SINTESIS DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF DARI LIMBAH BAMBU MENGGUNAKAN AKTIVATOR ASAM POSPAT (H_3PO_4)

Nurull Fanani[1], Ika Fitri Ulfindrayani[2]
Universitas Teknologi Surabaya[1,2]
e-mail: nf.fanni@gmail.com

ABSTRACT

This research was conducted to determine the characteristics of activated carbon made from bamboo waste with H3PO4 as an activator. Bamboo waste obtained from the bamboo handicraft industry and the former installation of the billboard is cut into pieces first so that it can be put into a carbonization reactor (calciner), then the carbonization process is carried out at 400oC for 2 hours. The carbon produced from the carbonization process is then activated using H3PO4 with a weight ratio of 1: 1, 1: 2 and 1: 3, respectively. The best moisture content is obtained from activated carbon with a weight ratio of 1: 3 H3PO4 ratio that is equal to 3.40%, the highest ash content is obtained from activated carbon with a weight ratio of 1: 1 H3PO4 ratio of 7%, and absorption with the largest Iodine solution is also obtained of activated carbon with a weight ratio of 1: 1 H3PO4 ratio that is equal to 335.81 mg / g. The identification of carbon groups in this study used FTIR spectrophotometer and the results showed that the activated carbon obtained had OH, C-O, CH, C-OH, and CH2 functional groups.

Keywords : *Activated Carbon, bamboo waste, carbonization, activation, phosphoric acid*

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik karbon aktif yang terbuat dari limbah bambu dengan H_3PO_4 sebagai aktivator. Limbah bambu yang diperoleh dari industri kerajinan bambu dan bekas pemasangan baliho ini di potong-potong terlebih dahulu agar dapat dimasukkan kedalam reaktor karbonisasi (kalsiner), kemudian dilakukan proses karbonisasi pada suhu 400^oC selama 2 jam. Karbon yang dihasilkan dari proses karbonisasi kemudian diaktivasi dengan menggunakan H_3PO_4 dengan perbandingan berat rasio yang masing-masing 1:1, 1:2 dan 1:3. Kadar air terbaik diperoleh dari karbon aktif dengan perbandingan berat rasio H_3PO_4 1:3 yaitu sebesar 3.40%, kadar abu tertinggi diperoleh dari dari karbon aktif dengan perbandingan berat rasio H_3PO_4 1:1 yaitu sebesar 7 %, dan daya serap dengan larutan Iodium terbesar juga diperoleh dari karbon aktif dengan perbandingan berat rasio H_3PO_4 1:1 yaitu sebesar 335,81 mg/g. Identifikasi gugus karbon pada penelitian ini digunakan spektofotometer FTIR dan hasilnya menujukkan bahw karbon aktif tyang diperoleh memiliki gugus fungsi OH, C-O, CH, C-OH, dan CH_2.

Kata kunci: *karbon aktif, limbah bambu, karbonisasi, aktivasi, asam fosfat*

PENDAHULUAN

Karbon aktif merupakan salah satu absorben yang paling sering digunakan pada proses adsorbsi. Hal ini disebabkan karena karbon aktif mempunyai luas permukaan yang sangat besar sehingga mempunyai daya absorpsi lebih baik dibandingkan dengan adsorben lain. Menurut Ramdja[1], luas permukaan karbon aktif sekitar 300 sampai 2000 m^2/gr. Luas permukaan yang besar tersebut disebabkan karena adanya struktur pori – pori yang dimiliki oleh karbon aktif.

Kebutuhan karbon aktif di Indonesia saat ini cukup meningkat. Hal ini disebabkan karena pemakaian karbon yang semakin meluas pada sektor industri. Pada tahun 2016, permintaan karbon aktif diperkirakan sekitar 1,9 juta metrik ton dan diprediksi akan meningkat sebesar 10% setiap tahunnya untuk permintaan secara global. Berdasarkan permintaan karbon aktif yang cukup tinggi inilah maka diperlukan cara yang efisien untuk memenuhi kebutuhan karbon aktif yang dihasilkan dari bahan baku yang jumlahnya melimpah, mudah diperoleh, dapat diperbarui, dan yang banyak mengandung unsur karbon seperti misalnya bambu.

Bahan baku karbon aktif yang berupa bambu ini tidak hanya dapat diperoleh dari tanaman bambu yang langsung diolah menjadi karbon aktif namun dapat juga diperoleh dengan memanfaatkan limbah bambu yang cukup melimpah dan sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah bambu ini dihasilkan dari industri kerajinan bambu, furniture, properti, tusuk gigi, dll.

Penelitian yang terdahulu tentang pembuatan karbon aktif dari bambu selalu mengambil bahan baku dari tanaman bambu secara langsung, belum ada yang mengolah dengan menggunakan limbah bambu sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Penelitian ini bertujuan untuk menambah alternatif sintesis karbon aktif berbahan baku bambu.

TINJAUAN PUSTAKA

Limbah bambu banyak dijumpai pada rumah produksi kerajinan bambu, konstruksi bangunan dan juga dipinggir jalan bekas pemasangan baliho. Limbah bambu ini biasanya hanya dibuang begitu saja tanpa adanya pengolahan yang optimal. Menurut Boneli[2], Daud dan Ali[3] komponen utama arang aktif adalah kandunga selulosan yang terdapat pada bambu. Kandungan selulosa tersebut berkisar antara 42,40-53.60%. Selain itu bambu juga memiliki daya serap arang aktif terhadap metilen blue. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Erin[4] daya serap karbon aktif dari bambu betung terhadap metilen blue terbaik sebesar 99,327 mg/g dan memlilki serapan gugus-gugus fungsi O-H, C-H dan C=C. hal ini menunjukkan bahwa limbah bambu juga cukup berpotensi untuk diolah menjadi karbon aktif.

Karbon aktif merupakan sebuah bahan yang mengandung karbon bebas cukup besar, dimana karbon bebas tersebut memiliki daya serap yang tinggi dan memiliki pori yang meningkatkan daya serapnya karena mengalami reaksi dengan bahan kimia sebelum atau sesudah karbonisasi[5]. Karbon aktif sangat bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari diantaranya dapat digunakan sebagai agen penyerap[6], pemurnian gas, katalisator, sebagai penghilang bau pada beberapa industri seperti industri pengolahan air, industri obat dan makanan, serta dapat digunakan sebagai pelarut yang dapat digunakan kembali dan penyimpanan energi [7]. Salah satu kemampuan yang paling penting pada karbon aktif adalah kemampuan daya serap (adsorpsi). Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan partikel suatu fluida (cairan atau gas) oleh suatu padatan hingga terbentuk suatu lapisan tipis (film) pada permukaan adsorben. Adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain : karakteristik adsorben, tekanan, temperature dan jenis adsorbat [8]. Karbon aktif yang memiliki struktur mikro dan mesopori yang besar serta luas permukaan yang tinggi merupakakan karbon aktif yang memiliki daya serap yang tinggi pada larutan iodin. Untuk memperoleh karbon aktif yang memiliki daya serap yang tinggi maka diberikan aktivator pada proses pembuatannya. Pembuatan karbon aktif melalui tiga tahap yaitu dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi.

Aktivator adalah zat atau senyawa kimia yang yang berfungsi sebagai reagen pengaktif. Zat aktivator memiliki sifat yang dapat mengikat air [9,10] sehingga air yang masih tertinggal pada pori-pori karbon saat proses karbonisasi akan terlepas dan membuka permukaan karbon yang tertutup oleh air. Pori-pori ini akan semakin besar jika dilakukan pemanasan setelah penambahan aktivator. Hal ini terjadi karena senyawa pengotor yang berada di dalam pori menjadi lebih mudah terserap . Semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula daya serapnya. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai zat aktivator diantaranya adalah NaCl, $CaCl_2$, Ca(OH), $MgCL_2$, HNO_3, HCl, $Ca_3(PO_4)_2$, KOH, $ZnCl_2$, H_3PO_4, dan sbagainya.

Peneliti terdahulu membuatan karbon aktif dari bambu betung dengan menggunakan aktivator gas CO_2 dengan beberapa variasi temperatur. Karbon yang di dapatkan dari penelitian tersebut memiliki bilangan iod sebesar 475,25 mg/g.[11]. Pada penelitian ini, proses aktivasi akan dilakukan dengan mengalirkan gas N_2 dan H_3PO_4 sebagai zat aktivatornya. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan karbon aktif dengan daya serap yang besar.

METODE

Proses Karbonisasi

Limbah bambu yang telah diperoleh dipotong kecil-kecil ±1cm tidak perlu dipanaskan terlebih dahulu karena limbah bambu ini sudah dalam keadaan kering. Kemudian masukkan potongan bambu kedalam alat kalsinasi (kalsiner) selama 2 jam dengan suhu 400^{o}C. pemilihan suhu tersebut disesuikan dengn kandungan yang ada pada bambu, dimana kandungan utamanya adalah selulosa hemiselulosa dan lignin. Karbonisasi hemiselulosa terjadi pada suhu 200 – 250^{o}C, karbonisasi selulosa terjadi pada suhu 280 – 320^{o}C dan karbonisasi lignin terjadi pada suhu 400^{o}C. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa kandungan bambu yang mudah menguap (*volatile matter*) pada proses karbonisasi telah hilang sehingga diperoleh karbon yang cukup tinggi. Kemudian karbon digerus dan diayak hingga ±200 mesh.

Proses Aktivasi

Proses aktivasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah aktivasi kimia. Zat aktivator yang digunakan yaitu asam pospat (H_3PO_4). Karbon ditimbang masing-masing sebanyak 20 gr kemudian campurkan dengan asam pospat (H_3PO_4) dengan berat rasio masing-masing 1:1 (AC_1), 1:2 (AC_2) dan 1:3 (AC_3). Selanjutnya campuran tersebut ditambahkan aquadest, diaduk dan dipanaskan pada suhu 200^{o}C selama 2 jam dengan menggunakan hotplate magnetic strirrer samapai campuran tersebut menjadi slurry. Slurry yang telah didapat kemudian dimasukkan kedalam reaktor yang sudah dipastikan bebas dari oksigen (kalsiner). Panaskan slurry tersebut selama 1 jam pada suhu 800^{o}C dengan dialiri gas N_2 dengan laju alir 200 ml/menit. Activated Carbon (AC) yang telah diperoleh pada proses kalsinasi kemudaian dicuci dengan menggunakan aquadest secara berulang hingga pH nya netral. Selanjutnya, keringkan sampel tersebut pada suhu 110^{o}C selama 24 jam.

Proses Karakterisasi *Activated Carbon* (AC)

a. Penentuan Kadar Air (SNI 06-3730-1995)[12]
b. Penentuan Kadar Abu (SNI 06-3730-1995)
c. Penentuan Uji Daya dengan Iodium (SNI 06-3730-1995)
d. Karakterisasi gugus fungsi AC
   Karakterisasi gugus fungsi AC menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dengan metode pelet KBr. 1-10 mg sampel dihaluskan secara hati-hati dengan 100 mg KBr dan mencetaknya menjadi cakram tipis atau pellet. Selanjutnya pellet dimasukkan kedalam FTIR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

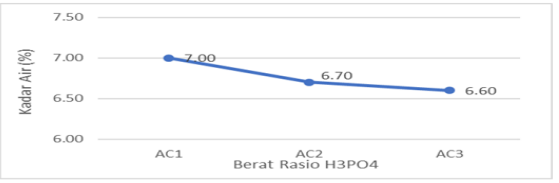
Setelah melakukan proses pembuatan *Activated Carbon* (AC) dari limbah bambu dengan activator H_3PO_4 dengan menggunakan pembakaran 800^{o}C dan berat rasio activator 1:1, 1:2, dan 1:3, maka dilakukan proses pencucian dan pengeringan terlebih dahulu. Setelah itu dilakukan proses analisa terhadap kadar air, kadar abu dan uji daya serap dengan larutan Iodium. Hasil analisa yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisa AC dengan aktivator H_3PO_4

No	Karakteristi Pengujian	Berat Rasio H3PO4		
		1:1	1:2	1:3
1	Kadar Air (%)	3.00	3.30	3.40
2	Kadar Abu (%)	7.00	6.70	6.60
3	Daya serap Iodium (mg/g)	335.81	330.21	283.71

Pengaruh Konsentrasi H_3PO_4 terhadap Kadar Air

Untuk mengetahui kandungan air yang ada pada AC yang telah dihasilkan maka diperlukan pengujian kadar air. Menurut SNI 06-3730-1995 kadar air maksimal yang diperbolehkan untuk karbon adalah 15%. Pengujian kadar air ini menggunakan metode gravimetri, dimana kuantitas atau jumlah sampel dihitung berdasarkan perhitungan selisih berat zat. Kadar air tertinggi dimiliki oleh AC dengan berat rasio 1:3 yaitu sebesar 3.40 % dan kadar air terendah pada berat rasio 1:1. Hal ini menunjukkan bahwa kadar air yang terkandung pada sampel AC telah memenuhi standart SNI 06-3730-1995. Pengaruh konsentrasi H_3PO_4 terhadap kadar air AC dari limbah bambu dapat dilihat pada gambar 1.

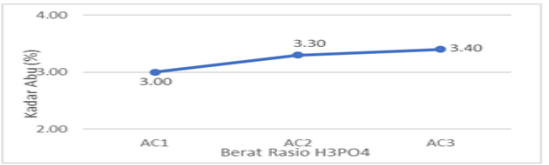


Gambar 1. Grafik Pengaruh Berat Rasio H_3PO_4 terhadap kadar air

Pada gambar 1 terlihat bahwa presentasi air mengalami penurunaan seiring dengan adanya kenaikan berat rasio H_3PO_4. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar berat rasio aktivator H_3PO_4 maka semakin berkurang kadar air dalam AC. Menurut Laos, dkk [13] pada penelitian sebelumnya, penurunan kadar air sangat dipengaruhi oleh faktor hubungan antara temperatur dan konsentrasi aktivator dimana konsentrasi ini dipengaruhi berat rasionya. Dengan menurunnya kadar air maka pori-pori AC akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena molekul air yang terdapat pada AC terikat oleh aktivator H_3PO_4 sehingga luas permukaan karbon aktif juga akan bertambah.

Pengaruh Berat Rasio H_3PO_4 terhadap Kadar Abu

Kadar abu merupakan campuran dari komponen anorganik atau mineral yang terdapat pada suatu bahan. Kandungan abu pada karbon aktif memepengaruhi daya serap pada proses adsorpsi. Semakin tinggi kandungan abu yang dimiliki maka daya serap yang dihasilkan semakin rendah. Karakteristik kadar abu terhadap penambahan berat rasio H_3PO_4 dapat dilihat pada gambar 2.

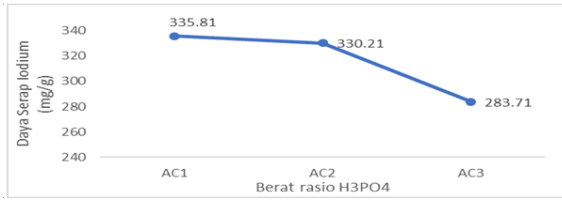


Gambar 2. Grafik Pengaruh Berat Rasio H_3PO_4 terhadap kadar abu

Pada gambar 2 terlihat bahwa semakin besar berat rasio H_3PO_4 maka semakin besar pula kadar abu yang terkandung didalamnya. menurut Fauziah N[14], kandungan bahan mineral yang ada pada bahan awal pembuatan karbon mempengaruhi adanya garam-garam mineral yang terbentuk pada proses karbonisasi yang menyebabkan terbentuknya partikel-partikel halus pada garam-garam mineral tersebut sehingga terjadi peningkatan kadar abu. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar berat rasio aktivator maka kadar abu akan semakin bertambah.

Pengaruh Berat Rasio H_3PO_4 terhadap Uji Daya Serap dengan Larutan Iodium

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan adsorpsi arang aktif pada larutan berwarna[15] . Pengujian ini menggunakan metode iodometri dimana bilangan iod yang diperoleh akan menunjukkan kemampuan daya adsorpsinya. Karakteristik daya serap terhadap iodium AC dari limbah bambu dengan aktivator H_3PO_4 dapat dilihat pada gambar 3.

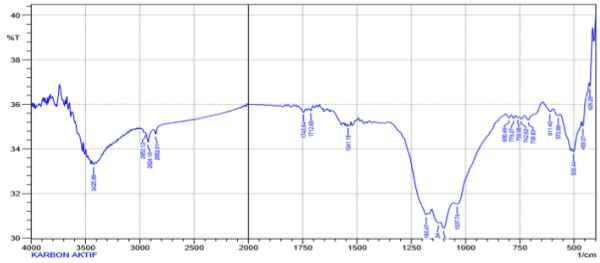


Gambar 3. Grafik Pengaruh Berat Rasio H_3PO_4 terhadap uji daya serap dengan larutan Iodium

Pada gambar 3 terlihat bahwa bilangan iod yang diperoleh mengalami penurunan seiring dengan besarnya berat rasio aktivator H_3PO_4. Hal ini disebabkan rusaknya permukaan arang akibat dari perbandingan persen berat dengan sampel yang berlebih. Menurut Marsh dan Reinoso [16], karbon aktif yang berkualitas baik dihasilkan dari proses karbonisasi dengan aktivator H_3PO_4 pada suhu diatas 450ºC dengan perbandingan persen berat antara aktivator dengan sampel sekitar 29- 52%. Pada penelitian ini diperoleh bilangan iod terbaik pada perbandingan rasio berat sebesar 1:1 yaitu sebesar 338,51 mg/g.

Karakteristik Gugus Fungsi AC

Karakterisasi gugus fungsi AC dilakukan dengan metode Fourier Transform Infrared (FTIR). Metode ini menggunakan spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi Fourier untuk analisa hasil spektrumnya. Hasil terbaik dari analisa FTIR ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik karakterisasi gugus fungsi AC

Puncak serapan pada billangan 3500-3200 cm^{-1} (merujuk pada O-H stretching) mengindikasi adanya gugus fungsi O-H (hidroksil). Pada rentang 900-1200 bilangan gelombal mulai terbentuk, hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh OH, CH, C-OH dan CH_2 pada unit glikosil dalam karbon (Mohideen, 2011). AC yang teraktivasi H_3PO_4 ini cenderung bersifat polar karena adanya ikatan OH dan C-O. AC yang dihasilkan dapat digunakan sebagai penjernih air, gula, alcohol atau sebagai penyerap emisi formaldehid.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan bahwa kadar air terbaik diperoleh dari karbon aktif dengan perbandingan berat rasio H_3PO_4 1:3 yaitu sebesar 3.40%, kadar abu tertinggi diperoleh dari dari karbon aktif dengan perbandingan berat rasio H_3PO_4 1:1 yaitu sebesar 7 %, dan daya serap dengan larutan Iodium terbesar juga diperoleh dari karbon aktif dengan perbandingan berat rasio H_3PO_4 1:1 yaitu sebesar 335,81 mg/g. Identifikasi gugus karbon pada penelitian ini digunakan spektofotometer FTIR dan hasilnya menujukkan bahw karbon aktif tyang diperoleh memiliki gugus fungsi OH, C-O, CH, C-OH, dan CH_2.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kemenristekdikti atas dana hibah DRPM tahun 2019.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Fuadi Ramdja, Mirah Halim, dan Jo Handi, "Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa(Cocus nucifera)," Jurnal Teknik Kimia, Vol. 15, No. 2, April 2008.

[2] Bonelli, P.R., P.A.D. Rocca, E.G. Cerrella, A.L. Cukierman. 2001. Effect of pyrolisis temperatur on composition, surface properties and thermal degradation rates of Brazil Nut shells. Bioresource Tech 76: 15-22.

[3] Wan Daud W.M.A, Wan Ali W.S.2004. Comparison On Pore Development Of Activated Carbon Produced From Palm Shell and Coconut Shell. Journal Bioresource Technology 93: 63-69.

[4] Erin Mazelly Hutapea, Iwantono, Rakhmawati Farma, Saktioto, Awitdrus. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Betung (Dendrocalamus Asper) dengan Aktivasi KOH Berbantuan Gelombang Mikro. Jurnal komunitas Fisika Indonesia, Vol.14, No.02, oktober 2017.

[5] Zhou, X., Li, L., Dong, S., Chen, X., Han, P., Xu, H., Yao, J., Shang, C., Liu, Z., Cui, G. 2012. A Renewable Bamboo Carbon/Polyaniline Composite for a High-Performance Supercapasitors Elektrode Material. J Solid State Electrochem, 16: 877-88.

[6] Gislon, P., S. Galli., G. Monteleone. 2013. Siloxanes Removal from Biogas by High Surface Area Adsorbents. Water Management, 33: 2687-2693

[7] Liu, Q. M. 2010. Optimization of Ultrasonic-assisted extraction of chlorogenic acid from Folium eucommiae and evaluation of its antioxidant activity. Journal of Medicinal Plants Research Vol. 4(23), pp. 2503-2511.

[8] Athmayudha, A. (2007). Pembuatan Karbon Aktif berbahan dasar tempurung kelapa dengan perlakuan aktivasi terkontrol serta uji kinerjanya, Skripsi, Departemen Teknik Kimia, Fakulta Teknik Universitas Riau.

[9] Dabrowski, A., Podkoscienly, P., Hubick, Z., Barczak, M. (2005). Adsorption of Phenolic Compound by Activated Carbon-a Critical Review. Chemosphere 58, 1049-1070.Diakses pada 10 Maret 2012

[10] Li, W., Zhang, L.B., Peng, J.H., Li, N., Zhu, X.Y. (2008). Preparation of High Surface Area Activated carbons from Tobacco Stems with K_2CO_3 Actvation using Microwave Radiation. Ind. Crops Prod. 27, 341-347.

[11] Rio Ferryunov Andie, mahmud Sudibandriyo. 2013. Pemanfaatan Bambu Betung (Dendrocalamus Asper) sebagai Bahan Baku Untuk Pembuatan Karbon Aktif Dengan Aktivasi Menggunakan CO_2. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

[12] Standar Nasional Indonesia. 1995. Arang Aktif Teknis (SNI 06-370-1995). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.

[13] Laos, L.E., Masturi, dan Yulianti, I. 2016. Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Kulit Kemiri, Volume V. Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF 2016: Semarang.

[14] Fauziah, N. 2009. Pembuatan Arang Aktif Secara Langsung dari Kulit Acasia mangium Wild dengan Aktivasi Fisika dan Aplikasinya sebagai Adsorben. Skripsi tidak diterbitkan. Bogor: IPB

. [15] Rumidatul, Alfi. 2006. Efektivitas Arang Aktif Sebagai Adsorber Pada Pengolahan Air

[16] Marsh, H., & Reinoso, F.R. (2006). Actived Carbon. New York: Elsevier Science & Technology Books.