

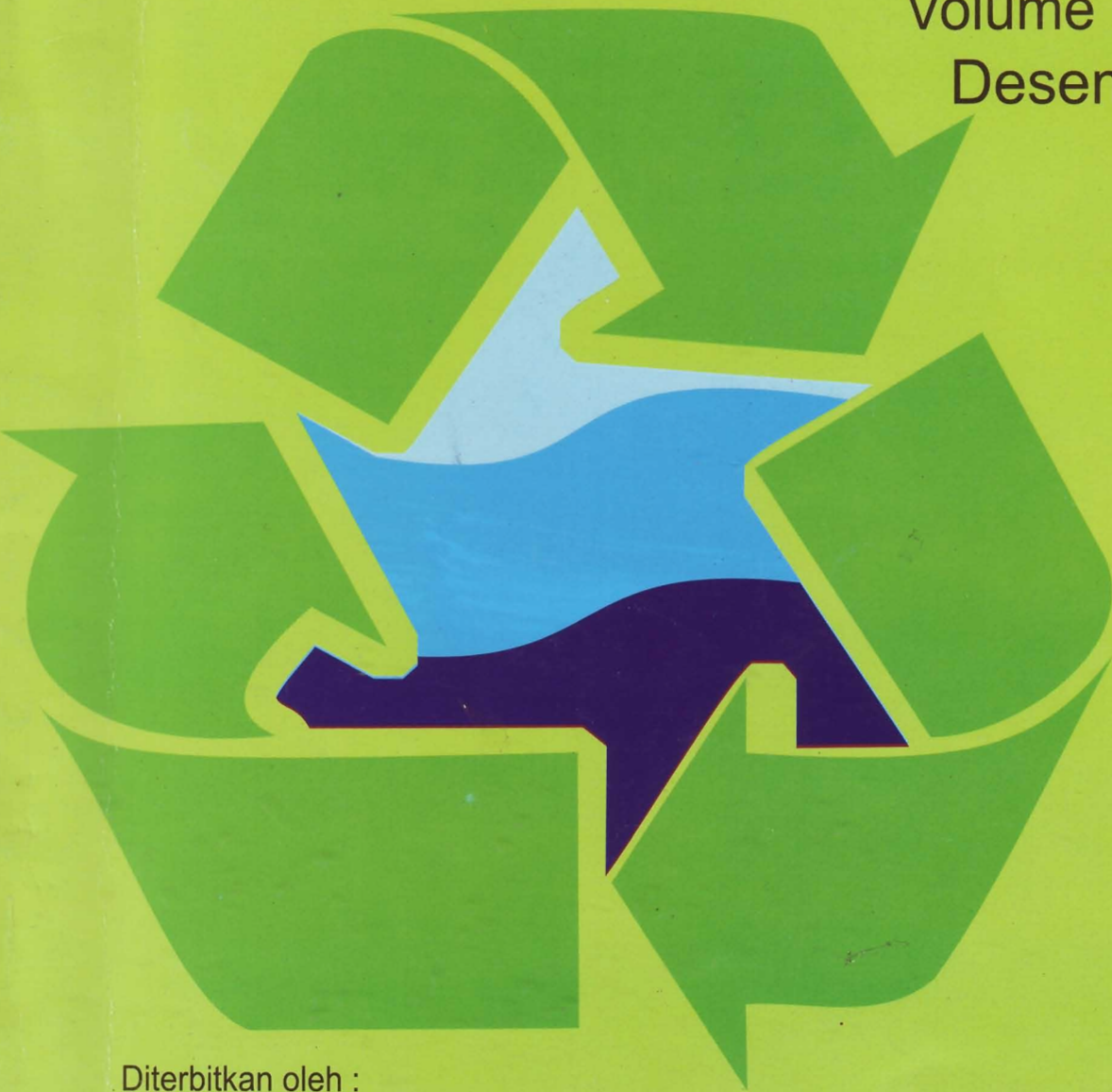
ISSN 1411-3465
Terakreditasi Nasional

Jurnal

PURIFIKASI

Jurnal Teknologi dan Manajemen Lingkungan

Volume 7 Nomor 2
Desember 2006



Diterbitkan oleh :

Divisi Jurnal Purifikasi Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS

bekerja sama dengan

Ikatan Ahli Teknik Penyehatan dan Teknik Lingkungan Indonesia (IATPI)

Jawa Timur

Jurnal Purifikasi	Vol. 7	No. 2	Hal. 91 - 180	Surabaya Desember 2006	ISSN 1411-3465
-------------------	--------	-------	---------------	---------------------------	-------------------

JURNAL PURIFIKASI

Terbit 2 kali setahun pada bulan Juni dan Desember. Memuat artikel teknologi dan manajemen di bidang ilmu Teknik Lingkungan dan ilmu lain yang terkait dengan bidang Teknik Lingkungan. ISSN 1411-3465

Ketua Penyunting

Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, MAppSc

Penyunting Pelaksana

Prof. Dr. Ir. Wahyono Hadi, MSc

Dr. Ir. Joni Hermans, MSc.Es

Ir. Agus Slamet, MSc

Dr. Ir. Eddy Setiadi Soedjono, MSc

Ir. M. Razif, MM

Ir. Mas Agus Mardiyanto, ME, PhD

Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MSc.ES

Ipung Fitri Purwanti, ST, MT

Adhi Yuniarto, ST, MT

Penelaah (Mitra Bestari)

Prof. Dr. Ir. H. Asis Djajadiningrat (Institut Teknologi Bandung)

Prof. Dr. Ir. Enri Damanhuri (Institut Teknologi Bandung)

Prof. Zaini Ujang, Ph.D. (Universiti Teknologi Malaysia)

Dr. Ir. Edwan Kardena (Institut Teknologi Bandung)

Dr. Ir. Puji Lestari (Institut Teknologi Bandung)

Dr. Suhaimi (Universiti Teknologi Mara, Malaysia)

Dr. Tuti Liem (Nanyang Technological University, Singapore)

Pelaksana Tata Usaha

Abdu Fadli Assomadi, Ssi, MT

Denny Listiyanawati, ST

Ardiyono, BSc

Terima kasih kepada: Prof. Ir. Renanto Handogo, MS, PhD (Jurusan Teknik Kimia, ITS), Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA (Jurusan Teknik Sipil, ITS), Dr. Ir. Oginawati, MT (Jurusan Teknik Lingkungan, ITB) dan Ir. Hariwiko Indaryanto, MEng, yang telah membantu menyunting sejumlah artikel ilmiah yang diterbitkan pada Volume 7 No. 1 dan 2 tahun 2006.

Alamat Penyunting :

Ruang Divisi Jurnal Purifikasi Jurusan Teknik Lingkungan Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

Telepon : (031) 5948886 Faksimil : (031) 5928387 Email : purifikasi@its.ac.id

Jurnal Purifikasi diterbitkan sejak Januari 2000 oleh Divisi Jurnal Purifikasi

Terakreditasi B berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi No.

26/DIKTI/Kep/2005, 30 Mei 2005

Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Penyunting menerima sumbangan tulisan yang belum pernah diterbitkan dalam media lain. Naskah diketik di kertas HVS ukuran A4 spasi ganda sepanjang kurang lebih 15 halaman, dengan format seperti tercantum pada halaman kulit dalam-belakang ("Pedoman Penulisan"). Naskah yang masuk dievaluasi dan disunting untuk keseragaman format, istilah dan tata cara lainnya.

JURNAL PURIFIKASI

Volume 7 Nomor 2 Desember 2006

Daftar Isi

Kata Pengantar	Hal.
1. Kajian Keandalan Sumber Mata Air Cipaniis Memenuhi Kebutuhan Air Domestik Kota Cirebon <i>Arwin Sabar</i>	91 - 96
2. Analisis Faktor-faktor yang Berpengaruh terhadap Partisipasi Masyarakat dalam Pemeliharaan Saluran Drainase di Kelurahan Mannuruki, Kota Makasar <i>Marzuki Dilla dan Ahmad Daeng</i>	97 - 102
3. Studi Aliran dalam <i>Constructed Wetland</i> Menggunakan Tanaman <i>Cyperus Papyrus</i> dalam Mengolah Lindi <i>Bieby Voijant Tangahu</i>	103 - 108
4. Faktor-faktor yang Berpengaruh terhadap Kadar Timbal dalam Darah Anak-anak Sekolah di Bandung <i>Puji Lestari</i>	109 - 114
5. Potensi Penggunaan <i>Limestone</i> sebagai Filter pada Konstruksi <i>Sanitary Landfill</i> <i>Ratna Yuniarti dan Tri Sulistyowati</i>	115 - 120
6. Pemanfaatan Limbah Industri Sandal sebagai Agregat dalam Campuran Semen Putih untuk Pembuatan Ornamen Pengganti Batu Alam <i>Wiwik Purviningsih dan Andaryati</i>	121 - 126
7. Modifikasi Model Renko untuk Memprediksi Pola Pengendapan Lumpur Aktif di Sedimentasi Kedua <i>Ignasius Sutapa dan Yongki Riansoni</i>	127 - 132
8. Fenomena Intrusi Air Laut di Estuari Akibat Pengaruh Tinggi Pasang Air Laut dengan Debit Hulu Sungai Menggunakan Pendekatan Model Fisik <i>Imam Suprayogi, Nadjadji Anwar, Edijatno, dan Muhamad Isa Irawan</i>	133 - 138
9. Pembuatan Arang dari Sampah Organik dengan Cara Karbonisasi Menggunakan Reaktor Pirolisis <i>Abdul Gani Haji, Zainal Alim Mas'ud, Bibiana Widiyati Lay, Surjono Hadi Sutjahjo Dan Gustan Pari</i>	139 - 144
10. Studi tentang Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tingkat Konsentrasi Karbonmonoksida di dalam Darah Para Montir <i>Andi Chaeruddin</i>	145 - 150
11. Stabilisasi Logam Berat dalam <i>Sludge</i> dan Efektifitas Penggunaannya pada Pembuatan Batako <i>Lieke Riadi, Fenita Rosaria, Rocky Soetanto, dan Melissa Azelea</i>	151 - 156

12.	Uji Interaksi Kimiawi pada Proses Sorpsi <i>Escherichia coli</i> dalam Kondisi Jenuh <i>Yunus Fransiscus</i>	157 – 162
13.	Pembuatan Kompos Limbah Nanas dengan Menggunakan Berbagai Bahan Aktifator <i>Sriharti dan Takiyah Salim</i>	163 – 168
14.	Potensi Kompos sebagai Media Penukar Ion untuk Mereduksi Logam Berat dalam Air Limbah <i>Joni Hermana dan Ervin Nurhayati</i>	169 - 174
15.	Studi Perbandingan Penggunaan Karbon Aktif Tempurung Kemiri dengan Karbon Aktif Komersial dalam Solidifikasi Cr(IV) <i>Yusie Rossita dan Yulinah Trihadiningrum</i>	175 - 180
Pedoman Penulisan		

Kata Pengantar

Jurnal Purifikasi Volume 7 No. 2 Edisi bulan Desember tahun 2006 diterbitkan dengan memuat artikel-artikel yang membahas tentang aspek-aspek teknologi dan manajemen lingkungan, yang menyangkut pengelolaan kualitas dan kuantitas air, pengolahan limbah cair, pengolahan sampah, pengolahan limbah B3, pengelolaan kualitas udara dan pengelolaan saluran drainase. Dengan terbitnya Jurnal Purifikasi edisi ini, diharapkan para peneliti, pengajar dan pengguna teknologi lingkungan lebih terpenggil untuk mengirimkan artikel ilmiah yang ditulis atas dasar hasil riset atau pengalaman di lapangan.

Untuk itu Penyunting mengundang para ilmuwan yang berasal dari berbagai lembaga pendidikan tinggi dan penelitian untuk memberikan kontribusi ilmiahnya, baik berupa hasil penelitian, maupun hasil kajian/*review* mengenai teknologi atau permasalahan yang terkait dengan teknologi dan manajemen lingkungan.

Penyunting berharap artikel-artikel ilmiah yang termuat dalam Jurnal Purifikasi bermanfaat bagi para akademisi dan profesional yang berkecimpung dalam bidang teknologi dan manajemen lingkungan.

Ketua Penyunting

PEMBUATAN ARANG DARI SAMPAH ORGANIK DENGAN CARA KARBONISASI MENGGUNAKAN REAKTOR PIROLISIS

CHARCOAL PRODUCTION FROM ORGANIC SOLID WASTE WITH CARBONIZATION METHOD USING PYROLYSIS REACTOR

Abdul Gani Haji¹⁾, Zainal Alim Mas'ud²⁾, Bibiana Widiyati Lay³⁾, Surjono Hadi Sutjahjo³⁾ dan Gustan Pari⁴⁾

¹⁾ Program Studi Kimia FKIP Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh

²⁾ Departemen Kimia FMIPA Institut Pertanian Bogor, Bogor

³⁾ Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan SPs IPB, Bogor

⁴⁾ Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor

email: aganihaji@yahoo.com

Abstrak

Arang dari sampah kota organik dapat dibuat dengan cara karbonisasi dalam reaktor pirolisis pada suhu 350-510°C selama 5 jam. Parameter mutu arang yang diukur meliputi: rendemen, kadar air, abu, zat terbang, karbon terikat, nilai kalor, daya jerap terhadap iodin, benzena dan kloroform. Struktur arang dikarakterisasi dengan *Fourier Transform Infra Red*, *X-Ray Diffraction* dan *Scanning Electron Microscopy*. Karbonisasi pada suhu ≥ 405 °C dalam waktu 5 jam menghasilkan arang yang matang sempurna, sedangkan pada suhu < 405 °C arang matang sebagian. Arang dari karbonisasi suhu 505°C mempunyai kualitas lebih baik dari arang hasil perlakuan lainnya. Hasil karakterisasi arang ini adalah: 2,46% air, 18,30% zat terbang, 12,22% abu, 69,48% karbon terikat, dan nilai kalor 6634 kalori. Arang tersebut menunjukkan daya jerap tertinggi terhadap larutan iodin dan uap benzena, yaitu berturut-turut 379,80 mg/g dan 12,37%. Namun daya jerap arang ini terhadap uap kloroform lebih rendah dibanding hasil karbonisasi pada suhu 510°C, yaitu berturut-turut 11,69 dan 12,80%. Gugus fungsi pada arang hasil karbonisasi suhu 505°C antara lain, gugus OH, C-H, C=C, C-H alifatis dan C-O eter. Secara umum derajat dan jarak antar lapisan kristalit arang yang dihasilkan pada semua perlakuan karbonisasi tidak menunjukkan perbedaan berarti. Pola struktur topografi permukaan arang memperlihatkan pembentukan pori yang makin besar sesuai dengan kenaikan suhu karbonisasinya.

Kata kunci: arang, sampah kota organik, reaktor pirolisis, mutu

Abstract

Charcoal is possibly produced from municipal organic waste using pyrolysis reactor at a temperature of 350-510 °C for 5 hours. Parameters used for charcoal quality determination are: product quantity, water, ash, evaporated material, carbon, calorific value, iodine adsorption capacity, benzene and chloroform. The structure of charcoal is characterized by *Fourier Transform Infra Red*, *X-Ray Diffraction* and *Scanning Electron Microscopy*. Carbonization at ≥ 405 °C for 5 hours produced well done charcoal, whereas carbonization at < 450 °C produces half done charcoal. Carbonization at 505°C produced best quality of charcoal, when compared to other treatment. The charcoal contained 2.426% water, 18.297% evaporable material, 12.22% ash, 69.48% carbon, and 6634 cal.. The adsorption capacity of the charcoal according to iodine solution and benzene gas were 379.80 mg/g and 12.37% respectively. The chloroform adsorption capacity was 11.69%, while the adsorption ability of charcoal resulted from carbonizing at 510 °C was 12.80%. The charcoal was composed of OH functional group, C-H, C-C, C-H aliphatic and C-O ether. Generally, the level and interval among charcoal crystallic layer that resulted from all carbonization treatment was not significant. Charcoal surface topography structure design showed more pore formation with the higher carbonization temperature.

Keywords: charcoal, municipal organic waste, pyrolysis reactor, quality

1. PENDAHULUAN

Hanya sebagian kecil sampah kota di Indonesia, telah didaur ulang (misal logam, plastik, karet dan kaca). Sebagian besar sampah masih menimbulkan masalah, karena sifat mudah membusuk dan bau. Komponen sampah di Indonesia didominasi oleh sampah mudah membusuk, sedangkan $\pm 20\%$

merupakan sampah padat yang sukar membusuk. Sebagian sampah kota telah berhasil dibuat kompos, namun sebagian besar sampah padat belum tertangani. Salah satu solusi adalah dengan pengurangan.

Pengurangan merupakan proses pirolisis atau pembakaran tidak sempurna dari bahan tumbuhan,

hewan, dan barang tambang yang mengandung karbon (Paris, *dkk.*, 2005). Umumnya pirolisis berlangsung pada suhu di atas 300°C dalam waktu 4-7 jam. Namun keadaan ini sangat bergantung pada jenis bahan dan cara pembuatannya (Demirbas, 2005). Pengarangan sampah dapat menekan volume timbunan sampah kota. Arang sampah dapat bermanfaat sebagai sumber energi dan sebagai pembangun kesuburan tanah (Gusmailina dan Pari, 2002), serta dapat dijadikan arang aktif. Penelitian ini bertujuan mengolah sampah kota organik menjadi arang dengan teknik pirolisis.

2. METODE PENELITIAN

Bahan baku yang digunakan adalah sampah yang sukar dikompos, seperti bambu, kayu, ranting dan kulit buah dari Kota Bogor. Sebagai bahan bakar digunakan serbuk gergaji. Bahan untuk karakterisasi arang a.l. serbuk KBr, pelet emas, larutan iodin 0,1 N, larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N, kanji 1%, kloroform, benzena, aluminium foil dan akuades.

Alat utama pembuatan arang terdiri atas: 1) reaktor pirolisis (I) dari bahan drum bekas (tebal $\pm 1,5$ mm) dengan tinggi 48 cm dan diameter 60 cm; 2) pipa asap, terbuat dari besi berdiameter 2 inci dan panjang 120 cm, yang terhubung antara reaktor pirolisis dengan tabung pendingin; 3) tabung pendingin (II) dari bahan yang sama dengan reaktor, tinggi 88 cm dan diameter 60 cm. (Gambar 1). Tabung ini disambung dengan pipa asap dari reaktor untuk proses kondensasi asap; dan 4) tungku pembakaran (III), dibuat dari bahan yang sama dengan reaktor, tinggi 40 cm dan diameter 60 cm. Suhu diukur dengan *thermostat*.



Gambar 1. Reaktor Pirolisis Skala Laboratorium

Peralatan yang digunakan a.l.: neraca analitik, oven, cawan porselin, desikator, tanur listrik, buret, dan peralatan gelas. Instrumen terdiri atas spektrometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *X-Ray Diffraction* (XRD). Bahan baku sampah dianalisis kadar air, abu, zat terbang, kalori, daya jerap terhadap iodin, benzena dan kloroform, serta

dianalisis strukturnya dengan FTIR, XRD, dan SEM. Lalu 12,8 kg sampah ditimbang, dimasukkan ke reaktor (Gambar 1), dan ditaruh di atas tungku.

Tungku dinyalakan dengan bara kayu. Selanjutnya suhu dan efluen cairan selama pengarangan diamati. Jika masih banyak asap keluar, mulut cerobong diberi bambu penghubung agar kondensasi lebih sempurna. Asap cair hasil kondensasi ditampung dalam wadah plastik. Proses berlangsung selama 5 jam dan reaktor pirolisis dibiarkan dingin sampai 24 jam. Selanjutnya arang ditentukan rendemen serta dikarakterisasi.

Daya jerap terhadap larutan iodin.

Sebanyak 0,2 g contoh kering oven dimasukkan ke labu Erlenmeyer bertutup, lalu ditambahkan 25 ml larutan iodin 0,1 N, dan dikocok 15 menit. Larutan disaring dan dipipet 10 ml, lalu dititer dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N sampai berwarna kuning. Kemudian ditambahkan indikator larutan kanji 1% sampai berwarna biru. Lalu larutan dititer kembali sampai warna biru hilang. Daya jerap iodin (mg/g) =

$$\frac{\{10 - (\text{vol. contoh} \times N \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)\} \times 126,93 \text{xfp}}{\text{bobot contoh (g)}}$$

Daya jerap terhadap uap benzena dan kloroform

Contoh kering oven ditimbang teliti 1 g, dimasukkan ke *petri dish*, dan diletakkan dalam eksikator berisi uap benzena atau uap kloroform. Pengamatan dilakukan pada jam ke-24 dan 48 dengan mengangkat *petri dish*, lalu dibiarkan ± 15 menit, dan selanjutnya ditimbang. Daya jerap terhadap uap benzena atau uap kloroform (%) =

$$\frac{\text{bobot contoh akhir} - \text{bobot contoh awal}}{\text{bobot contoh awal}} \times 100$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk Arang

Arang dibuat serbuk untuk dianalisis sifat-sifat dasar dan strukturnya. Rendemen hasil pirolisis selama 5 jam berkisar 21,11-41,12% (Tabel 1). Rendemen arang tertinggi terdapat pada contoh 1 (karbonisasi 350 °C), dan yang terendah terdapat pada contoh 5 (karbonisasi 505 °C). Rendemen arang ditentukan oleh kadar air bahan baku, suhu karbonisasi, dan komposisi bahan baku. Arang yang matang sempurna dihasilkan pada perlakuan 405-510°C, namun nilai rendemennya lebih rendah dibandingkan pada perlakuan suhu < 405°C.

Akibat suhu tinggi sebagian arang berubah menjadi abu dan gas, sehingga rendemennya menurun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Paris *dkk.* (2005)

bahwa dalam pirolisis sebagian arang dapat berubah menjadi abu, CO, H₂, dan gas hidrokarbon pada suhu yang tinggi. Hasil karakterisasi bahan baku dan hasil karbonisasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Karbonisasi Sampah Kota Organik

Contoh	Kadar air bahan baku (%)	T karbonisasi (°C)	Rendemen arang (%w/w)	Asap cair (%v/w)
1	20,76	350	41,12	33,15
2	38,00	355	32,51	34,67
3	39,32	375	30,65	32,87
4	35,40	405	26,76	37,83
5	33,59	505	22,36	31,24
6	35,41	510	26,38	30,33

Tabel 2. Rataan Sifat-Sifat Dasar Bahan Baku dan Arang Hasil Karbonisasi

Pertakuan	Kadar air (%)	Kadar zat terbang (%)	Kadar abu (%)	Kadar karbon terikat (%)	Nilai kalor (kalori)
AD0	7,45	77,06	6,32	16,62	4444
AD1	4,33	31,47	12,82	55,71	6151
AD2	4,00	28,96	14,91	56,13	6337
AD3	3,03	25,85	15,68	58,47	6479
AD4	3,06	23,19	17,53	59,28	6633
AD5	2,46	18,30	12,22	69,48	6634
AD6	3,09	19,99	13,01	67,01	6640
SNI maks	6,00	15,00	3,00	-	-

Ket.: AD0 = bahan baku sampah organik

AD1 = karbonisasi T=350 °C

AD2 = karbonisasi T= 355 °C

AD3 = karbonisasi T= 375 °C

AD4 = karbonisasi T= 405 °C

AD5 = karbonisasi T= 505 °C

AD6 = karbonisasi T=510 °C

Mutu Arang

Kadar air

Kadar air arang berkisar 2,46-4,33% (Tabel 2). Arang dengan kandungan air terendah dihasilkan dari karbonisasi 505 °C. Berdasarkan kadar airnya, arang dari karbonisasi 505 °C memiliki mutu lebih baik dibanding arang hasil perlakuan lainnya.

Kadar air pada arang harus serendah mungkin, karena dapat mempengaruhi daya jerap terhadap gas atau cairan (Pari, 1996). Sampel bersifat higroskopis karena struktur arang dengan 6 atom C pada sudut heksagonal, memungkinkan uap air terperangkap dan tidak terlepas pada suhu 105°C. Lamanya proses pendinginan, penggilingan dan pengayakan dapat meningkatkan kadar air. Menurut Sudradjat (1985), semakin tinggi suhu karbonisasi, semakin banyak air yang menguap. Kadar air yang tinggi dapat mengurangi daya jerap arang terhadap gas-gas maupun cairan.

Kadar zat terbang

Kadar zat terbang pada produk arang berkisar 18,30-31,47% (Tabel 2). Arang dengan kadar zat terbang terendah terdapat pada karbonisasi suhu

505°C dan yang tertinggi terdapat pada karbonisasi suhu 350 °C. Kandungan zat terbang cenderung menurun mengikuti peningkatan suhu karbonisasi. Semakin tinggi suhu karbonisasi akan semakin rendah kandungan zat terbang, sehingga mutu arang akan lebih baik. Tingginya kadar zat terbang menunjukkan permukaan arang mengandung zat terbang hasil interaksi karbon dengan uap air sebagaimana terbukti dari hasil identifikasi gugus fungsi (Gambar 5). Berdasarkan kandungan zat terbangnya, arang hasil karbonisasi suhu 505°C memiliki mutu lebih baik dibanding arang dari perlakuan lainnya.

Kadar abu

Abu merupakan komponen anorganik yang tertinggal setelah bahan dipanaskan pada 500-600°C dan terdiri atas K, Na, Mg, Ca dan komponen lain dalam jumlah kecil (Josylu, 1970). Kadar abu arang berkisar 12,22-17,53% (Tabel 2). Kadar abu dari berbagai perlakuan karbonisasi cenderung fluktuatif. Hal ini disebabkan komposisi sampah yang relatif heterogen. Kadar abu yang tinggi dapat disebabkan oleh tingginya kadar mineral. Kadar abu rendah akan meningkatkan daya serap terhadap gas maupun larutan. Hal ini disebabkan kadar mineral dalam abu dapat menyebar dalam kisi-kisi arang, sehingga mempengaruhi kemampuan penyerapan (Tanaike dan Inagaki, 1999).

Kadar karbon

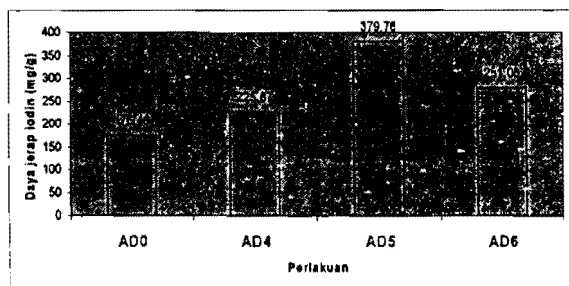
Kadar karbon pada arang yang dihasilkan berkisar 55,71-69,48% (Tabel 2). Arang berkadar karbon tertinggi dihasilkan dari karbonisasi 505°C, dan terendah dari proses 350°C. Ada kecenderungan kadar karbon meningkat dengan meningkatnya suhu karbonisasi. Arang adalah padatan berpori hasil karbonisasi bahan-bahan mengandung karbon (Kinoshita, 2001). Umumnya struktur arang berupa karbon amorf, yang tersusun dari karbon-karbon bebas berikatan kovalen membentuk struktur heksagonal datar (Puziy, *dkk.*, 2003).

Nilai kalor

Nilai kalor arang berkisar 6151- 6640 kalori (Tabel 2). Nilai kalor tertinggi dimiliki arang hasil karbonisasi suhu 510°C, dan yang terendah dari karbonisasi 350°C. Hasil karbonisasi suhu 505°C menempati urutan kedua tertinggi (6634 kalori). Arang bernilai kalor tinggi mengandung banyak karbon terikat. Hal ini disebabkan dalam proses pembakaran diperlukan sejumlah karbon yang bereaksi dengan O₂ untuk menghasilkan kalor.

Daya jerap terhadap iodin

Daya jerap terhadap iodin sering dijadikan dasar penilaian kemampuan jerap suatu bahan terhadap larutan berwarna. Daya jerap arang terhadap larutan iodin pada penelitian ini adalah 225,87-379,76 mg/g (Gambar 2).



Gambar 2. Rataan Daya Jerap Terhadap Iodin

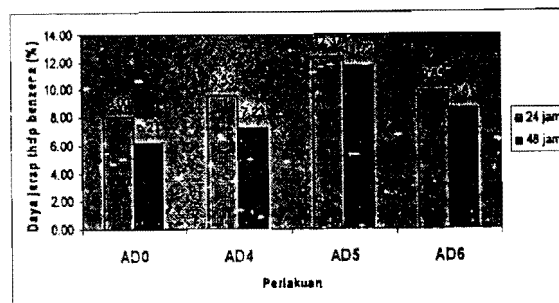
Daya jerap tertinggi terdapat pada arang hasil karbonisasi 505°C dan terendah dari karbonisasi 405°C. Tingginya daya jerap dimungkinkan oleh permukaan pori yang terbuka akibat suhu tinggi dan kadar abu yang rendah (Tanaike dan Inagaki, 1999). Hal ini dikarenakan semakin tinggi suhu, semakin banyak pelat-pelat karbon yang bergeser dan mendorong keluar senyawa hidrokarbon, ter, senyawa organik lainnya pada saat karbonisasi. Akan tetapi suhu yang lebih tinggi dapat menyebabkan daya jerap berkurang. Agustina (2004) dan Concheso, dkk (2005) menyatakan rendahnya daya jerap suatu bahan bisa disebabkan masih banyaknya senyawa hidrokarbon dan komponen-komponen lain pada permukaan arang. Berkurangnya daya jerap mungkin pula diakibatkan oleh rusak-an/erosi dinding pori, sehingga jumlah karbon penyusun struktur mikropori berkurang pada saat proses karbonisasi berlangsung.

Daya jerap terhadap uap benzena dan kloroform

Penetapan daya jerap arang terhadap benzena (C_6H_6) maupun kloroform ($CHCl_3$) bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang dalam menyerap berbagai macam gas. Uap benzena tergolong gas bersifat nonpolar, sedangkan uap kloroform tergolong gas yang bersifat semipolar.

Daya jerap arang terhadap uap benzena dalam waktu 24 jam berkisar 9,53-12,37 % dan dalam 48 jam berkisar 7,23-11,72 % (Gambar 3). Daya jerap tertinggi pada waktu 24 dan 48 jam. Secara umum daya jerap selama 24 jam lebih tinggi dibanding dengan 48 jam.

Rendahnya daya jerap arang terhadap uap benzena disebabkan oleh pori-pori yang masih banyak mengandung senyawa nonkarbon, sehingga gas yang dapat dijerap berkurang (Pari, 1996). Dengan kata lain, permukaan arang masih ditutupi berbagai senyawa polar (misal golongan fenolik, aldehid dan asam karboksilat) dari karbonisasi tidak sempurna, sehingga menurunkan penyerapan uap benzena.



Gambar 3. Rataan Daya Jerap Uap Benzena

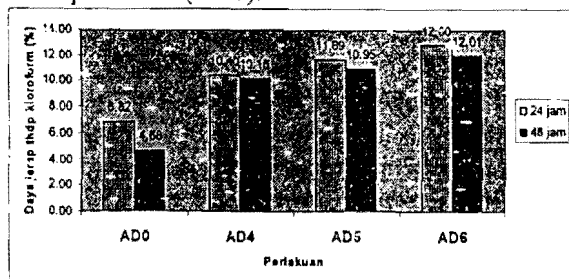
Daya jerap arang terhadap uap kloroform dalam waktu 24 jam berkisar 10,40-12,80% dan dalam waktu 48 jam berkisar 10,16-12,01% (Gambar 4). Daya jerap tertinggi terhadap uap benzena dalam waktu 24 jam ditunjukkan pada karbonisasi suhu 510°C. Demikian juga dengan penyerapan terhadap uap kloroform selama 48 jam. Gambar 4 memperlihatkan meningkatnya daya jerap terhadap uap kloroform, sesuai dengan peningkatan suhu karbonisasi. Daya jerap terhadap uap kloroform dipengaruhi oleh kepolaran permukaan. Semakin besar daya jerap terhadap uap kloroform menunjukkan permukaan arang masih banyak mengandung senyawa polar, seperti fenol, aldehid, atau karboksilat.

Struktur Arang

Gugus fungsi

Hasil analisis spektrum absorpsi IR dapat menunjukkan perubahan gugus fungsi senyawa akibat perubahan suhu karbonisasi (Gambar 5 dan Tabel 3). Selama proses karbonisasi, penguraian struktur kimia yang diperlihatkan oleh perubahan pola spektrum, yaitu dengan menurunnya intensitas absorpsi di daerah 3425,3-3409,9 dan 2923,9-2920 cm^{-1} , absorpsi yang hilang di daerah 1635,5; 1508,2 dan 617,2 cm^{-1} (Tabel 3). Di samping itu, pada arang yang dihasilkan terdapat absorpsi baru di daerah 1585,4-1577,7; 1438,8; 1103,2-1091,6 dan 875,6 cm^{-1} . Hal ini menunjukkan peningkatan suhu karbonisasi mengakibatkan perubahan gugus fungsi, yang dapat terbentuknya senyawa baru melalui mekanisme radikal.

Tabel 3 menunjukkan semakin tinggi suhu karbonisasi, semakin banyak gugus fungsi yang teroksidasi. Gugus fungsi yang teridentifikasi pada Gambar 5 menunjukkan regang OH dengan absorpsi kuat di daerah 3421,5 cm⁻¹ (AD0), sedangkan absorpsi sedang berada di daerah 3425,3 cm⁻¹ (AD4), dan absorpsi lemah ada di daerah 3409,9 cm⁻¹ (AD5). Regang C-H dengan absorpsi lemah ada di daerah 2923,9 cm⁻¹ (AD4 dan AD5), dan 2920,0 cm⁻¹ (AD0). Regang C=C dengan absorpsi sedang di daerah 1635,5 cm⁻¹ (AD0), 1585,4 cm⁻¹ (AD4), dan 1577,7 cm⁻¹ (AD5). Ikatan C-H dari senyawa alifatik diindikasikan di daerah 1438,8 cm⁻¹ dengan absorpsi sedang (AD4 dan AD5), sedangkan AD0 tidak menunjukkan absorpsi di daerah ini. Ikatan C-O dari gugus eter alifatik ditunjukkan di daerah 1103,2 cm⁻¹ dengan absorpsi lemah (AD5), dan 1091,6 cm⁻¹ (AD4), dan 1056,9 cm⁻¹ dengan absorpsi sedang (AD0). Adanya struktur polisiklik diindikasikan di daerah 875,6 cm⁻¹ dengan absorpsi lemah (AD4 dan AD5), dan 617,2 cm⁻¹ dengan absorpsi lemah (AD0).



Gambar 4. Rataan Daya Jerap terhadap Kloroform

Struktur kristal

Pola dan perubahan struktur bahan baku dan arang pada berbagai suhu ditelusuri dengan XRD, yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 6 dan Tabel 4. Data Tabel 4 menunjukkan derajat kristal dan jarak

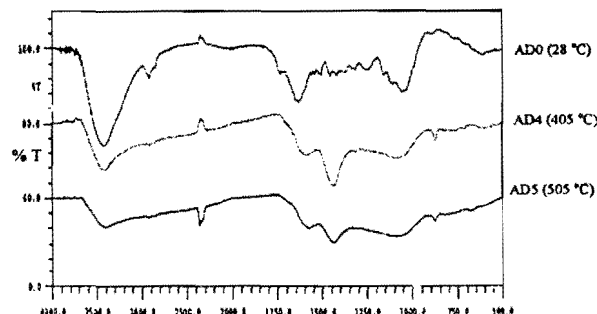
Tabel 4. Data Derajat Kristal (X), Sudut Difraksi (θ), Jarak Antar Lapisan (D), Tinggi (Lc), Lebar (La) Antar Lapisan dan Jumlah Lapisan (N) Aromatik Bahan Baku dan Hasil Pirolisis Berbagai Suhu

Kode contoh	Suhu (°C)	X(%)	θ	d ₁ (nm)	θ	d ₂ (nm)	Lc (nm)	N	La (nm)
AD0	28	47,72	11,5	0,386	21,0	0,215	4,031	10,381	4,207
AD4	405	43,45	11,5	0,386	21,5	0,210	4,031	10,440	4,223
AD5	505	43,50	11,5	0,386	21,5	0,210	4,031	10,440	4,223

Pola struktur

Pola struktur permukaan pori bahan baku dan arang dapat digambarkan dengan fotograf SEM. Gambar 7 menunjukkan pola topografi permukaan bahan baku dan arang yang berubah dengan kenaikan suhu. Topografi permukaan bahan baku (T=28°C) belum memperlihatkan adanya pori. Sedangkan topografi permukaan hasil karbonisasi suhu 405 °C (AD4) dan 505 °C (AD5) memperlihatkan

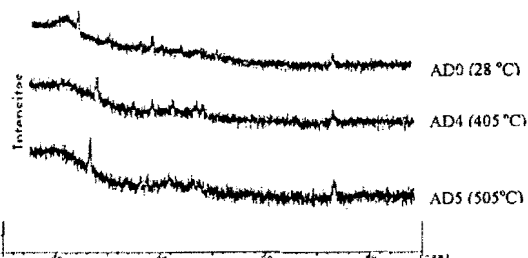
antar lapisan aromatik (d₂) yang makin sempit dengan naiknya suhu. Namun proses pada 405-505°C tidak menunjukkan perbedaan jarak antar lapisan kristal. Artinya makin tinggi suhu karbonisasi, makin banyak struktur kristal yang menyusut, sehingga derajat kristalinitas meningkat. Hasil ini sesuai pernyataan Schukin *dkk.* (2002), bahwa derajat kristalinitas suatu bahan meningkat dengan peningkatan suhu karbonisasi.



Gambar 5. Spektrum Absorpsi IR Bahan Baku dan Arang Hasil Karbonisasinya

Tabel 3. Data Bilangan Gelombang Absorpsi IR Bahan Baku dan Arang Hasil Karbonisasi

zzz	Suhu (°C)	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)
AD0	28	3421,5-2920-2854,5-1635,5-1508,2-1056,9-617,2
AD4	405	3425,3-2923,9-1585,4-1438,8-1091,6-875,6
AD5	505	3409,9-2923,9-1577,7-1438,8-1103,2-875,6

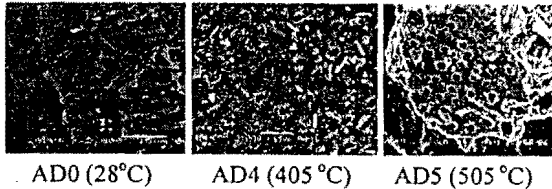


Gambar 6. Difraktogram Bahan Baku Dan Arang Hasil Karbonisasinya

ukuran pori yang makin besar. Asal pori diperkirakan dari zat terbang struktur yang terdegradasi, sesuai pernyataan Novicio *dkk.* (1998) bahwa terbentuknya pori pada arang disebabkan oleh menguapnya zat terbang akibat karbonisasi.

Semakin besar pori akibat peningkatan suhu, dimungkinkan oleh makin banyaknya komponen yang terdegradasi dan menguap. Penguapan dapat menggeser lapisan kristal dan mengubah struktur

kristal arang, sehingga terbentuk struktur kristal baru. Di samping itu, penguapan produk dekomposisi akan menguntungkan, karena bila tidak menguap, komponen tersebut akan menutupi celah antara lembaran kristal, sehingga kinerja arang akan berkurang (Villegas dan Valle, 2001). Karenanya, proses karbonisasi suatu bahan dapat mengubah pola struktur permukaannya.



Gambar 7. Topografi Permukaan Bahan Baku dan Arang Hasil Karbonisasi

4. KESIMPULAN

Pembuatan arang dari sampah kota dapat dilakukan dengan pirolisis pada suhu 350-510°C selama 5 jam. Pada suhu 505°C hasilnya berkualitas lebih baik dibanding hasil perlakuan lainnya. Karakteristik arang ini a.l.: 2,46% air, 18,30% zat terbang, 12,22% abu, 69,48% karbon terikat, dan nilai kalor 6634 kalori. Daya jcrap arang tertinggi terhadap larutan iodin 379,80 mg/g dan terhadap uap benzena 12,37%. Namun daya jcrap terhadap uap kloroform lebih rendah (11,69%) dibanding hasil karbonisasi suhu 510°C (12,80%). Gugus fungsi yang teridentifikasi pada hasil karbonisasi suhu 505 °C antara lain: OH, C-H, C=C, C-H alifatis dan C-O eter. Secara umum derajat dan jarak antar lapisan kristal arang yang dihasilkan pada semua perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Struktur topografi permukaan arang memperlihatkan pembentukan pori-pori yang makin besar dengan naiknya suhu karbonisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S. (2004). *Kajian Proses Aktivasi Ulang Arang Aktif Bekas Adsorpsi Gliserin dengan Metode Pemanasan*. (Tesis Program Magister). Sekolah Pascasarjana, IPB, Bogor.
- Concheso, A., R. Santamaria, M. Granda, R. Mendez, J.M. Jimenez-Mateos, R. Alcantara, P. Lavela, dan J.L. Tirado. (2005). *Influence of Oxidative Stabilization on The Electrochemical Behaviour of Coal Tar Pitch Deriveds Carbons in Lithium Batteries*. *Electrochemica Acta* 50:1225-1232.
- Demirbas, A. (2005). *Pyrolysis of Ground Beech Wood in Irregular Heating Rate Conditions*. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 73: 39-43.
- Gusmailina, G. Pari. (2002). *Pengaruh Pemberian Arang Terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah (Capsicum annum)*. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 20 (3): 217-229.
- Joslyn, M. A. (1970). *Method in Food Analysis*. Academic Press, New York.
- Kinoshita, K. (2001). *Electrochemical Uses of Carbon*. *Electrochemistry Encyclopedia*. <http://electrochem.cwru.edu/ed/encycl/htm>. (10 Mei 2005)
- Murtadho, D. dan E. G. Sa'id. (1988). *Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Padat*. Mediyatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Novicio, L.P., T. Hata, T. Kajimoto, Y. Imamura, dan S. Ishihara. (1998). *Removal of Mercury From Aqueous Solutions of Mercuric Chloride Using Wood Powder Carbonized at High Temperature*. *Journal of Wood Research* 85:48-55
- Pari, G. (1996). *Pembuatan Arang Aktif Dari Serbuk Gergajian Sengon Dengan Cara Kimia*. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 14(8): 308-320.
- Paris, O., C. Zollfrank, dan G. A. Zickler. (2005). *Decomposition And Carbonization of Wood Biopolymer Microstructural Study Of Softwood Pyrolysis*. *Carbon* 43:53-66.
- Puziy, A.M., O.I. Poddubnaya, A.M. Alonso, F.S. Garcia, dan J. M. D. Tascon. (2003). *Synthetic Carbons Activated With Phosphoric Acid III Carbon Prepared in Air*. *Carbon* 41:1181-1191.
- Schukin, L. I., M. V. Kornnievin, R. S. Vartapetjan, dan S. I. Beznisko. (2002). *Low Temperature Plasma Oxidation of Activated Carbons*. *Carbon* 40:2021-2040
- Sudradjat, R. (1985). *Pengaruh Beberapa Faktor Pengolahan Terhadap Sifat Arang Aktif*. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 2(2):1-4
- Tanaike, O. dan M. Inagaki. (1999). *Degradation of Carbon Materials by Intercalation*. *Carbon* 37:1759-1769
- Villegas, J. P. dan C. J. D. Valle. (2001). *Pore Structure of Chars And Activated Carbons Prepared Using Carbon Dioxide at Different Temperatures from Extracted Rockrose*. *Carbon* 57:1-13