

TINGKAT KEASAMAN DAN KEBASAAN ARANG AKTIF BAMBU MAYAN (AABM) TERHADAP UAP JENUH HCL DAN NAOH

ACIDITY AND ALKALINITY LEVEL OF MAYAN BAMBOO ACTIVATED CHARCOAL (MBAC) ON SATURATED VAPOR OF ACID CHLORIDE AND NATRIUM HYDROXIDE

Novitri Hastuti,* Gustan Pari,* Dadang Setiawan,* Mahpudin,* dan Daud Mulia Godang**

*Pusat Litbang Hasil Hutan, Badan Litbang dan Inovasi,
Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
Jl Gunung Batu 5 Bogor, Jawa Barat

**Institut Pertanian Bogor
Jl. Dramaga Bogor, Jawa Barat
e-mail: novitri.hastuti@pustekolah.org, novienov3@yahoo.com

ABSTRACT

*The use of strong acid and alkali give some disadvantages such as large volume, needs of washing process, and expensive in cost. The use of activated charcoal as a solid catalyst has grown, but its adsorption performance can be affected by the activation process. This study aimed to investigate the characteristic of mayan bamboo activated charcoal/MBAC (*Gigantochloa robusta* Kurz). Carbonization was carried out at 500°C temperature for 4–5 hours. The charcoal was activated by steaming it at 800°C temperature for 60 minutes and 90 minutes. Activated carbon from mayan bamboo is tested for its acidity and alkalinity against saturated vapor of HCl and NaOH by using desiccator for five days. Characterization of mayan bamboo activated charcoal showed that the moisture content, ash content, volatile matter, and fixed carbon have met the Indonesian standards (SNI 06-3730-1995). The adsorption capacity of iodine resulted from MBAC with 90 minutes activation time hasmet Indonesian standard. Crystallinity of MBAC with 90 minutes activation time, which is 47.58%, is higher than MBAC with 60 minutes activation time, which is about 25.65%. Activated charcoal adsorption level on saturated vapor of HCl and NaOH showed that MBAC with 60 minutes activation time is more acidic, while MBAC with 90 minutes activation time is more alkaline. MBAC can be used as solid catalyst for various applications.*

Keywords: Activated charcoal, Adsorption, Mayan bamboo, Catalyst, Acidity.

ABSTRAK

Penggunaan katalis asam kuat dan basa kuat memberikan beberapa kelemahan seperti volume yang besar, perlu proses pencucian, serta biaya untuk penggunaan asam dan basa yang relatif besar. Penggunaan arang aktif sebagai katalis padat telah berkembang, tetapi memiliki perbedaan performa adsorpsi yang dapat dipengaruhi oleh proses aktivasi. Studi kali ini mempelajari karakteristik arang aktif bambu mayan/AABM (*Gigantochloa robusta* Kurz). Bambu mayan dikarbonisasi pada suhu 500°C selama 4–5 jam. Karbon yang dihasilkan lalu diaktivasi menggunakan uap air (*steam*) pada suhu 800°C selama 60 menit dan 90 menit. Karbon aktif dari bambu mayan kemudian diuji daya serapnya terhadap uap jenuh asam kuat (HCl) dan basa kuat (NaOH) menggunakan desikator selama lima hari pengamatan. Karakterisasi arang aktif bambu mayan yang diaktivasi menggunakan uap air selama 60 menit dan 90 menit menunjukkan bahwa kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan kadar karbon terikat telah memenuhi standar Indonesia (SNI 06-3730-1995). Daya serap iod dari arang yang diaktivasi selama 60 menit belum memenuhi standar Indonesia. Kristalinitas arang aktif bambu mayan yang diaktivasi 90 menit sebesar 47,58 % lebih besar dibandingkan dengan yang diaktivasi selama 60 menit, yaitu 25,65%. Hasil adsorpsi

arang aktif terhadap uap jenuh HCl dan NaOH menunjukkan arang aktif yang diaktivasi selama 60 menit lebih bersifat asam sedangkan arang aktif yang diaktivasi selama 90 menit lebih bersifat basa. Arang aktif bambu mayan berpotensi digunakan sebagai katalis padat untuk berbagai aplikasi.

Kata kunci: Arang aktif, Daya serap, Bambu mayan, Katalis, Keasaman

PENDAHULUAN

Pemanfaatan asam kuat dan basa kuat sebagai katalis dalam bentuk katalis cair yang homogen menimbulkan beberapa dampak seperti potensi racun, kesulitan dalam pemisahan antara produk dan katalis serta biaya yang tinggi karena memerlukan volume yang besar untuk asam dan basa dalam bentuk cairan. Pemakaian katalis asam cair sulit diterapkan untuk proses yang kontinyu dan memerlukan pencucian tambahan untuk menghilangkan sisa katalis.^{1,2} Untuk itu, saat ini mulai dikembangkan penggunaan katalis padat seperti zeolit, bentonit, dan arang yang teraktivasi.^{1,2,3} Penggunaan arang aktif sebagai katalis memanfaatkan material karbon yang memiliki sifat khas dan unik. Karbon diketahui memiliki luas permukaan yang tinggi dan bersifat *porous* (berpori). Karbon diketahui juga tidak sensitif terhadap material yang bersifat racun dan korosif, dan memiliki stabilitas yang tinggi terhadap asam dan basa.¹

Sumber karbon yang dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif adalah dari bahan lignoselulosa. Arang aktif dari bahan lignoselulosa seperti kayu dan bambu memiliki kelebihan seperti daya *renewability* yang tinggi dan jumlahnya melimpah di alam.^{4,5}

Hasil penelitian Ruliaty dkk⁶ menunjukkan bahwa bambu mayan memiliki kadar air yang rendah dan kadar lignin yang tinggi. Pari dkk⁷ meneliti bambu mayan yang telah dikarbonisasi pada suhu 800°C menggunakan panas, menghasilkan kadar karbon terikat dan daya jerap iod yang tinggi. Daya jerap yang tinggi penting untuk arang aktif yang digunakan sebagai adsorben.

Arang aktif diketahui bersifat adsorben terhadap senyawa organik volatil atau *volatile organic compounds* sehingga dapat digunakan untuk adsorben gas.⁵ Sifat adsorpsi arang aktif menentukan penggunaannya. Penggunaan arang aktif bambu sebagai katalis padat seperti zeolit belum banyak diketahui tingkat keasaman dan kebasaannya. Tingkat ini perlu diketahui untuk

menentukan penggunaan asam dan basa dalam katalis padat karena akan berpengaruh terhadap efektifitas penggunaannya.

Di pihak lain, kemampuan daya serap arang aktif ditentukan oleh gaya tarik menarik antara arang aktif sebagai adsorben dan molekul yang diserap.⁸ Kinerja arang aktif juga dipengaruhi oleh proses aktivasi (suhu dan waktu) serta karakteristik bahan arang aktif.⁹ Studi kali ini bertujuan mengetahui karakteristik arang bambu mayan (AABM) yang diaktivasi dengan uap air suhu 800°C selama 60 dan 90 menit untuk mengetahui tingkat keasaman/kebasaannya terhadap asam kuat HCl dan basa kuat NaOH sebagai dasar penggunaan untuk katalis padat.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Februari sampai dengan April 2015. Penelitian dilakukan di Laboratorium Terpadu, Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan, Bogor.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu mayan (*Gigantochloa robusta* Kurz.) sebagai bahan arang aktif. Untuk mengetahui tingkat keasaman dan kebasaaan AABM digunakan bahan kimia asam klorida (HCl) konsentrasi 37% dan natrium hidroksida (NaOH) konsentrasi 85%.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu: desikator, timbangan digital, cawan porselein, peralatan gelas, tungku drum, *retort*, penggiling, oven, *Scanning Electron Microscope* (SEM), *X-Ray Diffractometre*.

Pembuatan Arang Aktif Bambu Mayan

Pembuatan arang (karbonisasi) dilakukan menggunakan metode Pari.⁹ Tungku drum diisi dengan

bilah bambu mayan yang sudah dipotong-potong. Karbonisasi dilakukan pada suhu 500°C selama 4–5 jam. Karbonisasi dianggap selesai apabila asap yang keluar dari cerobong menipis dan berwarna kebiru-biruan, selanjutnya tungku didinginkan selama 24 jam. Arang hasil karbonisasi kemudian diaktivasi menggunakan *retort* listrik kapasitas seribu gram menggunakan uap air suhu 800°C selama 60 menit dan 90 menit. Arang aktif yang dihasilkan kemudian dihaluskan dan dikarakterisasi sifatnya, seperti: kadar air, kadar zat terbang, kadar abu, kadar karbon terikat, nilai bilangan iod, derajat kristalinitas, dan morfologi arang aktif.

Karakterisasi Arang Aktif

Kadar air (SNI 06-3730-1995)

Sebanyak ±2.00 g sampel ditimbang dalam cawan porselein yang telah diketahui bobotnya, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama kurang lebih tiga jam. Selanjutnya sampel didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Pengukuran kadar air dilakukan secara *triplo*. Kadar air dihitung berdasarkan persamaan:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(\text{Bobot sampel awal} - \text{akhir})}{\text{Bobot sampel awal}} \times 100\% \quad (1)$$

Kadar zat terbang (SNI 06-3730-1995)

Sebanyak ±2.00g sampel ditimbang dalam cawan porselen yang telah diketahui bobot keringnya. Sampel kemudian dipanaskan dalam tanur listrik pada suhu 950 °C selama sepuluh menit. Cawan ditutup serapat mungkin. Sampel kemudian didinginkan di dalam desikator dan ditimbang. Perhitungan kadar zat terbang dilakukan secara *triplo*. Kadar zat terbang dihitung berdasarkan persamaan:

Kadar Zat Terbang =

$$\frac{(\text{Bobot sampel awal} - \text{akhir})}{\text{Bobot sampel awal}} \times 100\% \quad (2)$$

Kadar abu (SNI 06-3730-1995)

Sebanyak ±2.00 g sampel ditimbang dalam cawan porselen yang telah diketahui bobotnya. Cawan kemudian dipanaskan dalam tanur listrik pada

suhu 700 °C selama enam jam setelah itu sampel didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Perhitungan kadar abu dilakukan secara *triplo*. Kadar abu dihitung berdasarkan persamaan:

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{Bobot abu}}{\text{Bobot awal}} \times 100\% \quad (3)$$

Kadar karbon terikat (SNI 06-3730-1995)

Kadar karbon terikat dihitung berdasarkan persamaan:

$$100\% - \text{Kadar abu} + \text{kadar zat terbang} \quad (4)$$

Bilangan iod/daya jerap iodin (SNI 06-3730-1995)

Sampel yang telah dikeringkan dalam oven selama satu jam ditimbang sebanyak ±0.25g kemudian ditempatkan dalam erlenmeyer. Sebanyak 25ml larutan iodin 0,1N ditambahkan, kemudian erlenmeyer ditutup rapat dan dikocok selama 15 menit. Suspensi selanjutnya disaring, filtratnya kemudian dipipet sebanyak 10ml ke dalam erlenmeyer dan langsung dititrasi dengan larutan Na-Tiosulfat 0,1N sampai warna kuning muda. Setelah ditambahkan beberapa tetes amilum 1%, titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang. Perhitungan bilangan iod dilakukan secara *triplo*. Penentuan daya jerap iodin dilakukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$Q_i \text{ (mg/g)} = \frac{10 - \frac{B \times C}{D} \times 12.693 \times 2.5}{A} \quad (5)$$

(Q_i = daya jerap iodin (mg)/(g))

A = bobot sampel (g)

B = Vol.larutan Na-tiosulfat (mL)

C = Normalitas Na-tiosulfat (N)

D = Normalitas iodin (N)

2,5 = Konstanta daya jerap

12,693 = Jumlah iodin sesuai 1 mL larutan Na₂S₂O₃ 0,1 N

Morfologi permukaan

Morfologi permukaan arang aktif sebelum dan sesudah penyerapan asam diamati menggunakan mikroskop elektron/SEM.

Derajat kristalinitas

Penentuan derajat kristalinitas arang aktif dilakukan menggunakan *X-Ray Diffractometre* (XRD).

Tingkat keasaman dan kebasaan AABM menggunakan uap jenuh HCl dan NaOH

Penentuan tingkat keasaman dan kebasaan AABM menggunakan metode penentuan keasaman katalis menurut Santi dan Efiyanti¹⁰ dengan modifikasi. Desikator masing-masing dijenuhkan dengan HCl 37% dan NaOH 85% selama 3x24 jam. AABM ditimbang sebanyak $\pm 4\text{--}5\text{g}$ dan diletakkan dalam bejana gelas yang sebelumnya telah diketahui beratnya. Pengukuran berat arang aktif dilakukan setiap hari selama lima hari pengamatan. Penambahan berat arang aktif dicatat untuk mengetahui tren penambahan berat AABM. Penentuan keasaman/kebasaan AABM sesuai metode Santi dan Efiyanti¹⁰ seperti rumus di bawah ini:

$$K = \frac{w1}{w2 \times M} \times 1000 \text{ mmol/g} \quad (6)$$

K = keasaman/kebasaan arang aktif bambu mayan (mmol/g)

$w1$ = penambahan berat arang aktif setelah adsorpsi

$w2$ = berat awal arang aktif sebelum adsorpsi

M = berat molekul asam HCl dan basa NaOH (g/mol)

Analisis data

Analisis data dilakukan dengan analisis deskriptif. Analisis deskriptif dilakukan untuk menganalisis karakteristik, morfologi permukaan, dan derajat kristalinitas dan tingkat keasaman dan kebasaan AABM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi arang aktif

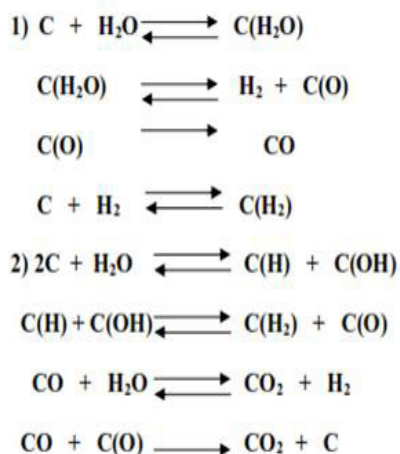
Rendemen arang aktif

Rendemen arang aktif bambu mayan (AABM) yang diaktivasi menggunakan uap air selama 60 dan 90 menit seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Rendemen arang aktif bambu mayan

Waktu aktivasi (menit)	Berat awal (g)	Berat setelah aktivasi (g)	Rendemen (%)
60	1000	670	67
90	1000	647	64,7

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa rendemen AABM yang diaktivasi selama 60 menit menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan dengan arang aktif hasil aktivasi selama 90 menit. Rendahnya rendemen arang aktif yang diaktivasi selama 90 menit disebabkan oleh reaksi antara karbon (C) dengan uap air (H_2O) yang semakin banyak dengan penambahan waktu aktivasi.⁹ Reaksi kimia antara karbon dan uap air ini seperti digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1. Skema reaksi antara karbon (C) dan uap air (H_2O) selama aktivasi¹¹

Kadar air, kadar zat terbang, kadar abu, kadar karbon terikat dan daya jerap iodin arang aktif bambu mayan

Karakterisasi arang aktif bambu mayan dilakukan untuk mengetahui sifat arang aktif yang dihasilkan. Karakteristik arang aktif berupa kadar air, kadar zat terbang, kadar abu, kadar karbon terikat, dan daya jerap iod dapat berpengaruh terhadap performa arang aktif yang dihasilkan. Karakteristik AABM yang diaktivasi menggunakan uap air pada suhu 800°C selama 60 dan 90 menit seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik AABM sesuai dengan waktu aktivasinya

Waktu aktivasi	60 menit	90 menit	Arang Aktif Komersial	SNI 06-3730-1995
Karakteristik				
Kadar air (%)	13,08	13,61	27,71	Maks.15
Kadar zat terbang (%)	13,30	12,70	14,97	Maks. 25
Kadar abu (%)	8,65	7,88	1,80	Maks. 10
Kadar karbon terikat (%)	78,05	79,42	84,59	Min.65
Daya jerap iod (mg/g)	719,17	829,69	994,12	Min. 750

Keterangan : rata-rata dari 3 ulangan
Maks.= maksimal Min.= minimum

Pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa AABM yang diaktivasi menggunakan uap air pada suhu 800°C selama 60 dan 90 menit memiliki nilai kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan kadar karbon terikat yang memenuhi standar Indonesia tentang arang aktif teknis. Karakteristik berupa nilai daya jerap iod, hanya AABM yang diaktivasi selama 90 menit yang memenuhi nilai standar Indonesia.¹²

Kadar air yang tinggi pada arang aktif bambu mayan yang diaktivasi selama 90 menit menunjukkan peningkatan sifat higroskopis arang aktif dan kemungkinan terikatnya molekul air oleh atom karbon dari arang aktif.¹³ Kadar air yang tinggi pada arang aktif komersial disebabkan

karena pengaruh faktor penyimpanan. Arang aktif yang disimpan pada wadah yang kurang rapat berpotensi meningkatkan kadar air.

Nilai kadar abu menunjukkan kandungan mineral logam yang terbakar selama proses karbonisasi. Nilai kadar abu AABM yang diaktivasi selama 90 menit lebih rendah dibandingkan dengan arang aktif yang diaktivasi selama 60 menit. Kadar abu yang tinggi pada arang aktif dapat mengganggu daya adsorpsi karena pori arang aktif akan tertutup mineral logam seperti kalsium, magnesium dan kalium.¹¹ Kadar abu juga menunjukkan fraksi anorganik di dalam bahan. Keberadaan abu dapat berguna pada penggunaan arang di industri semen. Abu yang dihasilkan dari proses pembuatan arang dapat dicampur pada proses produksi semen.¹⁴

Kadar zat terbang arang aktif yang diaktivasi selama 90 menit lebih rendah dibandingkan dengan arang aktif hasil aktivasi selama 60 menit. Kadar zat terbang dan kadar abu yang rendah akan menghasilkan kadar karbon terikat yang tinggi. Kadar karbon terikat dari arang aktif yang diaktivasi selama 90 menit lebih tinggi dibandingkan dengan arang aktif hasil aktivasi 60 menit. Jika dibandingkan dengan arang aktif komersial, kadar karbon terikat AABM lebih rendah. Arang aktif komersial memiliki nilai kadar karbon terikat yang tinggi karena kadar abunya yang rendah.

Kadar karbon terikat juga dipengaruhi oleh kandungan lignin dan selulosa di dalam bahan baku yang dapat terkonversi menjadi karbon selama proses karbonisasi.¹³ Menurut Pereira dkk.¹⁵ kadar karbon terikat yang dihasilkan dari suatu bahan untuk industri baja harus mencapai 75–80%. Kadar karbon terikat yang tinggi akan mempengaruhi produktivitas tanur suhu tinggi pada penggunaan arang dalam jumlah yang sama.

Nilai daya jerap iod AABM yang diaktivasi selama 90 menit sebesar 829,69 mg/g, nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan arang aktif hasil aktivasi selama 60 menit, yaitu sebesar 719,17 mg/g. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Pari¹³ yang menunjukkan daya jerap iod arang aktif serbuk gergaji sengon mengalami peningkatan dari 987,0 mg/g untuk waktu aktivasi 60 menit lalu bertambah menjadi 1003,9 mg/g untuk waktu aktivasi 90 menit. Penurunan nilai daya jerap iod terjadi setelah waktu aktivasi

selama 120 menit yaitu sebesar 880,1 mg/g. Arang aktif komersial menunjukkan nilai daya jerap iod yang lebih besar dibandingkan AABM yang diaktivasi 60 menit dan 90 menit.

Karakteristik arang aktif yang dipengaruhi oleh proses aktivasi berupa waktu, ditunjukkan oleh hasil penelitian aktivasi arang kulit *Acacia mangium* menggunakan asam fosfat pada konsentrasi 5%, 10%, dan 15% serta waktu aktivasi 60 menit dan 90 menit. Hasil penelitian menunjukkan daya jerap iod terbesar yaitu 607 mg/g terdapat pada arang aktif yang tidak direndam asam fosfat (0%) dengan waktu aktivasi 90 menit.¹¹

Morfologi permukaan

Analisis SEM dikerjakan untuk mengetahui morfologi permukaan arang aktif yang diaktivasi menggunakan uap air pada suhu 800°C selama 60 menit dan 90 menit. Hasil analisis SEM untuk AABM pada dua tipe waktu aktivasi yang berbeda seperti pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan AABM yang di aktivasi selama 90 menit memiliki lubang pori yang relatif lebih besar dibandingkan dengan yang diaktivasi selama 60 menit. Menurut Pari dkk.⁹ selama proses aktivasi, pelat-pelat karbon kristalit yang tidak teratur mengalami pergeseran sehingga permukaan kristalit menjadi terbuka dan menghasilkan pori baru. Proses aktivasi yang lebih lama juga akan mengembangkan pori yang tadinya berupa mikropori menjadi makropori.

Proses pengembangan pori ini akan mengakibatkan penurunan derajat kristalinitas. Penurunan derajat kristalinitas akan meningkatkan daya serap arang aktif.

Derajat kristalinitas

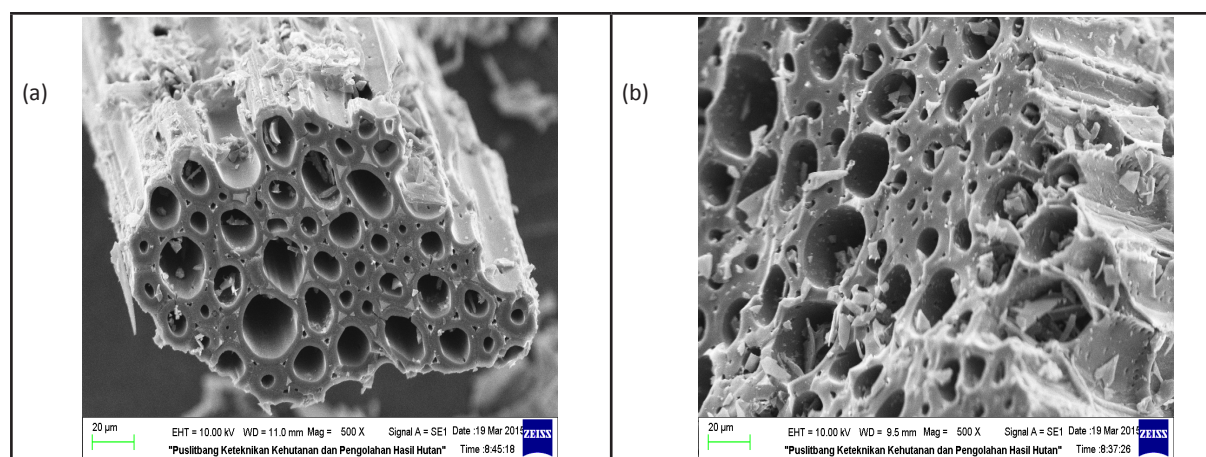
Derajat kristalinitas diketahui menggunakan analisis *X-Ray Diffractometre* (XRD). Hasil perhitungan derajat kristalinitas arang aktif bambu mayan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Derajat kristalinitas arang aktif bambu mayan pada 2 waktu aktivasi

Waktu aktivasi (menit)	Derajat kristalinitas (%)
60	47,58
90	25,65
AA Komersial	37,82

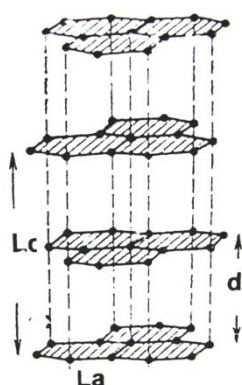
Tabel 3 menunjukkan AABM yang diaktivasi selama 90 menit memiliki derajat kristalinitas yang lebih rendah dibandingkan dengan yang diaktivasi selama 60 menit. Arang aktif komersial memiliki nilai derajat kristalinitas yang lebih rendah dari AABM yang diaktivasi 60 menit namun lebih tinggi dari AABM yang diaktivasi 90 menit. Tabel 3 mengindikasikan bahwa waktu aktivasi yang lebih lama akan menurunkan derajat kristalinitas.

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Pari dkk.⁹ yang menunjukkan arang aktif serbuk gergaji sengon yang diaktivasi



Gambar 2. Morfologi permukaan arang aktif yang diaktivasi selama 60 menit (a) dan yang diaktivasi selama 90 menit (b) Keterangan: perbesaran 500 x

selama 0, 30, 60, 90 dan 120 menit mengalami penurunan derajat kristalinitas yang semula sebesar 38,8% (nol menit) menjadi 20,9% pada waktu aktivasi 120 menit. Penurunan derajat kristalinitas ini menunjukkan bahwa lamanya proses aktivasi menyebabkan penataan ulang atom karbon ke arah horizontal semakin melebar dan ke arah vertikal semakin menyempit pada lapisan aromatik. Fenomena ini menyebabkan bentuk kristalit karbon semakin kecil dan jarak antar lapisan aromatik menjadi semakin besar (Gambar 3).



Gambar 3. Skema penataan atom karbon dan susunan kristalit. lebar lapisan aromatik (L_a) dan tinggi lapisan aromatik (L_d) dan jarak antar lapisan (d)¹⁶

Penataan atom karbon aromatik yang terjadi selama aktivasi menyebabkan arang aktif menjadi semakin *porous* (berpori). Banyaknya pori akibat aktivasi menunjukkan bahwa arang aktif semakin amorf sehingga derajat kristalinitasnya semakin rendah. Daerah *porous* yang terbentuk ini menguntungkan sifat arang aktif sebagai adsorben (penyerap).

Tingkat keasaman dan kebasaan AABM

Penentuan tingkat keasaman AABM dilakukan dengan mengalirkan uap jenuh basa (NaOH) dan penentuan kebasaan AABM dengan mengalirkan uap jenuh asam (HCl) selama 24 jam. Hasil penghitungan tingkat keasaman/kebasaan seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Tingkat keasaman dan kebasaan AABM

Waktu aktivasi	Pada uap NaOH (mmol/g)	Pada uap HCL (mmol/g)
AABM 60	1,312	5,542
AABM 90	1,259	6,135
AAK 60	1,268	5,094
AAK 90	1,247	4,419

Keterangan :

AABM 60 = arang aktif bambu mayan diaktivasi 60 menit

AABM 90 = arang aktif bambu mayan diaktivasi 90 menit

AAK 60 = arang aktif komersil yang diuji bersama AABM 60

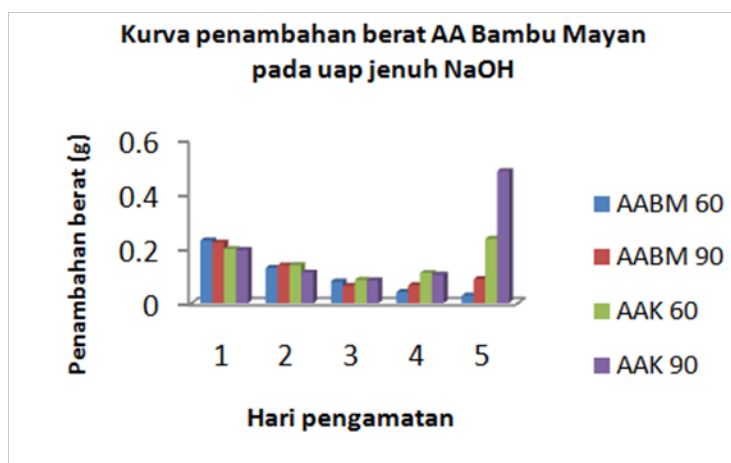
AAK 90 = arang aktif komersil yang diuji bersama AABM 90

Pada adsorpsi uap jenuh NaOH 85% nilai keasaman terbesar pada AABM 60 sebesar 1,312 mmol/g dan nilai terendah adalah AAK 90 sebesar 1,247 mmol/g (Tabel 4). Nilai ini menunjukkan bahwa AABM 60 lebih bersifat asam dibandingkan dengan arang aktif lainnya.

Pada adsorpsi uap jenuh HCl 37% menunjukkan nilai kebasaan AABM 90 menit memiliki nilai terbesar, yaitu 6,135 mmol/g. Nilai kebasaan terendah adalah AAK 90, yaitu sebesar 4,419 mmol/g. Nilai ini menunjukkan bahwa AABM 90 lebih bersifat basa dibandingkan arang aktif lainnya.

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil Fong Lo dkk¹⁷ yang meneliti arang aktif dari bambu Moso (*Phyllostachys pubescens*) dan bambu Ma (*Dendrocalamus latiflorus*). Bambu Moso dan Ma diaktivasi menggunakan *deionized water* suhu 800°C selama satu jam. Nilai pH Bambu Ma dan Moso mengalami kenaikan setelah bambu yang mengalami proses aktivasi lebih lama. Nilai pH arang aktif bambu Moso dan Ma berada di kisaran 9,32–10,86. Penambahan nilai pH diakibatkan penurunan jumlah asam organik di dalam bambu pada suhu karbonisasi 800–1000°C. Tingkat keasaman/kebasaan arang aktif penting diketahui agar penggunaan arang aktif sebagai katalis padat dapat disesuaikan dengan sifatnya.

Tren penambahan berat AABM selama adsorpsi uap jenuh asam dan basa dilakukan selama lima hari pengamatan. Hasilnya digambarkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



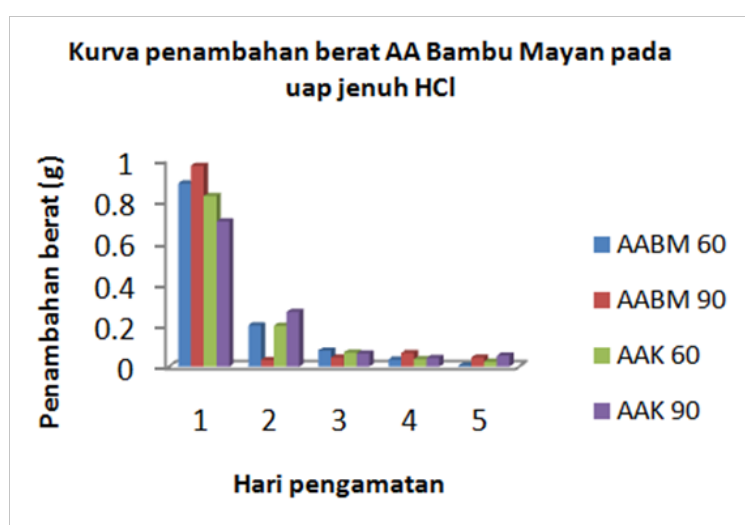
Gambar 4. Diagram penambahan berat AABM pada adsorpsi uap jenuh NaOH 85%

Gambar 4 menunjukkan penambahan berat selama lima hari pengamatan. Seluruh arang aktif memiliki penambahan berat yang relatif besar pada hari pertama pengamatan. Penambahan berat semakin berkurang pada hari ke-2 hingga ke-3. AA 90, AAK 60 dan AAK 90 mengalami sedikit kenaikan penambahan berat pada hari ke-4 dan ke-5, kecuali AA 60. AAK 90 mengalami penambahan berat yang cukup besar pada hari ke-5, yaitu sebesar 0,4857 g.

Gambar 5 menunjukkan penambahan berat terbesar terjadi setelah 24 jam pengamatan. Penambahan berat terbesar ada pada AABM 90. Hal ini terjadi kemungkinan karena AABM 90 mengalami perbesaran pori yang lebih besar dibandingkan dengan AABM 60.

Penambahan berat AABM selama lima hari pengamatan menunjukkan daya adsorpsi AABM terhadap uap jenuh HCl dan NaOH. Proses adsorpsi uap jenuh asam dan basa ke dalam arang aktif dapat berlangsung sebagai proses fisika atau kimiawi dimana suatu zat terakumulasi pada ruang antarmuka di antara dua fase yang berbeda.

Adsorpsi oleh arang aktif merupakan hasil interaksi tarik-menarik antara molekul asam/basa dengan dinding mikropori maupun mesopori arang aktif yang memiliki ukuran sebanding dengan molekul asam/basa.⁸ Prinsip dasar adsorpsi pada arang aktif adalah karena adanya akumulasi pada permukaan karbon dan penetrasi intermolekuler dari uap asam/basa. Jika dilihat dari Gambar 4, daya tarik antara



Gambar 5. Diagram penambahan berat arang aktif bambu mayan pada adsorpsi uap jenuh HCl

molekul yang terserap, yaitu berupa uap NaOH dan permukaan padat AABM diduga membentuk ikatan fisik saja di alam, karena penambahan berat AABM berfluktuasi naik dan turun sepanjang lima hari pengamatan. Ikatan seperti ini disebut ikatan fisika atau disebut adsorpsi fisika (*physisorption*).

Pada adsorpsi fisika, tarik menarik antara molekul dan permukaan padat merupakan gaya tarik *van der Waals*. Gaya *van der Waals* ini dapat berupa gaya tarik menarik atau gaya tolak menolak antar molekul yang sama atau berbeda. Ikatan yang terjadi akibat gaya ini cenderung lemah karena terpengaruh oleh kepolaran molekul yang permanen atau terinduksi. Kepolaran permanen terjadi akibat kepolaran ikatan dalam molekulnya, sedangkan kepolaran terinduksi terjadi akibat induksi partikel lain yang bermuatan sehingga molekul bersifat polar sesaat secara spontan.

Pada Gambar 5 diduga ikatan yang terbentuk antara uap jenuh HCl dan permukaan AABM terjadi karena adanya tarik menarik antara dua molekul yang membentuk ikatan kimia. Hal ini dilihat dari penambahan berat (naik dan turun) yang relatif kecil setelah 24 jam pengamatan. Adsorpsi seperti ini disebut dengan adsorpsi kimia (*chemisorption*). Kekuatan ikatan pada adsorpsi kimia lebih tinggi dibandingkan dengan adsorpsi fisika.¹⁸

Penambahan berat masing-masing AABM juga menunjukkan daya serapnya yang berkaitan dengan struktur kimia seperti pori. Pori akan berpengaruh terhadap daerah amorf arang aktif dan daya serapnya.

Penelitian mengenai pengaruh lama aktivasi terhadap struktur kimia arang aktif telah dilakukan oleh Pari dkk⁹ pada arang aktif serbuk gergaji sengon. Hasilnya menunjukkan arang aktif serbuk gergaji sengon yang diaktivasi selama 60 menit memiliki diameter pori sebesar 1,3–1,7 μm , dan arang aktif yang diaktivasi selama 90 menit memiliki diameter pori 1,6–2,6 μm .

KESIMPULAN

Arang aktif bambu mayan yang diaktivasi oleh uap air suhu 800°C selama 60 dan 90 menit telah memenuhi mutu standar arang aktif teknis

Indonesia, kecuali daya jerap iod arang aktif yang diaktivasi selama 60 menit.

Derajat kristalinitas arang aktif yang diaktivasi selama 90 menit lebih besar dibandingkan dengan arang aktif yang diaktivasi selama 60 menit, menunjukkan arang yang diaktivasi 90 menit memiliki daerah amorf yang lebih besar, sehingga menguntungkan untuk daya serapnya.

Arang aktif bambu mayan yang diaktivasi selama 90 menit lebih bersifat basa karena memiliki tingkat kebasaaan terbesar, yaitu 6,135 mmol/g. Arang aktif bambu mayan yang diaktivasi selama 60 menit bersifat asam karena memiliki tingkat keasamaan terbesar, yaitu sebesar 1,312 mmol/g. Tingkat keasamaan/kebasaaan AABM dapat dijadikan dasar dalam penggunaannya sebagai katalis padat.

Penggunaan arang aktif bambu mayan sebagai katalis padat masih perlu penelitian lebih lanjut untuk menentukan proses isotherm adsorpsi arang aktif bambu mayan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada teknisi Laboratorium Kimia Terpadu, Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan Bogor atas asistensinya. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Ris Gustan Pari akan bimbingan dan bantuan materialnya dalam penggunaan arang aktif bambu mayan.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Kalyani, P., Anitha, A., dan Darchen, A. 2013. Activated carbon from grass - A green alternative catalyst support for water electrolysis. *International Journal of Hydrogen Energy* 38: 10364–10372.
- ²Jeenpadiphat, S. dan Tungasmita, D.N. 2013. Acid activated pillar bentonite as a novel catalyst for the esterification of high FFA oil. *Powder Technology* 237: 634–640.
- ³Sudradjat, R., Marsubowo, A., dan Yuniarti, K. 2009. Pengaruh penggunaan zeolit sebagai katalis dalam proses esterifikasi terhadap rendemen dan kualitas biodiesel asal minyak jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 27(3): 256–266.
- ⁴Auta, M. dan Hameed, B.H. 2011. Preparation of waste tea activated carbon using potassium

- acetate as an activating agent for adsorption of Acid Blue 25 dye. *Chemical Engineering Journal* 171: 502–509.
- ⁵Wuntu, A.D., dan Kamu, V.S. 2014. *Adsorpsi aseton pada arang aktif biji asam jawa*.
- ⁶Rulliaty, S., Hadjib, N., Pari, G., Muslich, M., Jasni dkk. 2012. *Sifat dasar dan kegunaan bambu*. Laporan Penelitian, Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan.
- ⁷Pari, G. dkk. 2010. *Teknologi pengolahan karbon kemurnian tinggi sebagai bahan nano karbon dari bahan berlignoselulosa*. Laporan Penelitian, Pusat Litbang Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan. Bogor: Kementerian Kehutanan.
- ⁸Galiatsatou, P., Metaxas, M., Arapoglou, D., dan Rigopolou, V.K. 2002. Treatment of olive mill waste water with activated carbons from agricultural by-products. *Waste Management* 22: 803–812.
- ⁹Pari, G., Sofyan, K., Syafii, W., dan Buchari. (2005). Pengaruh lama aktivasi terhadap struktur kimia dan mutu arang aktif serbuk gergaji sengon. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 23(3): 207–218.
- ¹⁰Santi, D dan Efiyanti, L. 2014. Hidrorengkah minyak laka menggunakan katalis NiO/zeolit alam aktif dan NiOMoO/zeolit alam aktif menjadi fraksi berpotensi energi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 32(2): 93–102.
- ¹¹Pari, G dan Hendra, D. 2006. Pengaruh lama waktu aktivasi dan konsentrasi asam fosfat terhadap mutu arang aktif kulit *Acacia mangium*. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 24(1): 33–46.
- ¹²Badan Standardisasi Nasional. 1995. SNI 06-3730-1995 *Arang aktif teknis*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- ¹³Pari, G. 1999. Karakterisasi arang aktif dari arang serbuk gergajian sengon dengan bahan pengaktif NH₄HCO. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 17(2): 89–100.
- ¹⁴Cahyono, T.D., Z. Coto & F. Febrianto. (2008). Analisis nilai kalor dan kelayakan ekonomis kayu sebagai bahan bakar substitusi batu bara di pabrik semen. *Forum Pascasarjana*, 31(2):105–116
- ¹⁵Pereira, B.L.C.dkk. 2012. Research Article: Quality of wood and charcoal from eucalyptus clones for ironmaster use. *International Journal of Forestry Research* 2012, Article ID 523025: 1–8.
- ¹⁶Pari, G, Darmawan, S., Laraswati, E., dan Hastuti, N. 2014. *Activation and characteristic of carbon nanofiber as by-product from urea formaldehyde adhesive industry*. Jakarta: ICAMPN.
- ¹⁷Fong Lo, S., Yung Wang, S., Jer Tsai, M., Dong Lin, L. 2012. Adsorption capacity and removal efficiency of heavy metal ions by Moso and Ma bamboo activated carbons. *Chemical Engineering Research and Design*. 90: 1397–1406.
- ¹⁸El-Bindary, A., A., Hussein, M., A., Diab, M., A., Eessa, A., M. 2014. Adsorption of Acid Yellow 99 by polyacrylonitrile/activated carbon composite: Kinetics, thermodynamics and isotherm studies. *Journal of Molecular Liquids* 197: 236–242.