat menyerap logam magnesium (Mg) dan kalsium (Ca) dari 3,805 ppm menjadi 0,077 ppm untuk Mg dan dari 25,843 ppm menjadi 2,023 ppm. Namun demikian, ternyata untuk logam kalium (K) dan natrium (Na) mengalami kenaikan dari 2,217 ppm menjadi 412,5 ppm untuk K dan dari 8,065 menjadi 34,409 ppm. Untuk sampai ke tahap kelayakan agar air sungai dapat diminum perlu dilakukan uji biologi seperti kandungan total bakteri dan bakteri golongan *E. coli* juga kandungan COD dan BOD.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1995. Arang aktif teknis. Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, Jakarta.
- Benaddi, H., Bandosz, T.J., Jagiello, J., Schwarz, J.A., Rouzaud, J.N., Legras, D and F. Beguin. 2000. Surface functionality and porosity of activated carbons obtained from chemical activation of wood. *Carbon* 38: 669-674.
- Estudillo, J.M., Luis, S., Amio, E.C. dan F.N. Tamolang. 1977. Charcoal production and utilization of coconut shells and trunk in the Philippines. *Forest Products Research, Madison*.
- Garcia, F.S., Alonso, A.M and J.M.D Tascon. 2002. Pyrolysis of apple pulp: Chemical activation with phosphoric acid. *Journal of Analytical and Applied Purolysis* 63: 283-301.
- Hartoyo, Hudaya, dan Fadli. 1990. Pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dan kayu bakau dengan cara aktivasi uap. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 18 (1): 8-16. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- Hendaway, A.N.A. 2003. Influence of HNO₃ oxidation on the structure and adsorptive of corncob-based activated carbon. *Carbon* 41: 713-722
- Anonim. 1967. Testing method for powdered activated carbon. Japanese Industrial Standards (JIS) K 1474. Japanese Standards Association, Tokyo.
- Lee, J.S and T.J Kang. 1997. Changes in physico-chemical and morphological properties of carbon fiber by surface treatment. *Carbon* 35: 209-216
- Pari, G., Nurhayati, T dan Hartoyo. 2000. Kemungkinan pemanfaatan arang aktif kulit kayu *Acacia mangium* Willd untuk pemurnian minyak kelapa sawit. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 8(1): 40-53. Pusat Litbang Hasil Hutan, Bogor
- Pari, G, D. Hendra dan R.A. Pasaribu. 2006. Pengaruh lama waktu aktivasi dan konsentrasi asam fosfat terhadap mutu arang aktif kulit kayu *Acacia mangium*. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 24 (1): 33-46. Pusat Litbang Hasil Hutan, Bogor.
- Park, S.J and Y.M. Kim. 2003. Heavy metal adsorption of anodically treated activated carbon fibers in aqueous solution. *Carbon Science* 4(1): 21-23.
- Sudjana. 1980. Disain dan eksperimen analisis. Tarsito, Bandung.

Lampiran1. Hasil uji BNJ sifat arang aktif kulit kayu mangium
Appendix 1. Test result of HSD on mangium bark activated charcoal properties

Sifat (Properties)	Perlakuan (Treatment)	Pembandingan nilai rata-rata (Comparison of mean values)											
Rendemen (Yield), %	ABC	a2b2c3	a2b1c3	a2b1c2	a2b1c1	a2b2c2	a1b1c3	a2b2c1	a1b2c3	a1b2c2	a1b1c2	a1b2c1	a1b1c1
		5,00	9,16	9,50	16,00	19,35	26,83	27,73	30,10	33,00	34,20	43,56	62,00
Kadar air (Moisture content), %	ABC	a1b2c2	a2b1c2	a1b2c3	a2b1c3	a2b2c1	a2b1c1	a2b2c3	a2b2c1	a1b1c1	a1b2c1	a1b1c3	a1b1c2
		1,26	1,92	2,82	2,99	4,26	4,68	4,86	4,87	5,23	5,44	7,94	10,26
Kadar zat terbang (Volatile matter), %	ABC	a1b1c1	a2b1c2	a2b2c3	a1b2c3	a1b2c1	a1b1c2	a2b1c3	a1b2c2	a1b1c3	a2b1c1	a2b2c2	a2b2c1
		10,20	10,60	10,97	11,10	11,40	11,65	11,81	12,70	12,76	12,99	15,30	16,98
Kadar abu (Ash content), %	ABC	a1b1c1	a2b1c1	a2b1c2	a1b2c1	a2b2c1	a2b2c3	a2b1c2	a1b1c3	a2b2c2	a1b2c2	a1b2c3	a2b1c3
		6,48	6,65	7,01	8,01	8,29	9,10	9,76	9,83	10,30	11,56	12,15	13,44
Kadar karbon terikat (Fixed carbon), %	ABC	a2b2c2	a2b1c3	a2b2c1	a1b2c2	a1b2c3	a1b1c3	a1b1c2	a2b2c3	a1b2c1	a2b1c1	a2b1c2	a1b1c1
		74,40	74,70	74,82	75,74	76,80	77,41	78,60	79,90	80,60	80,80	82,30	83,27

Lampiran 1. Sambungan

Appendix 1. Continuation

Sifat (Properties)	Perlakuan (Treatment)	Pembandingan nilai rata-rata (Comparison of mean values)											
Daya serap yodium (<i>Adsorptive capacity of iodine</i>), mg/g	ABC	a1b1c1 510,40	a1b1c2 790,20	a1b2c1 912.60	a2b2c3 952.10	a1b1c3 959.60	a2b1c2 961.80	a2b2c1 974.30	a2b1c1 1019.20	a1b2c2 1048.10	a1b2c3 1079.00	a2b1c3 1079.50	a1b1c1 1091.80
Daya serap benzena (<i>Adsorptive capacity of benzene</i>), %	ABC	a1b1c1 12,60	a2b1c3 13,30	a1b2c3 13.76	a1b1c2 15.60	a1b2c2 18.25	a1b2c1 18.66	a2b2c3 19.45	a1b1c3 22.10	a2b1c2 22.41	a2b2c1 22.60	a2b1c1 23.40	a2b2c2 24.55

Keterangan (Remarks): A = Suhu aktivasi (*Activation temperature*), °C; B = [H_3PO_4], %; C = Waktu aktivasi (*Activation time*), minutes; ABC = Interaksi antara suhu, konsentrasi H_3PO_4 dengan waktu aktivasi (*Interaction between activation time, and H_3PO_4 concentration*)
 _____ = Angka-angka yang diberi garis bawah tidak saling berbeda nyata (Figures with underlines are not significantly difference)

