

PENGARUH LAMA WAKTU AKTIVASI DAN KONSENTRASI ASAM FOSFAT TERHADAP MUTU ARANG AKTIF KULIT KAYU ACACIA MANGIUM

(The Influence of Activation Time and Concentration of Phosphoric Acid on the Quality of Activated Charcoal of Acacia mangium Bark)

Oleh/By :

Gustan Pari¹⁾, Djeni Hendra¹⁾ & Ridwan A. Pasaribu¹⁾

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the influences of activation times and concentrations of chemical activators on the quality and yield of activated charcoal of Acacia mangium Bark. The activated charcoal was produced in a stainless steel retort with electrical heater at the activation temperature of 750°C and activation times of 30, 60 and 90 minutes, consecutively. Phosphoric acid (H₃PO₄) was used as an activator agent with the concentrations of 0.0; 5,0; 10,0 and 15,0%, consecutively.

The result showed that the optimum condition for producing the best activated charcoal for water purification was obtained with the concentration of H₃PO₄ solution of 10.0%, and activation time of 60 minute. This optimum condition produced the activated charcoal yield of 98.20%, containing moisture content of 8.39%, ash content of 26.70%, volatile matter of 8.72%, fixed carbon of 64.60%, iodine adsorptive capacity of 513 mg/g, and benzene adsorptive capacity of 16.10%. Based on the adsorptive capacity of iodine, the activated charcoal from Acacia mangium Bark is good to be used for water purification.

Keywords: Acacia mangium, wood bark, activated charcoal, fixed carbon, iodine.

ABSTRAK

Dalam tulisan ini dikemukakan hasil penelitian pembuatan arang aktif dari kulit kayu *Acacia mangium*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu aktivasi dan konsentrasi bahan pengaktif 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°C dengan lama waktu aktivasi 30, 60 dan 90 menit. Bahan pengaktif yang digunakan adalah larutan asam fosfat (H₃PO₄) dengan konsentrasi 0,0; 5,0; 10,0 dan 15%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum untuk membuat arang aktif dengan kualitas terbaik dihasilkan dari arang yang direndam asam fosfat 10%, dengan lama waktu aktivasi 60 menit, menghasilkan rendemen sebesar 98,20%, kadar air 8,39%, kadar abu 26,70%, kadar zat terbang 8,72%, kadar karbon terikat 64,60%, daya serap terhadap yodium 513 mg/g dan daya serap terhadap benzena sebesar 16,10%. Arang aktif dari kulit kayu mangium ini hanya dapat digunakan untuk penjernihan air.

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

¹⁾ Peneliti pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor

I. PENDAHULUAN

Pohon *Acacia mangium* Willd. merupakan salah satu jenis pohon Hutan Tanaman Industri (HTI) yang berhasil dikembangkan dibandingkan dengan jenis pohon HTI lainnya, baik ditinjau dari aspek penanaman maupun pemakaian kayunya. Hal ini dimungkinkan mengingat kayu mangium ini dipakai sebagai pemasok utama industri pulp, kertas dan medium density fiber (MDF) yang tidak terlalu mempersyaratkan umur pohon, karena pada umur 7 tahun sudah bisa dipanen. Dalam industri pulp, dan kertas bahan baku kayu yang tidak digunakan dan tersisa adalah kulit kayu. Diperkirakan terdapat 1.665.150 m³ limbah kulit kayu dengan rendemen kulit antara 12 - 17% (Pari *et al.*, 2000). Informasi yang diperoleh dari PT. Musi Hutan Persada (MHP), potensi limbah kulit kayu mangium sebanyak 15,18 ton yang belum dimanfaatkan. Selama ini kulit kayu mangium baru digunakan sebagai sumber energi untuk memanaskan boiler dan perekat tanin. Produk lainnya yang dapat dibuat dari kulit *Acacia mangium* adalah arang aktif, yang sampai saat ini bahan baku utama untuk membuat arang aktif adalah tempurung kelapa.

Proses pembuatan arang aktif pada prinsipnya dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara kimia dan fisika. Bahan kimia yang umum digunakan sebagai bahan pengaktif adalah CaCl₂, MgCl₂, ZnCl₂, KCl, NaCl dan H₃PO₄. Sedangkan bahan pengaktif yang digunakan secara fisika adalah uap air, gas CO₂, N₂, dan O₂ (Guerrero, 1970). Bahan NH₄HCO₃ telah digunakan dalam penelitian terdahulu untuk membuat arang aktif dari kulit kayu mangium sebagai bahan pengaktif pada suhu 900°C. Hasilnya menunjukkan bahwa arang aktif dari kulit kayu mangium dapat digunakan untuk memurnikan minyak kelapa sawit (Pari, 2000). Dalam penelitian ini pembuatan arang aktif dilakukan dengan cara kombinasi kimia dan fisika yaitu dengan menggunakan H₃PO₄ dan uap H₂O pada suhu 750°C dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh lama waktu aktivasi dan konsentrasi H₃PO₄ terhadap mutu arang aktif yang dihasilkan.

II. BAHAN DAN METODA

A. Bahan dan Alat

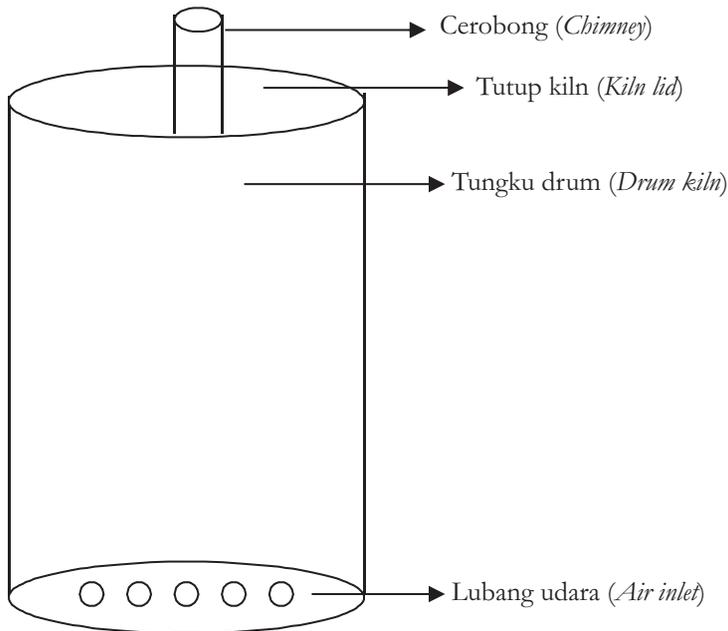
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit kayu *Acacia mangium* Willd. Bahan kimia yang digunakan di antaranya adalah asam fosfat, kalium yodida, yodium, natrium tio sulfat, benzena digunakan untuk menentukan kualitas arang aktif dalam hal ini daya serap terhadap larutan dan gas. Peralatan yang digunakan di antaranya adalah retort, desikator, oven dan tanur untuk menentukan kadar air, abu, karbon terikat dan zat terbang.

B. Metode Penelitian

1. Pembuatan arang dari kulit kayu mangium

Kulit kayu mangium diarangkan dalam kiln drum (Gambar 1). yang terbuat dari drum bekas pakai (volume 200 liter). Kiln drum modifikasi terdiri dari empat bagian yaitu badan drum yang dibuka salah satu ujungnya, tutup kiln atas, cerobong dan lubang udara pada bagian bawah drum, lubang udara pada bagian bawah drum juga berfungsi sebagai tempat

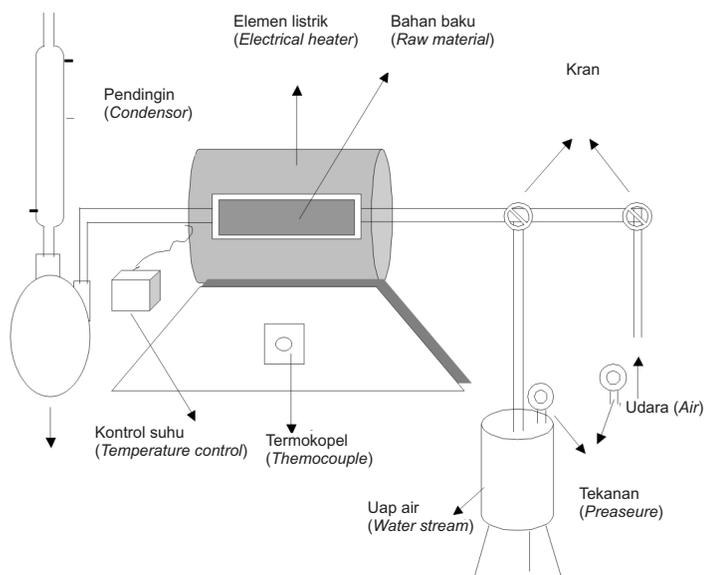
pembakaran pertama. Kulit kayu mangium dipotong-potong kecil, lalu dimasukkan ke dalam kiln drum, selanjutnya dinyalakan dengan cara membakarnya melalui bagian lubang udara dengan bantuan umpan ranting kayu ($\pm 2,5$ kg). Sesudah bahan baku menyala dan diperkirakan tidak akan padam, maka lubang udara kiln ditutup dan cerobong asap dipasang. Pengarangan dianggap selesai apabila asap yang keluar dari cerobong menipis dan berwarna kebiru-biruan, selanjutnya kiln didinginkan selama 24 jam.



Gambar 1. Tungku arang dari drum minyak yang dimodifikasi
Figure 1. Charcoal kiln from modification of drum oil

2. Pembuatan arang aktif

Arang dari kulit kayu mangium dalam bentuk granular direndam dalam larutan H_3PO_4 dengan konsentrasi 0, 5, 10 dan 15 % selama 24 jam, setelah ditiriskan selama satu hari, selanjutnya dimasukkan ke dalam retort dengan kapasitas 0,5 kg (Gambar 2) dan dipanaskan pada suhu $750^\circ C$. Setelah suhu retor tercapai, dialirkan dari uap H_2O selama 30, 60 dan 90 menit.



Gambar 2. Tanur aktivasi arang aktif
Figure 2. Activation retort of activated charcoal

3. Pengujian kualitas arang dan arang aktif

Kualitas arang yang dihasilkan di uji kualitasnya berdasarkan Standar ASTM (Anonim, 1982) yang meliputi penetapan kadar air, zat terbang, abu, dan kadar karbon terikat. Sedangkan kualitas arang aktif di uji berdasarkan standar Indonesia (Anonim, 1995) yang meliputi penetapan kadar air, abu, zat terbang, karbon, daya serap terhadap yodium dan benzena. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan waktu aktivasi dan konsentrasi H_3PO_4 terhadap mutu arang aktif yang dihasilkan, dilakukan perhitungan sidik ragam yang dilanjutkan dengan uji regresi dan uji beda nyata jujur (Sudjana, 1980).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Arang Kulit Kayu Mangium

Arang kulit kayu mangium yang digunakan dalam penelitian ini memiliki sifat sebagai berikut: kadar karbon terikat 70,40%, kadar air 5,99%, kadar abu 12,50%, kadar zat terbang 17,20% dan rendemen sebesar 42,10%. Arang yang dihasilkan memenuhi syarat untuk dapat dijadikan arang aktif karena kadar karbon terikatnya sebesar 70,40%. Berdasarkan persyaratan Smisek dan Cerny (1970) yaitu sebesar 70%. Besarnya kadar karbon ini akan berpengaruh positif pada rendemen dan mutu arang aktif. Khusus untuk kadar abu (Smisek dan Cerny, 1970) mensyaratkan sebesar 1-2% sedangkan FAO mempersyaratkan kadar abu sebesar 4% (Anonim, 1985), sehingga dalam hal ini kadar abu yang dihasilkan belum memenuhi syarat. Besarnya kadar abu ini mungkin disebabkan terjadinya oksidasi karbon

lebih lanjut. Untuk hal itu dilakukan pengayakan untuk menghilangkan abu yang menempel pada permukaan arang dan dalam pembuatan arang aktifnya digunakan proses pirolisis lambat (*slow pyrolysis*). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa, walaupun kadar abu arangnya tidak memenuhi persyaratan namun tetap dapat dibuat arang aktif (Komarayati, *et al.*, 1998 dan Pari, 1999) dengan sifat dan mutu arang aktif yang memenuhi standar Indonesia (SNI, 1995).

B. Sifat Arang Aktif

Sifat arang aktif yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat kimia arang aktif kulit kayu mangium

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

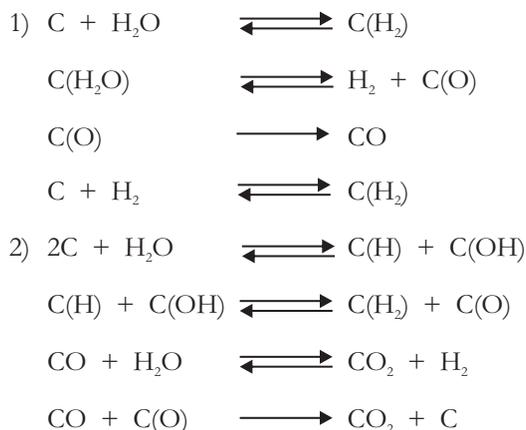
Waktu aktivasi (Activation times) minutes	Sifat kimia arang aktif (<i>Chemical properties of activated charcoal</i>)							
	H ₃ PO ₄ %	A	B	C	D	E	F	G
30	0,0	73,40	12,50	12,30	8,90	78,80	11,10	369
	5,0	85,60	8,63	13,20	7,03	79,70	9,98	373
	10,0	99,40	10,60	26,60	7,45	65,90	12,00	433
	15,0	91,00	12,20	32,70	10,80	56,60	15,20	511
60	0,0	72,50	9,30	14,10	11,70	74,10	13,20	446
	5,0	82,00	11,20	16,30	7,02	76,30	9,54	475
	10,0	98,20	8,39	26,70	8,72	64,60	16,10	513
	15,0	93,50	12,90	32,70	9,06	54,60	13,10	414
90	0,0	67,40	10,50	14,90	9,40	75,70	14,00	607
	5,0	80,20	11,20	15,50	7,78	77,00	9,22	392
	10,0	89,00	15,20	29,40	6,08	64,50	16,20	468
	15,0	86,30	15,90	31,60	11,30	56,80	13,20	432
SNI	-	-	15,00	10,00	25,00	65,00	65,00	65,00
Arang aktif komersial (Commercial activated charcoal)			20,87	5,17	48,67	46,16	2,78	643

Keterangan (*Remarks*): 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*), %

1. Rendemen arang aktif

Rendemen arang aktif yang dihasilkan berkisar antara 67,40 - 99,40% (Tabel 1). Berdasarkan perhitungan sidik ragam ternyata semua perlakuan dan interaksinya sangat berpengaruh terhadap rendemen yang dihasilkan (Tabel 2). Rendemen tertinggi (99,40%) dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang direndam H₃PO₄ 10% dengan lama waktu aktivasi 30 menit dan rendemen yang terendah (67,40%) dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang tidak direndam H₃PO₄ dengan lama waktu aktivasi 90 menit. Sidik regresi

menunjukkan bahwa semakin lama waktu aktivasi rendemen arang aktif yang dihasilkan cenderung turun (Tabel 3). Rendahnya rendemen ini menunjukkan bahwa reaksi antara atom C dengan uap H₂O makin banyak sesuai dengan mekanisme reaksi kimia menurut (Walker, 1996) di bawah ini:



Sebaliknya, walaupun berdasarkan perhitungan sidik regresi tidak nyata (Tabel 3) namun menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi H₃PO₄, rendemen arang aktif yang dihasilkan cenderung naik. Hal ini menunjukkan terjadi reaksi antara H₃PO₄ dengan gugus OH yang terdapat dalam bahan sehingga tidak terjadi proses oksidasi lebih lanjut (Yue, *et al.*, 2003).

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa tidak semua perlakuan dan interaksinya menyebabkan perbedaan rendemen arang aktif yang nyata (Tabel 6). Sebagai contoh adalah arang yang diaktivasi selama 30 menit dan direndam dalam H₃PO₄ 10% (a1b3) sebesar 99,4% tidak memberikan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan arang yang diaktivasi selama 60 menit dan direndam dalam H₃PO₄ 10% (a2b3) sebesar 98,2%.

2. Kadar air

Kadar air arang aktif yang dihasilkan berkisar antara 8,39 - 15,90% (Tabel 1). Kadar air arang aktif yang dihasilkan ini semuanya memenuhi syarat standar Indonesia (SNI, 1995) kecuali arang aktif yang direndam H₃PO₄ 15% dengan lama aktivasi 90 menit karena kadarnya lebih dari 15%. Berdasarkan perhitungan sidik ragam ternyata semua perlakuan dan interaksinya sangat berpengaruh terhadap kadar air yang dihasilkan (Tabel 2). Kadar air tertinggi (15,90%) dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang direndam H₃PO₄ 15% dengan lama waktu aktivasi 90 menit dan kadar air yang terendah (8,39%) dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang direndam H₃PO₄ 10% dengan lama waktu aktivasi 60 menit. Dari uji regresi ternyata makin lama waktu aktivasi dan makin tinggi konsentrasi H₃PO₄, kadar air yang dihasilkan cenderung meningkat (Tabel 3 dan 4). Besarnya kadar air ini selain disebabkan terjadinya peningkatan sifat higroskopis arang aktif terhadap uap air, juga disebabkan terjadinya pengikatan molekul air oleh 6 atom karbon yang telah diaktivasi (Pari, *et*

al., 1996). Apabila hasil ini dibandingkan dengan arang aktif komersial sebesar 20,87%, maka kadar air hasil penelitian masih lebih rendah.

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa tidak semua perlakuan dan interaksinya menyebabkan perbedaan kadar air yang nyata (Tabel 6). Sebagai contoh adalah arang yang diaktivasi dengan lama waktu 60 menit dan direndam pada H_3PO_4 5% (a2b2) sebesar 11,20% tidak menghasilkan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan arang yang diaktivasi selama 30 menit dan direndam pada H_3PO_4 10% (a1b3) sebesar 10,60%.

Table 2. Ringkasan sidik ragam sifat arang aktif dari kulit kayu mangium
Table 2. Summarized analysis of variance on properties of mangium bark activated 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	104,61	67,01**
		B	432,81	432,81**
		AB	7,64	4,89**
2	Kadar air (<i>Moisture content</i>), %	A	17,09	13,74**
		B	13,15	10,60**
		AB	20,41	16,45**
3	Kadar abu (<i>Ash content</i>), %	A	5,92	0,065
		B	508,80	0,5602
		AB	173,51	0,1910
4	Kadar zat terbang (<i>Volatile matter</i>), %	A	0,91	0,3192
		B	14,28	5,0128**
		AB	1,17	0,4116
5	Kadar karbon terikat (<i>Fixed carbon</i>), %	A	16,52	0,0570
		B	623,26	2,1611
		AB	1,84	0,0063
6	Daya serap yodium (<i>Adsorptive capacity of iodine</i>), mg/g	A	6184,5	21,31**
		B	4701,5	16,29**
		AB	12579,8	43,60**
7	Daya serap benzena (<i>Adsorptive capacity of benzene</i>), %	A	2,72	5,54*
		B	30,58	62,41**
		AB	5,45	11,12**

Keterangan (*Remarks*): A = Perlakuan waktu aktivasi (*Activation time treatment*), B = Konsentrasi H_3PO_4 (*Concentration of H_3PO_4*), AB = Interaksi (*Interaction*), ** = Sangat nyata (*Highly significant*), * = Nyata (*Significant*)

3. Kadar abu

Kadar abu arang aktif yang dihasilkan berkisar antara 12,30 - 32,70% (Tabel 1). Nilai kadar abu yang dihasilkan semuanya belum memenuhi syarat standar Indonesia (SNI, 1995) karena masih lebih dari 10%. Berdasarkan perhitungan sidik ragam ternyata semua perlakuan dan interaksinya tidak ada yang berpengaruh terhadap kadar abu yang dihasilkan (Tabel 2). Kadar abu tertinggi (32,70%) dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang direndam H_3PO_4 15% dengan lama waktu aktivasi 60 menit dan kadar abu yang terendah (12,30%) dihasilkan oleh arang yang tidak direndam H_3PO_4 dengan lama waktu aktivasi 30 menit. Tingginya kadar abu yang dihasilkan dapat mengurangi daya adsorpsi arang aktif, karena pori arang aktif terisi oleh mineral-mineral logam seperti magnesium, kalsium, kalium (Smisek dan Cerny, 1970). Walaupun berdasarkan uji sidik ragam tidak nyata, namun berdasarkan hasil perhitungan sidik regresi menunjukkan bahwa makin lama waktu aktivasi dan makin tinggi konsentrasi H_3PO_4 , kadar abu arang aktif yang dihasilkan meningkat (Tabel 3 dan 4). Peningkatan kadar abu ini menunjukkan adanya proses oksidasi lebih lanjut terutama dari partikel halus. Apabila hasil ini dibandingkan dengan arang aktif komersial sebesar 5,17%, maka kadar abu hasil penelitian lebih tinggi. Namun demikian apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Pari (2000), maka kadar abunya tidak jauh berbeda antara 11,81 - 16,90%.

4. Kadar zat terbang

Kadar zat terbang arang aktif yang dihasilkan berkisar antara 6,08 - 11,70% (Tabel 1). Nilai kadar zat terbang yang dihasilkan ini semuanya memenuhi syarat standar Indonesia (SNI, 1995) karena kadarnya tidak lebih dari 25%. Berdasarkan perhitungan sidik ragam ternyata hanya perlakuan konsentrasi bahan pengaktif yang berpengaruh terhadap kadar zat terbang arang aktif yang dihasilkan (Tabel 2). Kadar zat terbang tertinggi (11,70%) dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang tidak direndam H_3PO_4 dengan lama waktu aktivasi 60 menit dan kadar zat terbang yang terendah (6,08%) dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang direndam H_3PO_4 10% dengan lama waktu aktivasi 90 menit. Tinggi rendahnya kadar zat terbang yang dihasilkan menunjukkan bahwa permukaan arang aktif masih ditutupi oleh senyawa non karbon sehingga mempengaruhi kemampuan daya serapnya. Apabila hasil ini dibandingkan dengan arang aktif komersial sebesar 48,67%, maka kadar zat terbang hasil penelitian masih lebih rendah.

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa tidak semua perlakuan konsentrasi bahan pengaktif memberikan perbedaan yang nyata terhadap kadar zat terbang arang aktif (Tabel 6). Sebagai contoh adalah arang yang direndam H_3PO_4 5% (b2) sebesar 7,27% tidak memberikan perbedaan kadar zat terbang yang nyata dibandingkan dengan arang yang direndam H_3PO_4 10% (b3) sebesar 7,41%

5. Kadar karbon terikat

Kadar karbon terikat arang aktif yang dihasilkan berkisar antara 54,60 - 79,70% (Tabel 1). Kadar karbon terikat yang tidak memenuhi syarat standar Indonesia (SNI, 1995) karena kadarnya kurang dari 65% adalah: (1) arang yang direndam H_3PO_4 10% dengan lama waktu aktivasi 60 dan 90 menit, (2) arang yang direndam H_3PO_4 15% dengan lama waktu aktivasi 30, 60 dan 90 menit. Berdasarkan perhitungan sidik ragam ternyata semua perlakuan dan

interaksinya tidak ada yang berpengaruh terhadap kadar karbon terikat yang dihasilkan (Tabel 2). Kadar karbon terikat tertinggi (79,70%) dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang direndam H_3PO_4 5% dengan lama waktu aktivasi 30 menit dan kadar karbon terikat yang terendah (54,60%) dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang direndam H_3PO_4 15% dengan lama waktu aktivasi 60 menit. Tinggi rendahnya kadar karbon terikat yang dihasilkan selain dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar abu dan zat terbang juga dipengaruhi oleh kandungan selulosa dan lignin yang dapat dikonversi menjadi atom karbon (Pari, 2004). Apabila hasil ini dibandingkan dengan arang aktif komersial sebesar 46,16%, maka kadar karbon hasil penelitian masih lebih rendah. Walaupun berdasarkan uji sidik ragam tidak nyata, namun berdasarkan hasil perhitungan sidik regresi terlihat bahwa makin lama waktu aktivasi dan makin tinggi konsentrasi asam fosfat, kadar karbon terikat arang aktif yang dihasilkan makin rendah (Tabel 3 dan 4). Rendahnya kadar karbon ini menunjukkan banyak atom karbon yang bereaksi dengan uap air menghasilkan gas CO dan CO_2 sehingga atom karbon yang tertata kembali membentuk struktur heksagonal sedikit.

6. Daya serap arang aktif terhadap yodium

Daya serap arang aktif terhadap yodium berkisar antara 369 mg/g - 607 mg/g (Tabel 1). Daya serap arang aktif yang memenuhi syarat standar Amerika yang khusus untuk aplikasi penjernihan air (Anonim, 1978) adalah arang yang direndam H_3PO_4 15% dan 10%, serta yang tidak direndam dengan lama waktu aktivasi 30 dan 60 serta 90 menit karena daya serapnya lebih dari 500 mg/g. Namun demikian apabila besarnya daya serap ini di nilai berdasarkan standar Indonesia (SNI, 1995) semuanya tidak ada yang memenuhi syarat karena kurang dari 750 mg/g. Berdasarkan perhitungan sidik ragam ternyata semua perlakuan dan interaksinya berpengaruh nyata terhadap daya serap yang dihasilkan (Tabel 2). Daya serap yodium tertinggi (607 mg/g) dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang tidak direndam H_3PO_4 dengan lama waktu aktivasi 90 menit dan daya serap terendah (369 mg/g) dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang tidak direndam H_3PO_4 dengan lama waktu aktivasi 30 menit. Tinggi rendahnya daya serap arang aktif terhadap yodium ini menunjukkan diameter pori arang aktif yang berukuran 10 Angstrom banyak. Apabila hasil ini dibandingkan dengan arang aktif komersial sebesar 643,04 mg/g, maka daya serap hasil penelitian tidak jauh berbeda. Namun demikian terdapat perbedaan yang nyata apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Pari (2000) yang menyimpulkan daya serap terhadap yodium antara 667,16 - 866,23 mg/g. Perbedaan ini lebih disebabkan oleh suhu aktivasi yang berbeda yaitu $900^\circ C$. Dari uji regresi terlihat bahwa makin lama waktu aktivasi, daya serap arang aktif terhadap yodium yang dihasilkan cenderung meningkat (Tabel 3). Peningkatan daya serap ini memperlihatkan bahwa atom karbon yang membentuk kristalit heksagonal makin banyak sehingga celah atau pori yang terbentuk di antara lapisan kristalit juga makin besar. Hasil ini sesuai dengan Yue, *et al.* (2003) yang menyimpulkan bahwa adanya senyawa P_2O_5 hasil dekomposisi H_3PO_4 yang terperangkap di dalam arang akan menimbulkan struktur mikropori dan mesopori pada struktur bagian dalam. Selain itu semakin tinggi konsentrasi H_3PO_4 juga menghasilkan struktur mesopori yang mempunyai luas permukaan dan volume pori yang besar (Baquero, *et al.*, 2003).

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa tidak semua perlakuan dan interaksinya menyebabkan perbedaan daya serap arang aktif terhadap yodium yang nyata (Tabel 6).

Sebagai contoh arang yang diaktivasi dengan lama waktu aktivasi 60 menit dan direndam pada H_3PO_4 5% (a2b2) sebesar 475 mg/g tidak memberikan perbedaan kadar karbon yang nyata dibandingkan dengan arang yang diaktivasi selama 90 menit dan direndam pada H_3PO_4 10% (a3b3) sebesar 468 mg/g.

7. Daya serap arang aktif terhadap benzena

Daya serap arang aktif terhadap benzena berkisar antara 9,22 - 16,2% (Tabel 1). Daya serap arang aktif terhadap benzena yang dihasilkan ini belum memenuhi syarat standar Indonesia (SNI, 1995) karena masih kurang dari 25%. Berdasarkan perhitungan sidik ragam ternyata semua perlakuan dan interaksinya berpengaruh nyata terhadap daya serap yang dihasilkan (Tabel 2). Daya serap benzena terendah (9,22%) dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang direndam H_3PO_4 5% dengan lama waktu aktivasi 90 menit dan daya serap tertinggi (16,20%) dihasilkan oleh arang kulit kayu mangium yang direndam H_3PO_4 10% dengan lama waktu aktivasi 90 menit. Besarnya daya serap arang aktif terhadap benzena ini mencerminkan permukaan arang aktif lebih bersifat non polar sehingga dapat digunakan untuk menyerap polutan yang juga bersifat non polar seperti karbon tetra klorida. Apabila hasil ini dibandingkan dengan arang aktif komersial sebesar 2,78%, maka daya serap benzena hasil penelitian masih lebih tinggi. Dari uji regresi terlihat bahwa makin lama waktu aktivasi, daya serap arang aktif terhadap benzena yang dihasilkan meningkat (Tabel 3). Peningkatan daya serap ini memperlihatkan permukaan arang aktif lebih bersifat non polar.

Hasil uji BNJ menunjukkan bahwa tidak semua perlakuan dan interaksinya menyebabkan perbedaan yang nyata daya serap arang aktif terhadap benzena (Tabel 6). Sebagai contoh adalah arang yang diaktivasi dengan selama 30 menit dan direndam pada H_3PO_4 5% (a1b2) sebesar 9,98% tidak memberikan perbedaan daya serap yang berbeda dibandingkan dengan arang yang diaktivasi selama 60 menit dan direndam pada H_3PO_4 5% (a2b2) sebesar 9,54%.

Table 3. Persamaan regresi hubungan antara lama waktu aktivasi (X1) terhadap sifat arang aktif (Y)

Table 3. Regressions between activation time (X1) on activated charcoal properties (Y)

Sifat (Properties)	Regresi (Regression)	Koefisien korelasi (Coefficient orrelation)	F-hitung (F-calc)
Rendemen (Yield), %	$Y = 91,50 - 0,11 X1$	-0,9159	5,1873*
Kadar air (Moisture content), %	$Y = 9,32 + 0,04 X1$	0,7588	1,3623
Kadar abu (Ash content) %	$Y = 20,52 + 0,03 X1$	0,9585	11,3103**
Kadar zat terbang (Volatile matter), %	$Y = 8,69 + 0,002 X1$	0,1321	0,0177
Kadar karbon terikat (Fixed carbon), %	$Y = 70,47 - 0,03 X1$	-0,6087	0,5841
Daya serap yodium (Adsorptive capacity of iodine), mg/g	$Y = 399,5 + 0,88 X1$	0,9573	10,9770**
Daya serap benzena (Adsorptive capacity of benzene), %	$Y = 11,65 + 0,02 X1$	0,9298	6,3947**

Keterangan (Remarks): ** = Sangat nyata (Highly significant); * = Nyata (Significant)

Table 4. Persamaan regresi hubungan antara konsentrasi H_3PO_4 (X2) terhadap sifat arang aktif (Y)

Table 4. Regressions between H_3PO_4 concentration (X2) on activated charcoal properties (Y)

Sifat (Properties)	Regresi (Regression)	Koefisien korelasi (Coefficient orrelation)	F-hitung (F-calc)
Rendemen (Yield), %	$Y = 74,31 + 1,41 X2$	0,8571	2,7673
Kadar air (Moisture content), %	$Y = 10,08 + 0,19 X2$	0,9516	2,6405
Kadar abu (Ash content), %	$Y = 11,92 + 1,36 X2$	0,9571	10,8580**
Kadar zat terbang (Volatile matter), %	$Y = 8,57 + 0,025 X2$	0,0999	0,0101
Kadar karbon terikat (Fixed carbon), %	$Y = 79,71 - 1,46 X2$	-0,9280	6,2054**
Daya serap yodium (Adsorptive capacity of iodine), mg/g	$Y = 453,7 - 0,14 X2$	-0,0327	0,0011
Daya serap benzena (Adsorptive capacity of benzene), %	$Y = 11,48 + 0,16 X2$	0,4761	0,2929

Keterangan (Remarks): ** = Sangat nyata (Highly significant)

8. Kondisi terbaik pembuatan arang aktif

Kondisi terbaik didefinisikan sebagai kondisi perlakuan yang dapat memberikan hasil arang aktif terbaik, didasarkan atas rendemen dan daya serap yodium (Hartoyo, *et al.*, 1990). Kondisi optimum untuk membuat arang aktif dari kulit kayu mangium adalah arang yang diaktivasi selama 60 menit dengan konsentrasi H_3PO_4 sebesar 10%. Pada perlakuan ini rendemen yang dihasilkan sebesar 98,20% dengan daya serap yodium sebesar 513 mg/g. Nilai daya serap yang diperoleh memenuhi syarat Standar Amerika dan dengan nilai sebesar itu maka produk arang aktif yang dihasilkan hanya dapat digunakan untuk menjernihkan air

Tabel 5. Kondisi terbaik pembuatan arang aktif

Table 5. The best condition to manufacture activated charcoal

Waktu aktivasi, menit (<i>Activation time, minutes</i>)	H_3PO_4 %	Kondisi terbaik (<i>The best condition</i>), mg/g
30	0	270,84
	5	319,88
	10	430,40
	15	465,01
60	0	323,35
	5	389,50
	10	503,76
	15	387,09
90	0	409,12
	5	314,38
	10	435,21
	15	384,89

IV. KESIMPULAN

Kulit kayu mangium dapat dibuat arang dengan sifat-sifat sebagai berikut: kadar karbon terikat 70,40%, kadar air 5,99%, kadar abu 12,50%, kadar zat terbang 17,20% dan rendemen arang yang dihasilkan sebesar 42,10%. Arang ini dapat dijadikan arang aktif karena kadar karbon terikatnya memenuhi persyaratan, yaitu lebih dari 70%.

Mutu arang aktif yang terbaik dihasilkan dari arang yang direndam asam fosfat 10%, dengan lama waktu aktivasi 60 menit, menghasilkan rendemen sebesar 98,2%, kadar air 8,39%, kadar abu 26,70%, kadar zat terbang 8,72%, kadar karbon terikat 64,6%, daya serap terhadap yodium 513 mg/g dan daya serap terhadap benzena sebesar 16,10%. Berdasarkan besarnya daya serap terhadap yodium, maka arang aktif dari kulti kayu mangium yang dihasilkan dapat digunakan untuk penjernihan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1985. Industrial charcoal making. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome.
- _____. 1995. Arang aktif teknis. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta. SNI 06-3730-1995.
- _____. 1982. Standar metode coal and coke. ASTM, Philadelphia.
- _____. 1978. Standar metode of water. American Water Works Association, Colorado. B 600-78.
- Baquero, M.C., Giraldo, L., Moreno, J.C., Garcia, F.S., Alonso, A.M., and J.M.D. Tascon. 2003. Activated carbons by pyrolysis of coffee bean husks in presence of phosphoric acid. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. (70): 779-784
- Buekens, A., Keirse, H., Schoeters, J. and A. Verbeeck. 1985. Production of activated carbon from *Euphorbia tirucalli*. Final report. Universiteit Brussel.
- Guerrero, A.E. and L.A. Reyes. 1970. Preparation of activated carbon from coconut cor Dust. Coconut research and development. Vol 3. United Coconut Association of The Philippines Inc. Manila.
- 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.
- Hassler, J.W. 1974. Purification with activated carbon industrial. Commercial and environmental. Chemical Publishing Co. Inc. New York.
- Komarayati, S., Hendra, D dan Gusmailina. 1998. Pembuatan arang aktif dari biomassa hutan. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 16 (2): 61-68. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- Pari, G. 1999. Karakterisasi arang aktif dari arang serbuk gergajian sengon dengan bahan pengaktif NH_4HCO_3 . *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 17 (2): 89-100. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- Pari, G. 2004. Kajian struktur arang aktif dari serbuk gergaji kayu sebagai adsorben emisi formaldehida kayu lapis. Disertasi. Sekolah Pascasarjana, Insitut Pertanian Bogor. Bogor.
- Pari, G., Tjutju, N. dan Hartoyo. 2000. Kemungkinan pemanfaatan arang kulit kayu *Acacia mangium* Willd. untuk pemurnian minyak kelapa sawit. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 18 (1): 40 - 53. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- Smisek, M and S. Cerny. 1970. Active carbon: Manufacture, properties and application. Elsevier Publishing Company, New York.
- Sudjana. 1980. Disain dan eksperimenat analisis. Tarsito, Bandung.
- Walker, P.L. 1996. Production of activated carbons: Use of CO_2 versus H_2O as activating agent. *Carbon* 34: 1297 - 1299.
- Yue, Z., Economy, J., and C.L. Mangun. 2003. Preparation of fibrous porous materials by chemical activation 2. H_3PO_4 activation of polymer coated fibers. *Carbon* 41: 1809-1817.

Tabel 6. Hasil uji BNJ sifat arang aktif kulit kayu mangium
 Table 6. Test result of HSD on activated charcoal properties of mangium bark

Sifat (Properties)	Perlakuan (Treatment)	Nilai rata-rata yang dibandingkan (Comparison of mean values)											
Rendemen (Yield), %	AB	a3b1	a2b1	a1b1	a3b2	a2b2	a1b2	a3b4	a3b3	a1b4	a2b4	a2b3	a1b3
		67,4	72,5	73,4	80,2	82,0	85,6	86,3	89,0	91,0	93,5	98,2	99,4
Kadar air (Moisture content), %	AB	a2b3	a1b2	a2b1	a3b1	a1b3	a2b2	a3b2	a1b4	a1b1	a2b4	a3b3	a3b4
		8,39	8,63	9,30	10,50	10,60	11,20	11,20	12,20	12,50	12,90	15,20	15,90
Kadar zat terbang (Volatile matter), %	B	b2	b3	b1	b4	10,00	10,38	7,27	7,41	10,38	10,38	10,38	10,38
		7,41	7,41	7,27	7,27	10,00	10,38	10,38	7,27	7,41	10,38	10,38	10,38
Daya serap yodium (Adsorptive capacity of benzene), %	AB	a1b1	a1b2	a3b2	a2b4	a3b4	a1b3	a2b1	a3b3	a2b2	a1b4	a2b3	a3b1
		369	373	392	414	432	433	446	468	475	511	513	607
Daya serap benzena (Adsorptive capacity of benzene), %	AB	a3b2	a2b2	a1b2	a1b1	a1b3	a2b4	a3b4	a2b1	a3b1	a1b4	a2b3	a3b3
		9,22	9,45	9,98	11,10	12,00	13,10	13,20	13,20	14,00	15,20	16,10	16,20

Keterangan (Remarks): B = Konsentrasi H₃PO₄ (Concentration of H₃PO₄); AB = Interaksi antara waktu aktivasi dengan konsentrasi H₃PO₄ (Interaction between activation time with concentration of H₃PO₄); _____ = Tidak nyata (Non significant)