

Pengaruh Lama dan Suhu Aktivasi Terhadap Kualitas dan Struktur Kimia Arang Aktif Bagasse

Effect of Time and Temperature Activation on Quality and Chemical Structure of Bagasse Activated Charcoal

Wawan Sujarwo

Abstract

The aim of this research was to determine the effect of time and temperature activation on the quality and chemical structure of bagasse activated charcoal. The study was designed in a completely random design with 3 x 3 factorial, each treatment was 5 times repeated. Bagasse was carbonized in an electrical retort at 400°C for 3.5 hours, then activated at 800°C, 900°C and 1000°C for 30, 60 and 90 minutes at each temperature. The quality of bagasse activated charcoal showed that the yield was 72.57 ~ 91.78%, 5.90 ~ 9.58% moisture content, 39.70 ~ 52.70% volatile matter, 18.40 ~ 25.30% ash content, 26.30 ~ 36.70% fixed carbon, 8.44 ~ 13.40% benzene adsorption, 1036.18 ~ 1474.33 (mg/g) iodine adsorption, 121.91 ~ 124.80 (mg/g) methylene blue adsorption. The surface area of bagasse activated charcoal was 250.45 m²/g. The FTIR analysis indicated that surface of bagasse activated charcoal contained bonding of C-X, S=O, C-N, N-H and C=C. The SEM analysis showed that there were wide pore diameter and plenty of pores. The application of bagasse activated charcoal at two villages reduced the colour, turbidity and iron contents until 65%, 30% manganese contents while hardness of water and pH did not change.

Key words: activated charcoal, bagasse, activation, quality, chemical structure.

Pendahuluan

Indonesia sebagai negara tropis memiliki potensi bahan baku arang aktif yang cukup besar dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Produksi arang aktif di dalam negeri sampai saat ini masih terbatas, akibatnya untuk memenuhi kebutuhan arang aktif, Indonesia masih mengimpor dari negara-negara lain seperti Australia, Korea Selatan, Jerman, Jepang, Belanda dan Malaysia. Pada tahun 2004, Indonesia mengimpor arang aktif sebanyak 909,170 kg dengan harga 1,192,525 US\$ (Anonymous 2005a). Kebutuhan Indonesia akan arang aktif masih cukup besar, disebabkan semakin meluasnya penggunaan arang aktif dalam banyak sektor industri. Menurut Nurhayati *et al.* (2002) terdapat 27 industri yang menggunakan arang aktif untuk keperluan *adsorbent* dan penyerapan polutan. Saat ini arang aktif telah digunakan secara luas dalam industri kimia, makanan, minuman dan farmasi. Pada umumnya arang aktif digunakan sebagai bahan penyerap, penjernih dan dalam jumlah kecil juga digunakan sebagai katalisator. Arang aktif dapat digunakan untuk pemurnian udara pada lingkungan padat penduduk seperti perkantoran, rumah sakit, laboratorium, industri pengolahan makanan. Tempat-tempat tersebut membutuhkan udara bersih serta mencegah polusi udara ke atmosfer akibat emisi pada pembuangan gas yang berasal dari berbagai macam operasi industri. Pada industri gula, arang aktif digunakan untuk menghilangkan zat warna pada air gula dan pemurnian oksida logam. Pada pengolahan limbah cair modern, arang aktif juga

digunakan untuk menghilangkan bahan organik dan anorganik.

Berdasarkan keperluan di atas, maka sangat penting untuk meningkatkan produktivitas arang aktif di Indonesia. Arang aktif dapat menjadi produk unggulan bila didukung dengan peran aktif pemerintah maupun swasta yang akan meningkatkan produktivitas dan kualitas arang aktif. Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas adalah dengan melakukan studi terhadap sumber biomassa yang berpotensi sebagai bahan baku arang aktif yang berkualitas.

Bahan baku pembuatan arang aktif yang dipilih dalam penelitian ini yaitu dari bahan *bagasse*. Dipilihnya *bagasse* karena merupakan limbah terbesar yang dihasilkan dalam industri gula tebu yaitu sekitar 35 ~ 40% dari berat batang tebu yang biasanya dipakai sebagai bahan baku di pabrik gula (Christiyanto 1998). Potensi *bagasse* di Indonesia cukup besar, menurut data statistik Indonesia tahun 2002, luas tanaman tebu di Indonesia 395,399.44 ha yang tersebar di Sumatera seluas 99,383.8 ha, Jawa seluas 265,671.82 ha, Kalimantan seluas 13,970.42 ha dan Sulawesi seluas 16,373.4 ha. Diperkirakan setiap hektar tanaman tebu mampu menghasilkan 100 ton *bagasse*. Oleh karenanya potensi *bagasse* nasional dapat tersedia dari total luas tanaman tebu mencapai 39,539,944 ton per tahun (Anonymous 2005b).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh interaksi antara lama dan suhu aktivasi terhadap kualitas dan struktur kimia arang aktif serta mengetahui kualitas air setelah diperlakukan dengan arang aktif *bagasse*.

Proses pembuatan arang menjadi arang aktif dalam penelitian ini tidak menggunakan aktivasi kimia namun menggunakan aktivasi *thermal* dengan suhu tinggi. Hal ini dilakukan dengan harapan, agar arang aktif yang dipakai untuk memperbaiki kualitas air tidak mengganggu kesehatan.

Bahan dan Metode

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah *bagasse* (ampas tebu) yang diperoleh dari PG.Trangkil, Pati, Jawa Tengah. Bahan kimia yang digunakan diantaranya adalah iodium, tapioka, natrium tiosulfat, benzena dan biru metilen.

Beberapa kegiatan yang dilakukan yaitu persiapan bahan, karbonisasi, aktivasi, pengujian kualitas dan struktur kimia arang aktif. Rancangan penelitian yang digunakan berupa Rancangan Acak Lengkap yang disusun secara faktorial dengan 2 faktor (3 tingkatan lama aktivasi dan 3 tingkatan suhu aktivasi) dan 5 kali ulangan pada tiap perlakuan. Metode analisa data dengan analisis keragaman (ANOVA). Apabila hasil analisis keragaman berbeda nyata, hasil pengujian diuji lanjut dengan uji HSD

(*Honestly Significant Difference*) dengan prosedur Tukey pada taraf 1% dan 5%.

Hasil dan Pembahasan

Kondisi optimum didefinisikan sebagai kondisi perlakuan yang dapat memberikan kualitas arang aktif terbaik (Hudaya dan Hartoyo, 1990). Lama dan suhu aktivasi merupakan faktor yang penting dalam menentukan kualitas dan struktur kimia arang aktif yang dihasilkan, karena besar pengaruhnya terhadap kemampuan daya serap.

Kualitas arang aktif meliputi rendemen, kadar air, kadar *volatile*, kadar abu, kadar karbon terikat, daya serap benzena, daya serap iodium dan daya serap biru metilen, sedangkan hasil analisa struktur kimia arang aktif meliputi luas permukaan, pola struktur gugus fungsi dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Kualitas Arang Aktif

Nilai rata-rata kualitas arang aktif yang diperoleh dalam penelitian ini berdasarkan parameter yang diamati disajikan pada Tabel 1.

Table 1. Quality of Bagasse Activated Charcoal.

Treatment	Parameter							
	Ren (%)	Ka (%)	K.V (%)	K.Ab (%)	K.KT (%)	DS.B (%)	DS.I (mg/g)	DS.BM (mg/g)
A1B1	91.78	5.90	39.70	23.60	36.70	8.44	1036.28	122.33
A1B2	88.63	8.22	52.70	21.00	26.30	8.50	1218.24	122.13
A1B3	81.66	8.32	43.00	21.60	35.40	8.80	1211.50	124.80
A2B1	88.80	6.78	43.60	24.00	32.40	8.62	1144.11	121.95
A2B2	85.61	7.44	48.60	20.40	31.00	8.84	1319.33	124.61
A2B3	80.63	9.58	48.10	20.50	31.40	11.48	1339.55	124.60
A3B1	86.56	7.50	47.70	25.30	27.00	8.70	1400.20	121.91
A3B2*	84.65	8.32	44.00	21.20	34.80	9.40	1474.33	124.16
A3B3	72.57	7.38	47.10	18.40	34.50	13.40	1326.07	124.75
Criteria Standard 06-3370-1995	-	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≥ 65	≥ 25	≥ 750	≥ 120

Note:

*	: Optimum Treatment	A1	: Time of Activation 30 Minute
Rend	: Rendement	A2	: Time of Activation 60 Minute
Ka	: Moisture Content	A3	: Time of Activation 90 Minute
K.V	: Volatile Matter	B1	: Temperature of Activation 800°C
K.Ab	: Ash Content	B2	: Temperature of Activation 900°C
K.KT	: Fixed Carbon	B3	: Temperature of Activation 1000°C
DS.B	: Adsorption of Benzena		
DS.I	: Adsorption of Iodium		
DS.BM	: Adsorption of Methylene Blue		

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa interaksi antara lama aktivasi dan suhu aktivasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap daya serap iodium yang dihasilkan. Daya serap iodium cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya lama aktivasi. Kecenderungan ini menggambarkan banyaknya struktur mikropori yang terbentuk karena daya serap iodium merupakan indikasi volume daya tampung pori-pori arang aktif. Hal ini juga menunjukkan bahwa relatif banyak diameter pori yang terbentuk lebih dari 10 Å. Menurut Hendra dan Pari (1999) besarnya daya serap ini karena antara ikatan C dan H terlepas dengan sempurna, sehingga terjadi pergeseran pelat karbon kristalit membentuk pori yang baru dan mengembangkan pori yang sudah terbentuk. Sedangkan untuk suhu aktivasi, daya serap iodium cenderung berfluktuasi dengan bertambahnya suhu. Suhu aktivasi yang semakin meningkat akan mengkorversi karbon dan membantu pembentukan pori mikro dalam arang secara kontinyu yang diikuti dengan meningkatnya daya adsorpsinya. Setelah itu dinding pori karbon mulai rusak atau erosi sehingga luas permukaan pori menurun kembali dan diikuti dengan menurunnya daya adsorpsi (Pari 1991).

Luas Permukaan (Surface Area) Arang aktif

Hasil analisis Multi BET (*Adsorption*) arang aktif *bagasse* yang diperoleh dalam penelitian ini ditampilkan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, terlihat nilai *total surface area* sebesar 11.270501 m² karena berat sampel yang diuji 0.0450 maka nilai *specific surface area* sebesar 250.45576 m²/g. Luas permukaan arang aktif *bagasse* pada kondisi optimum dalam penelitian ini adalah 250.455 m²/g. Rendahnya luas permukaan arang aktif berkaitan dengan daya serap terhadap iodium dan metilen biru yang rendah (Pari 1991). Semakin lama waktu yang

dibutuhkan untuk proses pengujian dan semakin banyak kebutuhan nitrogen cair yang dibutuhkan maka luas permukaannya semakin besar. Hal ini disebabkan karena arang aktif yang luas permukaannya besar akan menyerap nitrogen cair lebih banyak dari pada arang aktif yang luas permukaannya rendah. Selain itu rendahnya luas permukaan arang aktif juga bisa disebabkan karena kandungan abu yang masih tinggi yang menyebabkan pori-pori arang aktif masih tertutup mineral seperti silika, aluminium, besi dan kalsium.

Table 2. Multy BET (*Adsorption*) Analysis of Bagasse Activated Charcoal

P/Po	BET Transform (1/{W[Po/P -1]})
0.049722	0.733188
0.066857	0.903169
0.143376	1.992454
0.199209	2.751593
0.250710	3.511588

Note:

Slope	: 13.899742
Intercept	: 0.004985
Correlation coefficient	: 0.999704
BET C	: 2789.073754
Total surface area	: 11.270501 m ²
Weight Sample	: 0.0450 g

Pola Struktur Gugus Fungsi Arang Aktif

Gambar spektrum serapan FTIR arang aktif *bagasse* yang diperoleh, ditampilkan pada Gambar 1.

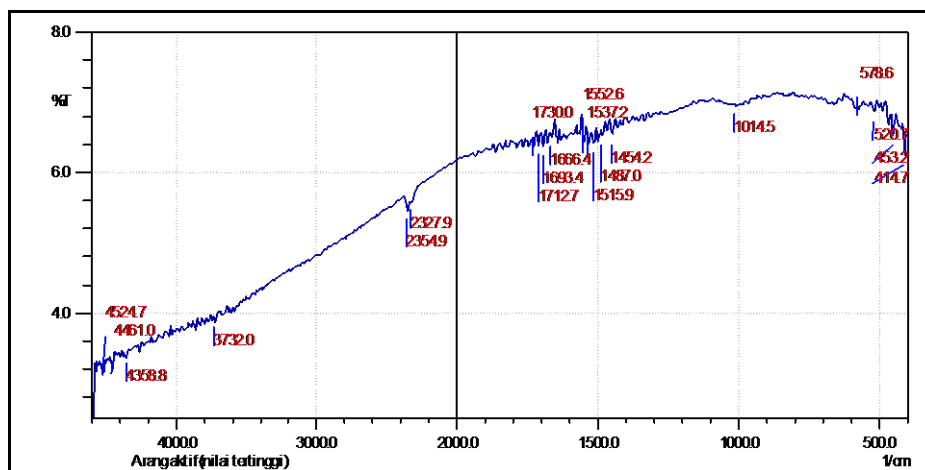


Figure 1. Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FTIR) of Bagasse Activated Charcoal.

Mengacu pada Kenneth dan Judith (2000) terlihat spektrum FTIR pada Gambar 1 menunjukkan bahwa arang aktif *bagasse* pada kondisi optimum dalam penelitian ini terdapat vibrasi dan gugus yang tidak teridentifikasi pada bilangan gelombang 4524.7 ~ 3732 cm^{-1} , 2354.9 ~ 2327.9 cm^{-1} , 1693.4 cm^{-1} dan 1537.2 ~ 1454.2 cm^{-1} . Pita serapan di daerah bilangan gelombang 1730 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi C=C gugus aldehida dan ester sedangkan pada daerah bilangan gelombang 1712.7 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi C=C gugus keton dan asam karboksilat. Pada pita serapan di daerah 1666.4 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi C=C gugus alkena, amida dan amina dan oksim. Pita serapan pada bilangan gelombang 1552.6 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi N-H gugus amida dan amina primer sekunder (*bending*), sedangkan pita serapan didaerah 1014.5 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi C-X gugus fluorida, S=O gugus sulfone dan sulfonil klorida, C-N gugus amina. Pita serapan didaerah 578.6 ~ 414.7 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi C-X gugus bromida dan iodida. Secara keseluruhan hasil analisis IR terdapat 20 pita serapan bilangan gelombang dengan 5 jenis vibrasi dan 14 jenis gugus fungsi yang teridentifikasi dengan intensitas berkisar dari 3.182 ~ 6.971 %T. Dari data hasil analisis struktur gugus fungsi arang aktif pada kondisi optimum memperlihatkan bahwa sedikit jumlah gugus fungsi selain vibrasi C. Dengan demikian arang aktif yang dihasilkan dalam penelitian ini sedikit gugus pengotornya sehingga daya serapnya semakin besar, karena yang diharapkan dari pembuatan arang aktif adalah gugus C berikatan dengan C.

SEM Arang Aktif

Gambar *scanning electron microscope* (SEM) arang aktif *bagasse*, dapat dilihat pada Gambar 2. Tampilan SEM arang aktif pada Gambar 2 mewakili beberapa gambar hasil SEM dalam penelitian ini.

Pada Gambar 2 hasil analisis fotografer SEM arang aktif *bagasse* pada kondisi optimum menunjukkan adanya jumlah pori yang cukup banyak dan adanya sebagian diameter pori yang cukup lebar. Hal ini menunjukkan selama proses aktivasi, pelat-pelat karbon kristalit yang

tidak teratur mengalami pergeseran sehingga permukaan kristalit menjadi terbuka dan terbentuk pori yang lebih banyak. Pergeseran pelat karbon menghasilkan pori yang baru dan mengembangkan mikropori awal menjadi makropori (Pari *et al.* 2004). Selain itu terbentuknya makropori disebabkan oleh rusaknya dinding pori yang kecil dan bergabung dengan pori lain sehingga membentuk pori yang lebih lebar (Pari *et al.* 2003).

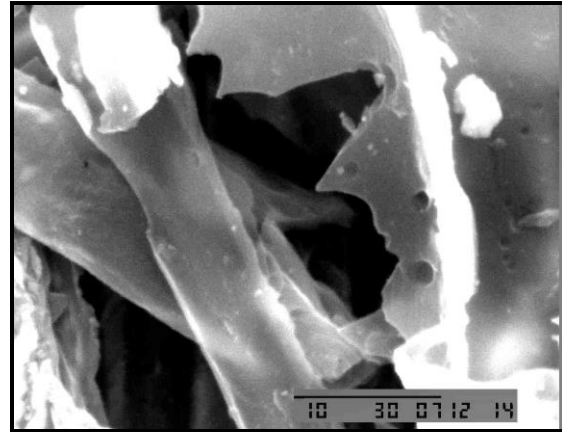


Figure 2. Scanning Electron Microscope (SEM) Image of Bagasse Activated Charcoal.

Aplikasi Arang Aktif untuk Memperbaiki Kualitas Air

Pengujian kualitas air dilakukan untuk mengurangi kotoran bahan organik, partikel atau gabungan antara bau, warna dan rasa. Proses penyerapan merupakan proses yang penting dalam peningkatan kualitas air. Arang aktif sebagai salah satu bahan yang memiliki daya serap yang tinggi dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas air. Berdasarkan data pada Tabel 1, arang aktif dengan daya serap iodium tertinggi digunakan untuk pengujian kualitas air (warna, kekeruhan, pH, kesadahan, kadar besi dan kadar mangan). Hasil pengujian kualitas air sebelum dan sesudah diperlakukan dengan arang aktif *bagasse* secara lengkap disajikan masing-masing pada Tabel 3 untuk desa Ledokdawan dan Tabel 4 untuk desa Monggot.

Table 3. Water Analysis at Ledokdawan Village.

Parameter	Unit	Standard Criteria No.416/Menkes/Per/IX/1990	Result		
			Before Treatment	After Treatment	Reducing
Colour	Pt-Co	max 50.0	15.0	4.0	73.33%
Turbidity	NTU	max 25.0	18.0	6.0	66.67%
pH	-	6.5 ~ 9.0	8.0	8.0	-
Hardness of Water	mg/l	max 500	688.49	688.49	-
Iron Content	mg/l	max 1.0	0.2	0.00	100%
Manganese Content	mg/l	max 0.5	1.0	0.68	32%

Table 4. Water Analysis at Monggot Village.

Parameter	Unit	Standard Criteria No.416/Menkes/ Per/IX/1990	Result		
			Before Treatment	After Treatment	Reducing
Colour	Pt-Co	max 50.0	25.0	2.5	90.00%
Turbidity	NTU	max 25.0	21.0	5.0	76.19%
pH	-	6.5 ~ 9.0	7.0	7.0	-
Hardness of Water	mg/l	max 500	386.23	386.23	-
Iron Content	mg/l	max 1.0	1.3	0.00	100.00%
Manganese Content	mg/l	max 0.5	0.5	0.25	50.00%

Air yang berasal dari sumur warga desa Ledokdawan dan desa Monggot, Kecamatan Geyer, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah, setelah diperlakukan dengan arang aktif *bagasse* yang berasal dari pembuatan pada suhu 900°C selama 90 menit, maka air tersebut dapat memenuhi kriteria sebagai air bersih menurut standar baku mutu No. 416/Menkes/Per/1990. Pengujian tersebut berdasarkan sifat fisika air (warna dan kekeruhan) serta sifat kimia air (pH, kesadahan, kadar Mangan, kadar besi) kecuali kualitas kesadahan dan kadar mangan air dari desa Ledokdawan belum memenuhi standar baku mutu air bersih.

Kesimpulan

Interaksi antara lama aktivasi dan suhu aktivasi berpengaruh sangat nyata terhadap semua parameter kualitas arang aktif *bagasse*. Limbah *bagasse* dapat dibuat menjadi produk arang aktif dengan kadar air, daya serap terhadap iodium dan daya serap terhadap biru metilen memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 06-3730-1995). Sementara kadar zat mudah menguap, kadar abu, kadar karbon terikat dan daya serap terhadap uap benzena belum memenuhi SNI 06-03730-1995, tetapi masih bisa digunakan untuk meningkatkan kualitas air.

Uji coba aplikasi arang aktif *bagasse* di dua desa menghasilkan penurunan di atas 65% untuk parameter warna, kekeruhan dan kadar besi air. Sementara kadar mangan air hanya mengalami penurunan di atas 30% sedangkan pH dan kesadahan relatif tidak mengalami perubahan.

Daftar Pustaka

- Anonimous. 2005a. Inforistek Vol 3 (1). <http://www.pdii.lipi.go.id>. Diakses 1 Oktober 2007.
- Anonimous. 2005b. Siaran Pers No. S.563/II/PIK-1/2005. <http://www.dephut.go.id>. Diakses 1 Oktober 2007.
- Badan Standarisasi Nasional. 1995. Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3370-1995. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Christiyanto, M. 1998. Pengaruh Lama Pemasakan dan Fermentasi Ampas Tebu dengan *Trichoderma viride* terhadap Degradasi Serat. Tesis S2 Program Studi Ilmu Peternakan. Jurusan Ilmu-ilmu Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. (tidak dipublikasikan).

Departemen Kesehatan RI. 1990. Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor : 416/Menkes/Per/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Departemen Kesehatan RI. Jakarta.

Hendra, D dan G. Pari. 1999. Pembuatan Arang Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. Buletin Penelitian Hasil Hutan. Bogor 17(2): 113-122.

Hudaya, N. dan Hartoyo. 1990. Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Biji-Bijian Asal Tanaman Hutan dan Perkebunan. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. 8(4): 146-149.

Kenneth, A. and F. Judith. 2000. Contemporary Instrumental Analysis Chapter Infrared and Raman Spectrometries : Vibrational Spectrometries. Prentice Hall International Inc. New Jersey.

Nurhayati, T.; Aepuloh; Sylviani. 2002. Analisis Teknis dan Ekonomi Produksi Arang Aktif Industri Pedesaan. Badan Penelitian Hasil Hutan 20 (5): 353 -366.

Pari, G. 1991. Pembuatan Arang Aktif Kayu Karet untuk Bahan Pemurni Minyak Daun Cengkeh. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 8 (6): 228-235.

Pari, G.; K. Sofyan; W. Syafii; Buchari. 2003. Suhu Karbonisasi dan Perubahan Struktur Arang Serbuk Gergaji Jati. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan* 16 (2) : 70-80.

Pari, G.; K. Sofyan; W. Syafii; Buchari. 2004. Pengaruh Lama Aktivasi terhadap Struktur dan Mutu Arang Aktif Serbuk Gergaji Jati (*Tectona grandis* L.f). *Jurnal Teknologi Hasil Hutan* 17(3): 33-44.

Wawan Sujarwo
Unit Pelayanan Teknis Konservasi Tumbuhan
Kebun Raya Bali – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
(*Technical Implementation Unit for Plant Conservation
Bali Botanic Garden - Indonesian Institute of Sciences*)
Candikuning, Baturiti, Tabanan 82191.
Tel. : (0368) 21273, 22050,
Fax. : (0368) 22051
E-mail : w_sujarwo@yahoo.co.id
HP : 08522806057