

**PEMANFAATAN ARANG AKTIF CANGKANG BUAH BINTARO
(*Cerbera manghas*) SEBAGAI ADSORBEN PADA PENINGKATAN
KUALITAS AIR MINUM
(*Utilization of Activated Charcoal Made of Bintaro's Fruit Shell
(Cerbera manghas) as an Adsorbent to Improve Water Quality*)**

Djeni Hendra¹, Armi Wulanawati², Kamela Gustina² & Heru S Wibisono¹

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan

Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610, Telp. 0251-8633378, Fax. 0251-8633413

²Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Departemen Kimia, Institut Pertanian Bogor.

Jl. Agatis Wing 2 Level 4, Bogor 16144 Kampus IPB Darmaga, Telp/Fax : (0251) 8624567

E-mail: djeni_hendra@yahoo.co.id; hewib@yahoo.com

Diterima 18 Februari 2013, Direvisi 25 Februari 2015, Disetujui 6 Maret 2015

ABSTRACT

Bintaro seed is widely used as an alternative raw material for biodiesel and waste the fruit-shell. This paper studies the utilization of fruit-shell waste for activated carbon. Activated charcoal was relied on two factors, namely chemical activator (H_3PO_4 concentration) and activation time of hot steam. Activated charcoal quality was tested against Indonesian National Standard (SNI 06-3730-1995). Results show the best activated charcoal is the treatment using H_3PO_4 15% and 90 minutes hot steam. The process produce activated charcoal quality of 9.98% moisture content, volatile matter 9.16%; ash content 12.45%; fixed carbon 78.4%; adsorption on iodine 784.498 mg/g; adsorption on benzene 17.73%; and adsorption on methylene blue 127.705 mg/g. The adsorption mechanism is similar with those adsorption of Langmuir isotherm with linearity of 0.9691. In term of improving water quality the best activated charcoal should be able to reduce the concentration of Fe in the water by 100 % and Mn by 86.94 % respectively.

Keywords: Activated charcoal, fruit-shell waste, adsorption isotherm, water quality

ABSTRAK

Biji buah bintaro banyak digunakan sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan biodiesel sehingga akan menghasilkan limbah berupa cangkang buah bintaro. Tulisan ini mempelajari pemanfaatan cangkang buah bintaro untuk pembuatan arang aktif. Pengaktifan dilakukan dengan dua faktor yaitu aktivasi kimia (konsentrasi H_3PO_4) dan laju alir uap air panas (*hot steam*). Sebagai indikator kualitas arang aktif dilakukan karakterisasi berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 06-3730-1995). Hasil penelitian menunjukkan bahwa arang aktif yang sesuai SNI adalah arang aktif yang diaktivasi menggunakan H_3PO_4 15% dengan laju alir uap air panas selama 90 menit dengan kadar air 9,98%; kadar zat terbang 9,16%; kadar abu 12,45%; kadar karbon terikat 78,4%; daya serap iod 784,498 mg/g; daya serap benzena 17,73 %; dan daya serap biru metilena 127,705 mg/g. Mekanisme adsorpsi sesuai isotherm adsorpsi Langmuir dengan linearitas 0,9691. Dalam meningkatkan kualitas air, arang aktif terbaik adalah yang dapat menurunkan kadar dalam air Fe sampai 100% dan Mn 86,94%.

Kata kunci: Arang aktif, cangkang buah, limbah, isotherm adsorpsi, kualitas air

I. PENDAHULUAN

Arang aktif dapat dibuat dari bahan organik yang dapat dikarbonisasi, misalnya kayu, batu bara coklat (Marsh & Reinoso, 2006), kulit kenari (Mariez, Torres, Guzman & Maestri, 2006), kulit kemiri (Dastgheib & Rockstraw, 2002), dan gergajian kayu (Dakiky, Khamis, Manassra, & Mer'eb, 2002). Selain itu pembuatan arang aktif juga dapat dilakukan dari bahan baku berupa cangkang. Cangkang tergolong limbah yang sampai saat ini mulai diteliti dan dimanfaatkan sebagai arang aktif. Salah satu pemanfaatan cangkang sebagai arang aktif adalah cangkang kelapa sawit (Kurniati, 2008). Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah pengolahan minyak kelapa yang jumlahnya mencapai 60% dari produksi minyak.

Penelitian pemanfaatan cangkang sebagai arang aktif masih perlu dikembangkan untuk mengeksplorasi bahan baku cangkang yang berpotensi tinggi baik dalam hal jumlah bahan baku maupun kualitasnya. Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan cangkang buah bintaro (*Cerbera manghas*) sebagai arang aktif. Cangkang buah bintaro merupakan limbah biomassa dengan ketersediaan melimpah. Menurut Utami (2011) rendemen cangkang dari buah bintaro adalah 67,36%. Secara fisik cangkang buah bintaro mirip dengan cangkang kelapa sawit. Cangkang ini mengandung lignoselulosa dan serat yang sifatnya hampir mirip dengan tempurung kelapa (Iman & Handoko, 2011). Ketersediaan cangkang buah bintaro didukung oleh pohonnya yang menghasilkan buah sepanjang tahun dan keberadaan pohon bintaro sangat banyak karena digunakan sebagai tanaman penghijauan dan sebagai penghias taman kota serta tidak membutuhkan pemeliharaan khusus (Purwanto, 2011).

Salah satu keunggulan arang aktif adalah kapasitas dan daya serapnya yang besar. Arang aktif dapat digunakan sebagai media untuk meningkatkan kualitas lingkungan. Permasalahan yang sering muncul saat ini adalah penurunan kualitas air. Hal ini menyebabkan air menjadi kurang atau sudah tidak berfungsi lagi sesuai dengan fungsinya. Permasalahan pemulihan air dapat diatasi dengan menggunakan arang aktif

sebagai penjernih dan penyerap polutan dalam air. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah dari cangkang buah bintaro sebagai bahan baku pada pembuatan arang aktif dan akan diaplikasikan sebagai adsorben untuk menyerap logam berat dan menjernihkan air sumur.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah cangkang buah bintaro dari daerah Bogor, arang aktif komersial berbahan baku tempurung kelapa, larutan H_3PO_4 , iod, natrium tiosulfat, kanji, metilena biru, benzena, larutan standar logam mangan (Mn). Alat-alat yang digunakan adalah *kiln* drum modifikasi, *retort* arang aktif, oven, tanur, desikator, saringan halus (100 mesh), cawan porselen, neraca analitik, *shaker*, spektrofotometer ultraviolet-tampak (UV-VIS), *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS), pH-meter, serta peralatan gelas.

B. Prosedur

1. Pembuatan arang aktif

Arang cangkang buah bintaro dalam bentuk granular direndam dalam berbagai konsentrasi larutan H_3PO_4 (5%, 10%, dan 15%) selama 24 jam dan setelah itu dicuci, ditiriskan, dan dikering udarkan. Selanjutnya arang aktif tanpa dan dengan aktivasi kimia (H_3PO_4) dimasukkan ke dalam *retort* dengan kapasitas 0,3 kg dan dipanaskan pada suhu $750^\circ C$. Setelah suhu *retort* tercapai, kemudian dialirkan uap air panas (aktivasi fisika) selama 0 menit, 60 menit, dan 90 menit, sehingga terbentuk 12 jenis arang aktif yang dapat dilihat pada Tabel 1. Kualitas arang aktif diuji berdasarkan Standar Nasional Indonesia Arang Aktif Teknis (SNI 06-3730-1995).

2. Morfologi

Pengamatan morfologi permukaan arang aktif sebelum dan sesudah diaplikasikan sebagai adsorben air minum menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Tabel 1. Perlakuan aktivasi kimia dan fisika
Table 1. Physical and chemical activation treatments

Aktivasi kimia/ <i>Chemical activation</i> ¹ (%)	Aktivasi fisika/ <i>Physical activation</i> ² (menit)		
	0	60	90
0	A1	A2	A3
5	B1	B2	B3
10	C1	C2	C3
15	D1	D2	D3

Keterangan (*Remarks*) :

1. Aktivasi kimia dengan H₃PO₄ (*Activation of chemical with H₃PO₄*)
2. Aktivasi fisika dengan uap air panas (*Activation of physical with steam*)

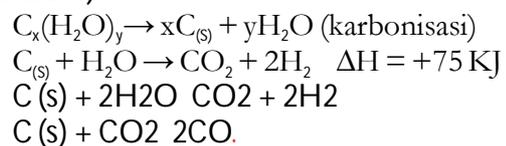
3. Isoterm adsorpsi

Uji daya adsorpsi mengikuti Ucer et al. (2006) yang dimodifikasi. Larutan standar mangan dengan variasi konsentrasi mulai dari 30 mg/L, 40 mg/L, 50 mg/L, dan 60 mg/L. Semua perlakuan dilakukan 2 ulangan. Arang aktif terbaik sebanyak 0,50 g ditambahkan dalam 50 mL larutan standar kemudian dikocok menggunakan *shaker* selama 60 menit. Konsentrasi larutan standar sebelum dan sesudah perlakuan diukur menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Mekanisme adsorpsi dihitung dengan model isoterm Freundlich dan Langmuir.

4. Aplikasi arang aktif

Kualitas arang aktif yang terbaik diuji cobakan untuk membersihkan dan menjernihkan air sumur terhadap kandungan logam berat. Air yang sebelum dan setelah dijernihkan diuji kualitasnya dengan cara analisis warna, pH, dan kandungan Fe dan Mn yang terdapat dalam air.

yaitu dengan aktivasi H₃PO₄ 15% dan tanpa steam uap air. Aktivasi dengan uap air panas dapat menurunkan rendemen arang aktif. Semakin lama perlakuan uap air panas maka rendemen akan semakin kecil (Gambar 1). Hal ini disebabkan karena, uap air merupakan gas pengoksidasi. Karbon yang terbentuk pada proses karbonisasi dapat bereaksi dengan uap air sehingga terjadi reaksi gasifikasi (Marsh & Reinoso, 2006). Reaksi ini akan menghasilkan CO₂ dan H₂ yang berarti akan mengurangi rendemen arang aktif. Berikut reaksi yang terjadi (Khah & Ansari, 2009) (Gambar 1):



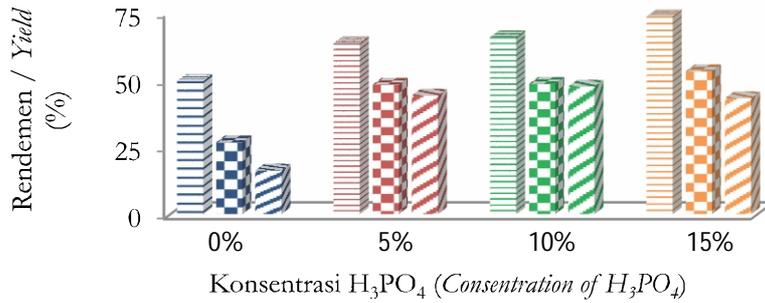
Penggunaan aktivator H₃PO₄ cenderung meningkatkan rendemen arang aktif karena H₃PO₄ yang digunakan pada proses aktivasi dapat memperlambat laju reaksi pada proses oksidasi sehingga dapat diartikan H₃PO₄ berfungsi sebagai pelindung arang dari suhu yang tinggi (Hartoyo & Pari, 1993). Sebaliknya, menurut Marsh dan Reinoso (2006), bahwa penggunaan aktivator H₃PO₄ dengan konsentrasi tinggi juga dapat menghasilkan rendemen yang kecil karena jumlah mikropori berkurang. Pada keadaan ini dinding yang berada diantara pori dapat rusak (*burnout*) sehingga terbentuk mesopori atau makropori. Hal ini terlihat pada arang aktif dengan perlakuan D3, yaitu aktivasi H₃PO₄ 15% dan laju alir uap air selama 90 menit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Arang Aktif

1. Rendemen arang aktif

Rendemen arang aktif cangkang buah bintaro berkisar antara 26,67-73,33%. Rendemen terendah dihasilkan pada arang aktif dengan perlakuan A3, yaitu tanpa aktivasi H₃PO₄ dan dengan *steam* uap air selama 90 menit. Sedangkan rendemen tertinggi dihasilkan pada perlakuan D1,



Keterangan(Remarks):

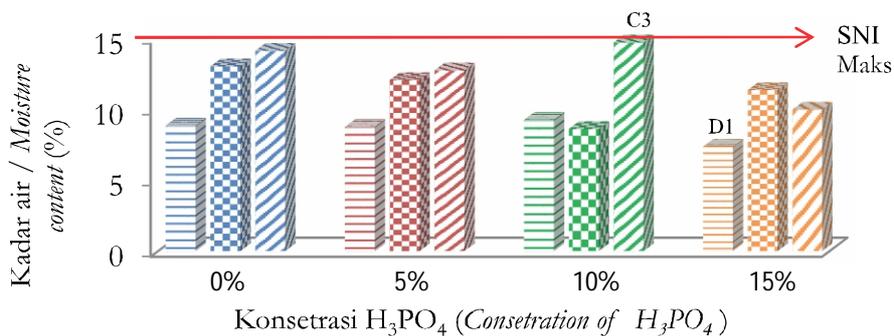
- ☐ = Tanpa uap air panas (*Without hot steam*)
- ▣ = Uap air panas selama 60 menit (*Hot steam for 60 minutes*)
- ▤ = Uap air panas selama 90 menit (*Hot steam for 90 minutes*)

Gambar 1. Rendemen arang aktif pada berbagai perlakuan konsentrasi H₃PO₄
Figure 1. Yield of activated charcoal at several treatment concentration of H₃PO₄

1. Kadar air

Penetapan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis arang aktif. Kadar air arang aktif cangkang buah bintaro berkisar antara 7,38–14,69% dan memenuhi Standar Nasional Indonesia Arang Aktif Teknis (SNI 06-3730-1995) yaitu maksimal 15%. Kadar air tertinggi dihasilkan pada arang aktif dengan perlakuan C3, yaitu aktivasi H₃PO₄ 10% dan laju alir uap air panas (steam) selama 90 menit, sedangkan kadar air yang terendah dihasilkan pada aktivasi dengan perlakuan D1, yaitu aktivasi H₃PO₄ 15% dan tanpa steam. Aktivasi dengan laju alir uap dapat meningkatkan kadar air dan semakin lama laju alir uap yang diberikan maka kadar air dari arang aktif

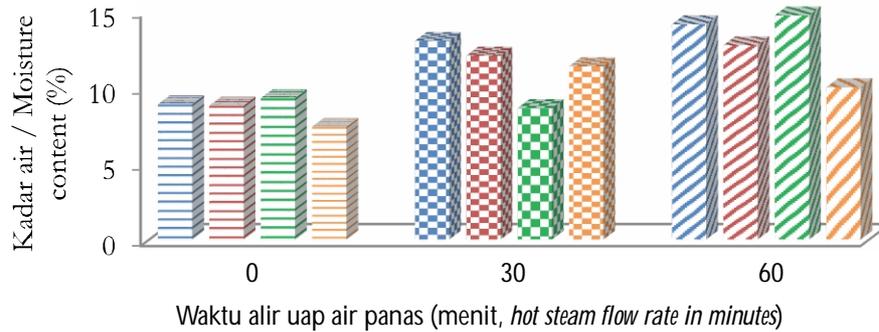
dapat meningkat (Gambar 3). Hal ini terbukti dari rendahnya kadar air arang cangkang buah bintaro. Menurut Pari (1996) selama proses aktivasi, butir-butir dari uap air panas saat aktivasi dapat terperangkap di dalam struktur arang aktif yang berbentuk heksagonal. Sementara itu, aktivasi dengan H₃PO₄ mampu menimbulkan efek dehidrasi pada arang selama aktivasi (Marsh & Reinoso, 2006). Dengan demikian, penambahan H₃PO₄ pada proses aktivasi akan menurunkan kadar air (Gambar 3). Penambahan H₃PO₄ yang lebih tinggi, nilai kadar air mengalami fluktuasi. Hal ini dapat disebabkan karena resultan dari pengaruh yang saling berlawanan antara H₃PO₄ dan uap air panas.



Keterangan(Remarks):

- ☐ = Tanpa uap air panas (*Without hot steam*)
- ▣ = Uap air panas selama 60 menit (*Using hot steam for 60 minutes*)
- ▤ = Uap air panas selama 90 menit (*Using hot steam for 90 minutes*)

Gambar 2. Kadar air arang aktif pada berbagai konsentrasi H₃PO₄
Figure 2. Moisture content of the activated carbon at several concentration of H₃PO₄



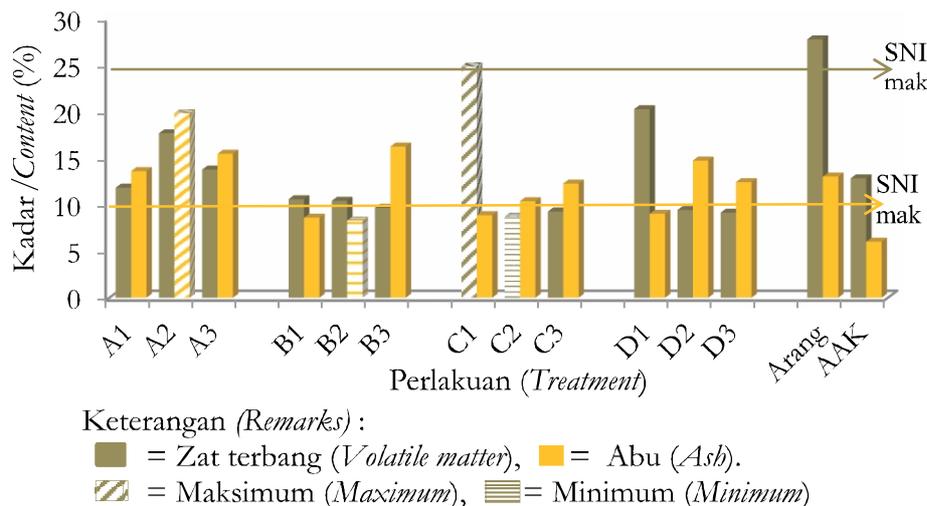
Gambar 3. Kadar air arang aktif pada berbagai perlakuan laju alir uap air panas
Figure 3. Moisture content of activated carbon at several flowrate hot steam

3. Kadar zat terbang dan abu

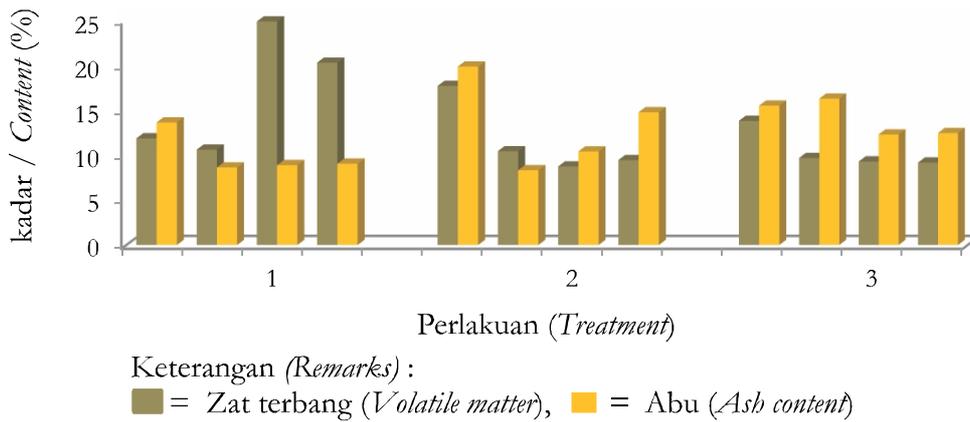
Zat terbang dan abu dapat diartikan sebagai pengotor dan dapat menutup pori pada permukaan arang aktif. Adanya pengotor pada pori dapat mengurangi kemampuan arang aktif sebagai adsorben. Kadar zat terbang menunjukkan kesempurnaan penguraian senyawa non karbon seperti sulfur, nitrogen, CO_2 , CO , CH_4 , dan H_2 pada saat karbonisasi dan aktivasi, sedangkan kadar abu menyatakan penetapan senyawa oksida logam (Yang, 2003). Kadar zat terbang arang aktif cangkang buah bintaro berkisar antara 8,73–24,89% dan memenuhi SNI yaitu maksimal 25%. Sementara itu, kadar abu berkisar antara 8,31–19,86% dan syarat SNI maksimal 10%.

Sehingga hanya sebagian kecil nilai kadar abu yang memenuhi syarat SNI. Nilai tertinggi dan terendah dari kedua karakterisasi ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Aktivasi fisika diawali dengan karbonisasi. Pada suhu 400–500 °C terjadi penguapan senyawa volatil dari permukaan pori dan saat aktivasi fisika terjadi perbesaran pori lebih lanjut sehingga terjadi peningkatan volume pori dan permukaan area (Yang, 2003). Pada proses ini dapat menurunkan kadar zat terbang. Hal ini terbukti dengan perlakuan laju alir uap air panas cenderung menurunkan kadar zat terbang dan semakin lama laju alir *steam* maka kadar zat terbang semakin rendah (Gambar 4). Adanya aktivasi



Gambar 4. Kadar zat terbang dan abu berdasarkan laju alir uap air panas
Figure 4. Volatile matter and ash content based on hot steam flowrate



Gambar 5. Kadar zat terbang dan abu berdasarkan konsentrasi H_3PO_4
Figure 5. Volatile matter and ash content based on concentration of H_3PO_4

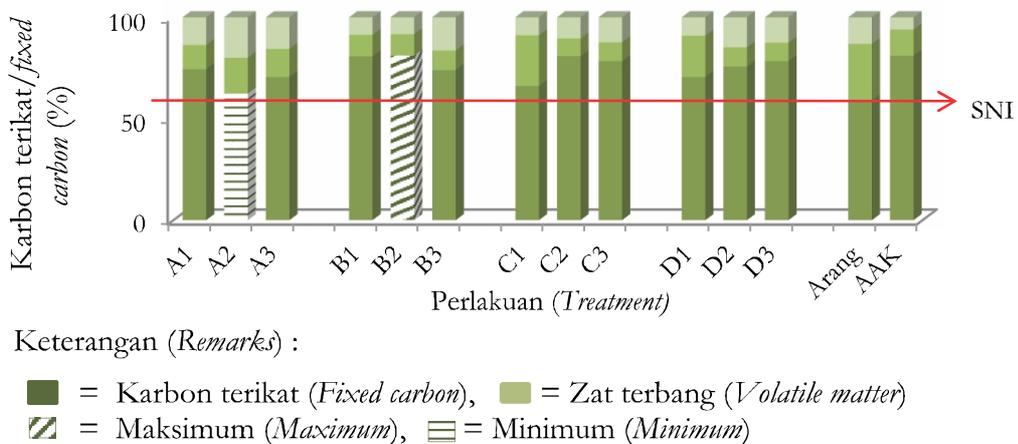
kimia, juga membantu dalam menurunkan kadar zat terbang. Hal ini karena pertukaran gugus OH pada bahan baku dengan PO_4 dari H_3PO_4 dapat membantu dalam mengurai senyawa non karbon (Pari, 2006). Sehingga aktivasi dengan H_3PO_4 dapat menurunkan kadar zat terbang dan semakin tinggi konsentrasi H_3PO_4 , maka kadar zat terbang akan semakin rendah (Gambar 5).

Arang aktif dengan perlakuan C1 (H_3PO_4 10% dan tanpa laju alir *steam*) serta D1 (H_3PO_4 15% dan tanpa laju alir *steam*) cenderung menaikkan kadar zat terbang (Gambar 6). Hal ini dapat disebabkan karena H_3PO_4 yang ditambahkan ke arang akan meresap, melapisi, dan melindungi dari panas, tetapi pada konsentrasi tinggi akan menyebabkan senyawa sulfur dan nitrogen juga ikut terlindungi sehingga yang ikut terbakar sedikit dan kadar zat terbang semakin tinggi. Kadar zat terbang arang

lebih besar dari arang aktif, karena pada arang tidak terjadi penguraian senyawa nonkarbon. Arang yang tidak mengalami aktivasi memiliki kadar zat terbang lebih besar dari arang aktif.

4. Kadar karbon terikat

Penentuan kadar karbon terikat bertujuan mengetahui kandungan karbon setelah proses karbonisasi dan aktivasi. Secara langsung nilai ini dipengaruhi oleh kadar zat terbang dan abu. Nilai kadar karbon terikat 62,44–81,26% dan syarat SNI yaitu minimal 65%. Kadar karbon terikat terendah dicapai oleh arang aktif dengan perlakuan A2, yaitu aktivasi H_3PO_4 5% dan laju alir *steam* selama 60 menit sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan B2, tanpa aktivasi H_3PO_4 dan laju alir *steam* selama 60 menit (Gambar 6). Semakin tinggi nilai karbon terikat,



Gambar 6. Kadar karbon terikat, zat terbang, dan kadar abu
Figure 6. Fixed carbon, volatile matter and ash content

kemurnian karbon pada arang aktif semakin tinggi dan pori arang aktif lebih bersih dari pengotor. Sehingga keadaan ini dapat meningkatkan daya serap arang aktif sebagai adsorben. Pengotor merupakan zat/unsur yang menutupi pori-pori arang aktif sehingga dapat mempengaruhi kinerja (adsorpsi) arang aktif. Struktur arang aktif terdiri dari susunan atom C, selain dari itu maka dapat disebut sebagai pengotor. Pada nilai kadar karbon terikat terendah, terlihat bahwa perlakuan tersebut memiliki kadar pengotor yang tinggi.

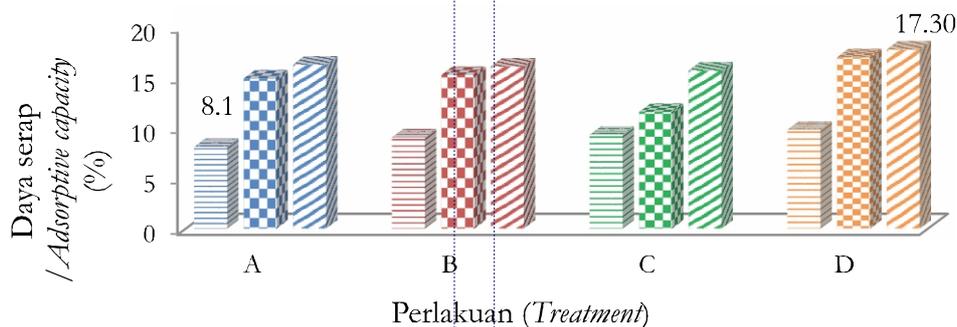
5. Daya serap benzena, biru metilena, dan iod

Secara umum, ketiga karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui daya serap arang aktif. Rentang daya serap benzena, biru metilena, dan iod berturut-turut, yaitu 8,1–17,73%, 21,9–127,71 mg/g, dan 322,87–784,50 mg/g. Daya serap benzena berfungsi untuk menentukan kapasitas penyerapan arang aktif pada fase gas (Marsh & Reinoso, 2006) dan menguji sifat kepolaran arang aktif karena benzena lebih bersifat nonpolar (Pari, 2004). Pada penelitian ini uji daya serap benzena lebih diutamakan terhadap penentuan kepolaran arang aktif. Karbon yang terkandung pada arang aktif bersifat nonpolar, namun dengan adanya perlakuan aktivasi dapat merubah sifat kepolaran dari arang aktif menjadi lebih polar atau memiliki sisi polar.

Nilai daya serap benzena dapat dilihat pada Gambar 7. Daya serap benzena pada penelitian ini lebih kecil dibandingkan dengan daya serap

benzena dari arang aktif yang diaktivasi dengan KOH yaitu 17.97–24.19% (Chahyani, 2012). Menurut Pari dan Hendra (2006), arang yang diaktivasi menggunakan bahan kimia H_3PO_4 cenderung menghasilkan arang aktif bersifat polar, dikarenakan H_3PO_4 akan menghasilkan bahan terdekomposisi berupa P_2O_5 yang dapat menempel dan terikat pada tepi pori arang aktif sehingga akan bersifat lebih polar. Selain itu, aktivasi menggunakan gas oksidan (*steam* uap air) dapat meningkatkan kepolaran karena pada proses ini akan terbentuk gugus aktif berupa karboksil, quinon, hidroksil, karbonil, karboksilat anhidrat, maupun lakton (Yang, 2003). Sifat arang aktif yang polar ini sangat mendukung pada aplikasi terhadap air, karena sama-sama memiliki sifat polar sehingga memudahkan interaksi antara arang aktif dan air.

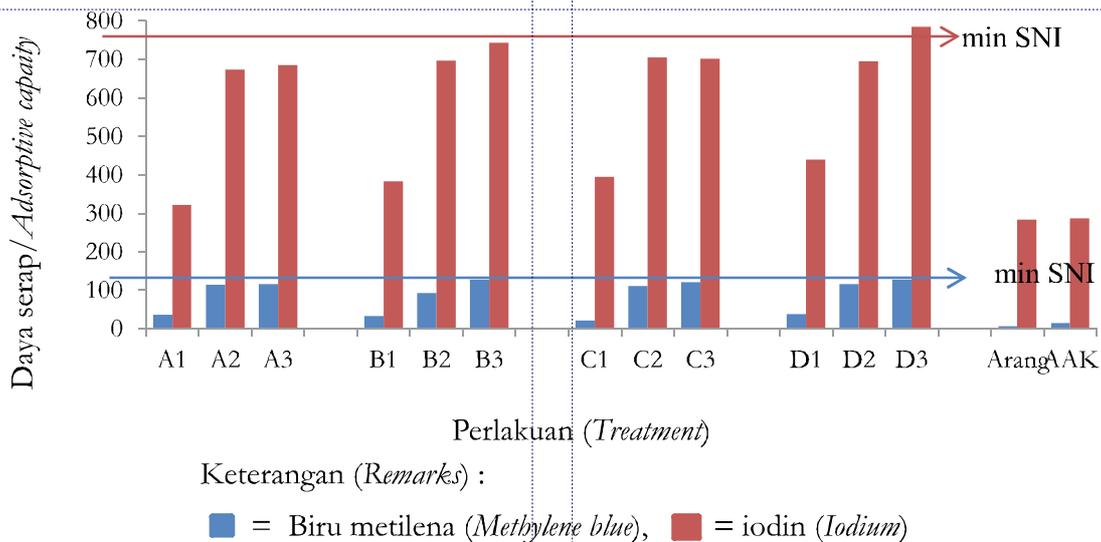
Daya serap biru metilena mengidentifikasi kapasitas adsorpsi molekul berdimensi besar pada fase cair (Marsh & Reinoso, 2006) dengan ukuran pori yang dapat dimasuki oleh biru metilena adalah 1,5–2,5 nm dan menentukan sisi polar dari arang aktif, sedangkan daya serap iodin menggambarkan kapasitas adsorpsi molekul kecil pada fase cair yang ukurannya tidak lebih dari 1,0 nm (Simsek & Cerny, 1970) dan menentukan intensitas sisi nonpolar dari arang aktif. Syarat SNI untuk daya serap biru metilena minimal 120 mg/g dan perlakuan yang memenuhi syarat SNI tersebut adalah perlakuan B3, C3, dan D3. Sedangkan syarat SNI untuk daya serap iodin minimal 750 mg/g dan perlakuan yang memenuhi



Keterangan (Remarks):

- = H_3PO_4 , 0% (A)
- = H_3PO_4 5%, (B)
- = H_3PO_4 10%, (C)
- = H_3PO_4 15%, (D)
- = Tanpa uap air panas (*Without hot steam*)
- = Uap air panas selama 60 menit (*Using hot steam for 60 minutes*)
- = Uap air panas selama 90 menit (*Using hot steam for 90 minutes*)

Gambar 7. Daya serap arang aktif terhadap benzena
Figure 7. Adsorption capacity of activated charcoal to benzene



Gambar 8. Daya serap biru metilena dan iod
Figure 8. Adsorption capacity to methylene blue and iodine

syarat tersebut hanya perlakuan D3, tetapi perlakuan ini belum memenuhi standar kualitas arang aktif Amerika dengan daya serap iodin minimal 1000 mg/g.

Daya serap paling rendah pada perlakuan A1 (tanpa aktivasi H_3PO_4 dan laju alir uap air panas) sedangkan yang tertinggi pada perlakuan D3 (aktivasi H_3PO_4 15% dan laju alir steam selama 90 menit) (Gambar 8). Perlakuan D3 dapat menyerap molekul berdimensi kecil (daya serap iodin) dan besar (daya serap biru metilena) sehingga ketika diaplikasikan pada air sumur, arang aktif ini mampu menyerap berbagai pengotor dengan ukuran kecil hingga besar. Arang aktif ini juga memiliki sifat yang lebih nonpolar, terbukti dari kapasitas adsorpsi iodin lebih besar dari biru metilena. Berdasarkan ketiga daya serap ini dapat dikatakan bahwa, peningkatan konsentrasi H_3PO_4 dan lama laju alir steam akan meningkatkan daya serap arang aktif karena pori pada permukaan semakin meningkat. Arang aktif cangkang buah bintaro memiliki kualitas lebih baik daripada arang aktif komersial (AAK).

6. Pemilihan arang aktif terbaik

Arang aktif terbaik dipilih berdasarkan nilai daya serap arang aktif pada beberapa senyawa, yaitu iodin, benzena, dan biru metilena. Hal disebabkan karena ketiga karakterisasi ini dapat mengukur kemampuan penyerapan arang aktif terhadap adsorbat. Arang aktif yang memiliki daya serap tertinggi adalah perlakuan D3 (aktivasi

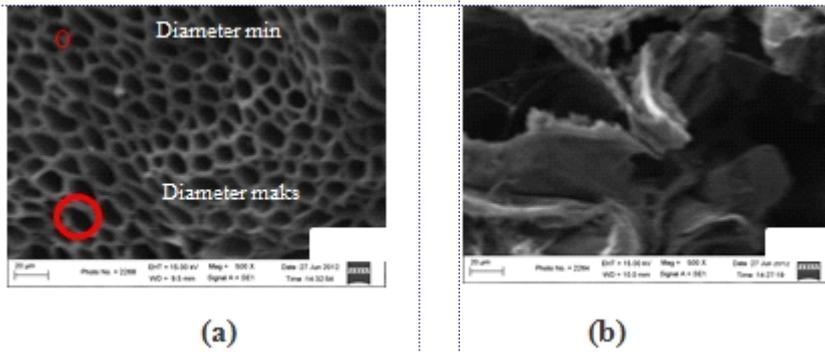
H_3PO_4 15% dan laju alir steam selama 90 menit). Perlakuan D3 ini digunakan untuk tahap selanjutnya yaitu pencirian morfologi dan daya adsorpsi serta aplikasinya sebagai penyerap logam-logam berat dalam air sumur.

7. Morfologi

Arang aktif cangkang bintaro memiliki diameter pori pada kisaran 6,031–17,021 μm (Gambar 9a). Diameter arang aktif cangkang buah bintaro tidak seragam dan ukuran diameter pori termasuk dalam kelompok makropori. Menurut Marsh dan Reinoso (2006) tiga klasifikasi pori arang aktif, yaitu mikropori (<2,0 nm), mesopori (2,0–50 nm), dan makropori (>50 nm). Pori arang aktif setelah aplikasi terhadap air sumur telah tertutup oleh pengotor yang ada pada air sumur, yaitu Fe dan Mn.

8. Isoterm adsorpsi

Tipe isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk menentukan mekanisme adsorpsi logam berat dalam air. Adsorpsi fase padat cair biasanya mengikuti tipe isoterm Freundlich dan Langmuir (Atkins, 1999). Ikatan yang terjadi antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben dapat terjadi secara fisisorpsi dan kimisorpsi. Berdasarkan hasil analisis kandungan beberapa logam berat pada air sumur, bahwa air sumur hanya mengandung logam berat Mn dan Fe. Pada penelitian ini logam berat yang akan di uji adalah Mn, karena pada air sumur yang digunakan untuk



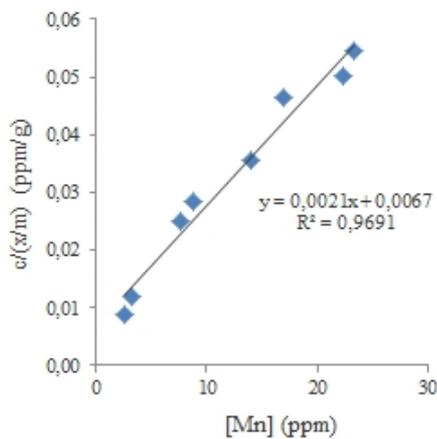
Gambar 9. Topografi arang aktif sebelum (a) dan sesudah (b) aplikasi pada air sumur dengan perbesaran 500x

Figure 9. Topography of the activated carbon before (a) and after (b) application to the water wells with magnification of 500 times

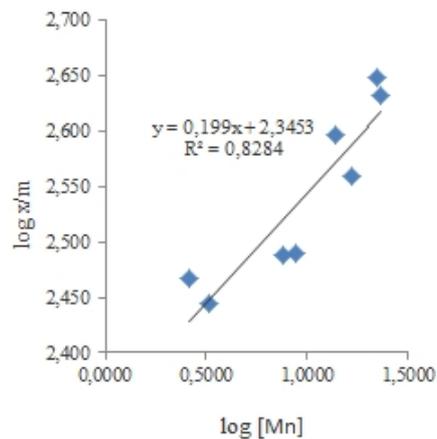
aplikasi didominasi dengan logam Mn (Gambar 11).

Isoterm adsorpsi dari arang aktif terbaik cangkang buah bintaro (aktivasi H_3PO_4 15% dan uap air panas 90 menit) dengan tipe isoterm Langmuir dan Freundlich. Isoterm Langmuir memiliki nilai linearitas 0,9691 (Gambar 10a) dan isoterm Freundlich memiliki nilai linearitas 0,8284 (Gambar 10b). Berdasarkan perbandingan dari kedua tipe tersebut, linearitas isoterm Langmuir lebih tinggi dari Freundlich sehingga isoterm Langmuir lebih baik digunakan untuk mencirikan mekanisme adsorpsi logam Mn. Sifat penyerapan dari isoterm Langmuir adalah membentuk lapisan

tunggal molekul adsorbat pada permukaan adsorben dan tapak aktif permukaan adsorben bersifat homogen sehingga energi penyerapan sama pada semua sisi aktif, tidak terjadi interaksi intermolekul adsorbat dan ikatan yang terjadi antara adsorbat–adsorben adalah kimisorpsi (Atkins, 1999). Ikatan kimisorpsi disebabkan karena adanya transfer elektron dan pembentuk senyawa baru setelah proses reaksi. Energi yang dibutuhkan untuk proses pembentukan ikatan lebih besar dari interaksi fisorpsi, sehingga pemutusan ikatan antara adsorbat–adsorben lebih sukar dan membutuhkan energi yang lebih tinggi.

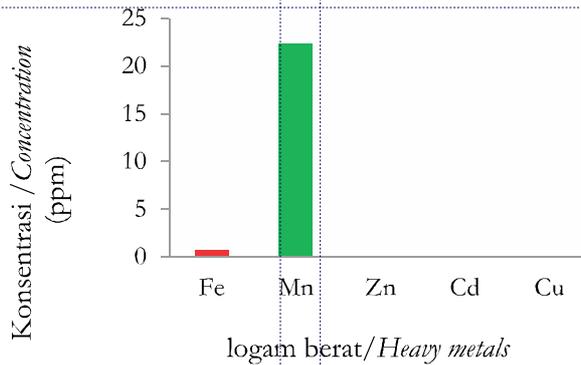


(a)



(b)

Gambar 10. Isoterm adsorpsi (a) Langmuir dan (b) Freundlich adsorpsi terhadap logam Mn
Figure 10. Absorption isotherm (a) Langmuir and (b) Adsorption Freundlich against metal Mn



Gambar 11. Kandungan Fe dan Mn dalam air sumur
Figure 11. Fe and Mn content of the water wells

Tabel 2. Kualitas air sumur sebelum dan sesudah penambahan arang aktif
Table 2. Quality of the well water before and after addition of activated charcoal

Parameter/ Parameters	Pengamatan/ <i>observation</i>		Daya serap logam/ <i>Metal adsorption (%)</i>	Standar air minum/ <i>Drinking water standard (Menkes, 2002)</i>
	Sebelum/ <i>Before</i>	Setelah/ <i>After</i>		
Fe (mg/L)	0,6684	0,0000	100	0,3
Mn (mg/L)	22,3492	2,9198	86,94	0,1
pH	6,00	7,58	-	6,5–8,5
Warna/ <i>Color</i>	Kuning keruh/ <i>Yellow-turbid</i>	Tidak berwarna/ <i>Colourless</i>	-	Tidak berwarna/ <i>Colourless</i>

Keterangan (*Remarks*) : Limit deteksi (*Detection limit*) AAS 0,0001–0,0002 ppm

9. Uji coba arang aktif dari cangkang buah bintaro

Kemampuan arang aktif cangkang buah bintaro dalam menyerap logam cukup tinggi. Hal ini terbukti dari logam besi yang terdapat pada air sumur mampu diserap sempurna oleh arang aktif dan memenuhi syarat air minum (Menkes, 2002). Selain itu, kapasitas arang aktif dalam menyerap mangan sebesar 86,94%, namun kadar mangan pada air sumur ini belum memenuhi persyaratan air minum (Tabel 2).

Penyerapan logam secara kimia, ini menyebabkan perubahan pH air dalam kondisi awal yang asam berubah menjadi 7,58. Nilai pH ini masih memenuhi syarat pH yang diperbolehkan untuk air minum dan dalam rentang pH netral. Peningkatan pH terjadi karena adanya interaksi antara sisi aktif pada arang aktif dengan ion logam dari air sumur yaitu M^{2+} hingga terjadi pembentukan senyawa kompleks. Selain itu, secara fisik terdapat perubahan warna dari air sumur mulai dari kuning keruh menjadi tidak berwarna (jernih).

IV. KESIMPULAN

Arang aktif dari cangkang buah bintaro hasil aktivasi dengan perlakuan H_3PO_4 15% dan laju alir *steam* selama 90 menit dapat digunakan sebagai adsorben pada peningkatan kualitas air dengan kapasitas serap logam Mn dan Fe secara berturut-turut sebesar 86,94% dan 100%.

Kualitas arang aktif cangkang bintaro memiliki daya serap iod lebih baik dibandingkan dengan arang aktif komersil berbahan dasar tempurung kelapa. Hal ini dibuktikan dengan nilai daya serap iod arang aktif cangkang bintaro sebesar 784,498 mg/g dan melebihi 2,5 kali kualitas arang aktif teknis yang beredar di pasaran.

DAFTAR PUSTAKA

Atkins P.W. (1999). *Kimia fisik* (Jilid II). Kartohadiprodjo II. penerjemah; Rohadyan T. editor. Jakarta: Erlangga. Terjemahan dari: Physical Chemistry.

- Biro Pusat Statistik [BPS]. 2008. *Statistik perdagangan luar negeri Indonesia 2005–2008*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Chahyani, R. (2012). Sintesis dan karakterisasi membran polisulfon didadah karbon aktif untuk filtrasi air. (Tesis). Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Dakiky, M., Khamis, M., Manassra, A., & Mer'eb, M. (2002). Selective adsorption of Cr(VI) in industrial wastewater using low-cost abundantly available adsorbents. *J Environ Res*, 6, 533–40.
- Dastgheib, S.A. and Rockstraw, D.A. (2002). A model for the adsorption of single metal ion solutes in aqueous solution onto activated carbon produced from pecal shell. *J Carbon*, 40, 1843–1851.
- Departemen Kehutanan. (2008). *Ekspor dan impor komoditi kehutanan*. Jakarta: Pusat Rencana dan Statistik Kehutanan. Departemen Kehutanan.
- Departemen Kesehatan. (2002). Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 907/MEN-KES/SK/VII/2002 tentang Syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum. Jakarta: Menkes RI.
- Hartoyo & Pari, G. (1993). Peningkatan rendemen dan daya serap arang aktif dengan cara kimia dosis rendah dan gasifikasi. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 11(5), 205–208.
- Iman, G & Handoko, T. (2011). Pengolahan buah bintaro sebagai sumber bioetanol dan karbon aktif. [http://repository.upnyk.ac.id/349/1/Pengolahan Buah Bintaro sebagai Sumber Bioetanol dan Karbon Aktif.pdf](http://repository.upnyk.ac.id/349/1/Pengolahan%20Buah%20Bintaro%20sebagai%20Sumber%20Bioetanol%20dan%20Karbon%20Aktif.pdf). Diakses pada 10 Jan 2011.
- Komarayati, S., Gusmailina, & Pari, G. (2011). Produksi cuka kayu hasil modifikasi tungku arang terpadu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(3), 234–247.
- Kurniati, E. (2008). Pemanfaatan cangkang kelapa sawit sebagai arang aktif. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 8(2), 96-103.
- Mariez, M.L., Torres, M.M., Guzman, C.A., & Maestri, D.M. (2006). Preparation and characterisation of activated carbon from olive stones and walnut shells. *Industrial Crops and Product*, 23, 23–28.
- Marsh, H., & Reinoso, F.R. (2006). *Active carbon*. Alicante: Elvecier Science & Technology Books.
- Pari, G., & Hendra, D. (2006). Pengaruh lama waktu aktivasi dan konsentrasi asam fosfat terhadap mutu arang aktif kayu *Acacia mangium*. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 24(1), 33–46.
- Pari, G. (1996). Pembuatan arang aktif dari serbuk gergajian sengon dengan cara kimia. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 14, 308–320.
- Pari, G. (2004). Kajian struktur arang aktif dari serbuk gergaji kayu sebagai adsorben formaldehida kayu lapis. (Disertasi) Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Purwanto, A. (2011). RAPP kembangkan buah bintaro jadi energi alternatif di Teluk Meranti. <http://www.kenmi.itb.ac.id/artikel.html>. Diakses pada 10 Jan 2011.
- Simsek, M. Cerny. (1970). *Active carbon: Manufacture, properties and application*. New York: Elsevier.
- Standar Nasional Indonesia. (1995). SNI106-3730-1995: *Arang aktif teknis*. Jakarta: Dewan Standardisasi Indonesia.
- Sudrajat, R. (1985). Pengaruh beberapa faktor pengolahan terhadap sifat arang aktif. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*, 33, 24–25.
- Ucer, A., Uyanik, A., & Aygun, S.F. (2006). Adsorption of Cu(II), Cd(II), Zn(II), Mn(II), and Fe(III) ions by tannic acid immobilised activated carbon. *Separation and Purification Technology*, 47, 113–118.
- Utami, A.R. (2011). Kajian proses produksi bio-diesel dari minyak biji bintaro (*Cerbera odollam Gaertn*) dengan metode transesterifikasi. (Skripsi sarjana) Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Yang, R.T. (2003). *Adsorbent: fundamental and applications*. New York: Wiley.