

Pengaruh Aktivator Asam Sulfat dan Natrium Klorida pada Karbon Aktif Batang Semu Pisang untuk Adsorpsi Fe

Fadhil Muhammad Tarmidzi^{1, *)}, Maylina Anindita Sugiharti Putri¹⁾, Anisa Novi Andriani¹⁾, dan Riza Alviany¹⁾

¹⁾Jl. Soekarno Hatta No.KM 15, Balikpapan, 76127, Telp: (0542) 8530801, Fax: (0542) 8530800

^{*)}Penulis korespondensi : fadhil.tarmidzi@lecturer.itk.ac.id

Abstract

Effect of Sulfuric Acid Activator in Banana Stem Activated Carbon for Fe Adsorption. Banana pseudo stem is one of a rich and inexpensive natural source of cellulose. Its value can be increased as a sustainable and ecofriendly material for activated carbon which can be used to remove Fe from raw water. Adsorption system is a suitable technology which can be used in rural area that rely on groundwater. Therefore, this study was aim to developed an activated carbon to adsorbed Fe from groundwater. Synthesis of carbon active was carried out by washing to remove sap and soluble components, drying at 105°C for 3 hours, carbonization at 400°C for 30 minutes, activation using H₂SO₄ or NaCl, and neutralization. This research was conducted to study the effect of activator concentration at 0.3 M; 0.5 M; and 0.7 M related to iodine number of activated carbon and its ability to adsorb Fe. Fe concentration was determined by using atomic adsorption spectroscopy (AAS). This study shows that using 0.3 M H₂SO₄ activator gives the best result in both terms with iodine number value 58.23 mg/g and 80.85% Fe was adsorbed.

Keywords: acid activation; activated carbon; adsorption; banana pseudo stem;

Abstrak

Batang semu pisang merupakan salah satu bahan alam kaya selulosa yang murah. Nilai batang semu pisang yang rendah dapat ditingkatkan menjadi material karbon aktif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Karbon aktif batang semu pisang dapat digunakan untuk adsorpsi Fe dalam air baku. Sistem adsorpsi menjadi teknologi yang cocok untuk digunakan di daerah pedesaan yang mengandalkan air tanah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem karbon aktif untuk adsorpsi Fe dari air tanah. Sintesis karbon aktif dilakukan dengan pencucian untuk menghilangkan getah dan komponen terlarut, pengeringan suhu 105°C selama 3 jam, karbonisasi pada suhu 400°C selama 30 menit, aktivasi kimia, dan penetralan. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh jenis aktivator NaCl dan H₂SO₄ pada konsentrasi aktivator masing-masing 0,3 M; 0,5 M; dan 0,7 M terhadap bilangan iodin dan kemampuan adsorpsi Fe. Konsentrasi Fe ditentukan dengan menggunakan spektroskopi adsorpsi atom (SAA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan aktivator 0,3 M H₂SO₄ memberikan hasil terbaik dengan bilangan iodin 58,23 mg/g dan Fe teradsorpsi sebanyak 80,85%.

Kata kunci: adsorpsi; aktivasi asam; batang semu pisang; karbon aktif

PENDAHULUAN

Krisis air bersih di beberapa daerah disebabkan karena terbatasnya ketersediaan air baku yang berakibat pada tidak meratanya distribusi air. Beberapa daerah yang mengalami kesulitan air bersih

mengandalkan air tanah untuk memenuhi kebutuhannya yang masih mengandung logam berat seperti Fe. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 mensyaratkan baku mutu air untuk Kelas 1 yang peruntukannya digunakan untuk

air baku air minum memiliki kandungan besi maksimum 0,3 ppm. Untuk menurunkan kadar besi di dalam air tanah dapat digunakan metode adsorpsi dengan bantuan karbon aktif.

Karbon aktif dapat dibuat dari material lignoselulosa. Beberapa karbon aktif yang banyak digunakan adalah karbon berbasis limbah pertanian, seperti tempurung kelapa (Hartanto, 2010), batang pisang (Aisyah, dkk., 2019), kulit singkong (Permatasari, dkk., 2014), dan ampas tebu (Mulyati, 2018).

Pohon pisang memiliki batang semu yang tumbuh di atas batang sejati. Ketika batang semu berbuah maka pohon pisang tidak akan mampu menghasilkan buah lagi sehingga batang semu akan menjadi limbah. Pemanfaatan batang semu pisang sebagai karbon aktif dipilih karena memiliki kandungan selulosa yang lebih tinggi hingga 60% (Mohapatra dkk., 2010) dibandingkan dengan karbon aktif yang umum digunakan yang berbasis lignin.

Karbon aktif berbasis lignin umumnya diaktivasi melalui proses karbonisasi pada suhu 600 – 800°C sehingga membutuhkan energi yang lebih besar dibandingkan dengan aktivasi karbon aktif berbasis selulosa yang dapat dikarbonisasi hingga suhu 450°C.

Untuk menghasilkan karbon aktif berbasis selulosa dilakukan dua metode, yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Aktivasi fisika atau karbonisasi bertujuan untuk meningkatkan karakteristik fisik dengan memanfaatkan panas. Ikatan yang tidak stabil akan putus dan membentuk senyawa radikal. Proses stabilisasi senyawa tersebut menghasilkan senyawa yang mudah menguap (Demirbaş, 2001).

Aktivasi kimia dilakukan untuk impregnasi karbon menggunakan senyawa kimia dan pemanasan. Proses aktivasi kimia akan merubah struktur karbon dan pori di dalam karbon aktif (Ioannidou dan Zabaniotou, 2007). Penggunaan aktivator asam bertujuan untuk membentuk permukaan karbon yang asam sehingga terbentuk gugus fungsi yang mengandung oksigen dan memberikan sifat hidrofilik terhadap karbon aktif. Penggunaan H_2SO_4 dapat membentuk gugus fungsi sulfida, disulfida, asam sulfonat, sulfoksida, dan sulfon (Asasian Kolor dkk., 2019).

Penggunaan NaCl sebagai aktivator garam bertujuan untuk menghilangkan tar yang terbentuk selama proses karbonisasi. Pembentukan tar dapat menghambat pori-pori pada karbon sehingga menghambat proses adsorpsi. NaCl juga berfungsi sebagai dehidrator untuk mengikat air yang terikat di dalam karbon aktif sehingga dapat memaksimalkan gugus oksigen aktif (Manocha, 2003).

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan karbon aktif batang semu pisang dengan bantuan aktivasi asam dan mengetahui kemampuannya dalam adsorpsi besi (Fe) yang berasal dari air baku sintetik.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah furnace thermolyne FB 1410M-33 untuk proses karbonisasi. Bahan yang digunakan adalah H_2SO_4 98% dan NaCl 99% sebagai aktivator kimia. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ sebagai sumber Fe untuk larutan air baku sintetik. $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$, $K_2Cr_2O_7$, I_2 , dan larutan pati untuk menentukan bilangan iodin karbon aktif.

Persiapan Bahan Baku

Batang pisang yang diperoleh dari perkebunan di kawasan Balikpapan Utara dipotong dengan ukuran 2 cm x 2 cm dan dicuci untuk menghilangkan kotoran yang menempel, getah, dan senyawa terlarut di dalamnya. Kemudian batang pisang dikeringkan pada suhu 105°C selama 3 jam.

Aktivasi Fisika Batang Semu Pisang

Tahap karbonisasi dilakukan dengan memanskan batang semu pisang di dalam furnace pada suhu 400°C selama 30 menit. Karbon batang semu pisang kemudian didinginkan di dalam desikator.

Aktivasi Kimia Karbon Batang Semu Pisang

10 gram karbon batang semu pisang diaktivasi dengan menggunakan 500 mL aktivator kimia. Jenis aktivator yang divariasikan adalah larutan H_2SO_4 dan larutan NaCl pada variasi konsentrasi 0,3 M; 0,5 M; dan 0,7 M. Proses aktivasi dilakukan pada kecepatan 150 rpm selama 2 jam pada suhu ruangan. Setelah diaktivasi, karbon aktif dinetralkan dengan menggunakan akuades dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 3 jam. Karbon aktif dikecilkan dan diayak dengan ayakan 80 mesh agar diperoleh ukuran yang seragam.

Pembuatan Air Baku Sintetik

Air baku sintetik dibuat dengan cara melarutkan $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ke dalam akuades hingga diperoleh konsentrasi besi sebesar 3 ppm.

Adsorpsi Fe dengan Karbon Aktif

Karbon aktif dicampurkan ke dalam air baku sintetik dengan konsentrasi 1 gram karbon aktif/L air baku. Proses adsorpsi berlangsung selama 1 jam pada kecepatan 150 rpm pada suhu ruangan.

Karakterisasi Bilangan Iodin Karbon Aktif

Karakterisasi didasarkan pada dua pengujian, yaitu pengujian bilangan iodin yang dilakukan berdasarkan ASTM D4607-94. Larutan $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ 0,1 N distandardisasi dengan cara titrasi menggunakan larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,1 N. Kemudian larutan I_2 0,1 N distandardisasi dengan cara titrasi menggunakan larutan standard $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ 0,1 N.

Penentuan bilangan iodin dilakukan dengan cara menjerap 100 mL larutan I_2 0,1 N dengan 1 gram karbon aktif selama 15 menit. Larutan dan karbon

aktif kemudian dipisahkan dengan menggunakan proses sentrifugasi dan dilanjutkan dengan proses titrasi menggunakan larutan standar $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N. Bilangan iodin dihitung dengan menggunakan persamaan (1)

$$\text{bilangan iodin} = \frac{C_s(V_b - V_s)}{2m_{ac}} \quad (1)$$

Analisa Kadar Fe dalam Air Sampel

Pengujian kadar Fe pada larutan sampel dengan menggunakan spektroskopi adsorpsi atom (SAA) di Balai Riset dan Standardisasi Industri Samarinda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Aktivator H_2SO_4 terhadap Bilangan Iodin dan Kemampuan Adsorpsi Fe

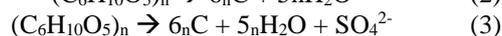
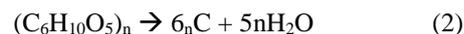
Konsentrasi H_2SO_4 sebagai aktivator asam mempengaruhi bilangan iodin karbon aktif dan kemampuan adsorpsi Fe (Tabel 1). Penurunan bilangan iodin ini menunjukkan bahwa gugus fungsi berbasis sulfur berhasil masuk dan terjebak di dalam pori-pori karbon aktif menyebabkan bukaan pori menjadi tersumbat. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh Asasian dan Kaghazchi yang menggunakan CS_2 dan DMDS sebagai aktivator. Penggunaan aktivator berbasis sulfur menyebabkan penurunan total volume pori dan luar permukaan spesifik (Asasian dan Kaghazchi, 2012). Konsentrasi H_2SO_4 yang meningkat menyebabkan potensi terbentuknya gugus fungsi semakin tinggi.

Tabel 1. Pengaruh aktivator H_2SO_4 terhadap bilangan iodin dan kemampuan adsorpsi Fe

Konsentrasi Aktivator, M	Bilangan Iodin, mg/g	Konsentrasi Fe, ppm
0,3	58,23	0,544
0,5	53,95	0,878
0,7	52,36	0,661

Menurut Kim dan Shin, karbon aktif dengan menggunakan aktivator H_2SO_4 memiliki gugus fungsi hidroksi (O-H), karboksil (COOH), dan sulfoksida (S-O) yang berasal dari gugus sulfonat (SO_3H) (Kim dan Shin, 2001). Diketahui gugus sulfur terkecil yang mungkin terbentuk adalah gugus S-O dengan panjang ikatan 141,1 pm dibandingkan dengan gugus O-H sebesar 96 pm (Greenwood, 1968).

Pembentukan gugus fungsi berbasis sulfur terjadi pada saat proses aktivasi kimia. Pembentukan karbon dari hasil karbonisasi menghasilkan beberapa struktur karbon yang tidak memiliki gugus fungsi, gas CO dan CO_2 yang menguap, dan air yang terikat pada karbon. Molekul air yang terdapat pada karbon terikat dengan H_2SO_4 meninggalkan ion sulfat yang akan berikatan dengan karbon dan gugus aktif lainnya membentuk gugus aktif berbasis sulfur seperti sulfonat. Pembentukan karbon dan gugus sulfur ditunjukkan melalui 2 tahap reaksi, yaitu reaksi dehidrasi menghasilkan karbon (2) dan pemisahan ion sulfat (3) (Isahak, Hisham, dan Yarmo, 2013).



Proses adsorpsi Fe juga dipengaruhi oleh bilangan iodin. Pada konsentrasi aktivator 0,3 M menghasilkan bilangan iodin terbesar dan mampu mengadsorpsi Fe dari larutan induk dengan konsentrasi terukur 2,84 ppm menjadi 0,544 ppm atau sebesar 80,85%. Sedangkan pada titik terendahnya, Fe yang mampu dijerap hanya 69,08%.

Pengaruh Aktivator NaCl terhadap Bilangan Iodin dan Kemampuan Adsorpsi Fe

NaCl sebagai aktivator garam juga memiliki pengaruh dalam bilangan iodin dan kemampuan adsorpsi Fe (Tabel 2). Proses penghilangan tar menjadi efektif karena dapat menghasilkan bilangan iodin yang lebih besar dibandingkan dengan aktivator H_2SO_4 . Kenaikan bilangan iodin mencapai 60% dibandingkan dengan penggunaan aktivator H_2SO_4 . Tingginya bilangan iodin disebabkan NaCl hanya mampu membersihkan karbon aktif dari sisa tar yang menempel dan tidak dapat membentuk gugus fungsi baru sehingga permukaan pori karbon aktif menjadi lebih terbuka.

Tabel 2. Pengaruh aktivator NaCl terhadap bilangan iodin dan kemampuan adsorpsi Fe

Konsentrasi Aktivator, M	Bilangan Iodin, mg/g	Konsentrasi Fe, ppm
0,3	92,66	1,36
0,5	88,85	1,50
0,7	84,09	2,55

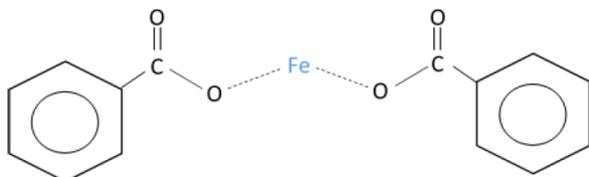
Penambahan aktivator NaCl menyebabkan mineral abu teradsorpsi pada garam sehingga mengakibatkan volume pori bertambah. Selain itu, NaCl berfungsi sebagai agen dehidrasi yang mampu menghilangkan endapan tar yang masih menempel di permukaan pori-pori dari hasil karbonisasi (Dzigbor dan Chimphango, 2019).

Pembukaan pori-pori dan pengikatan tar menyebabkan gugus fungsi menjadi aktif. Gugus fungsi dasar dari proses aktivasi NaCl tidak berubah selama proses aktivasi, sehingga gugus fungsinya hanya terdiri dari hidroksil (O-H) dan karboksil (COOH).

Konsentrasi NaCl yang tinggi berdampak pada penurunan bilangan iodin. Hal ini disebabkan akibat garam yang mengikat tar tidak mampu melarut ke dalam air sehingga garam terjebak di dalam pori karbon aktif (Mu'jizah, 2010).

Kenaikan bilangan iodin pada aktivator NaCl memiliki hubungan lurus dengan kemampuan adsorpsi Fe. Pada konsentrasi aktivator 0,3 M menghasilkan bilangan iodin 92,66 mg/g dan mampu menyerap 52,11% Fe di dalam air baku dengan penurunannya menjadi 1,36 ppm. Bilangan iodin yang lebih tinggi dibandingkan H_2SO_4 semakin membuktikan bahwa tidak adanya gugus fungsi yang mampu mengikat Fe.

Mekanisme adsorpsi Fe pada gugus fungsi karbon terjadi karena adanya oksidasi Fe^{2+} dalam FeSO_4 oleh oksigen (Gambar 1). Gugus karboksil (COOH) yang polar dapat menyumbangkan ion H^+ sehingga dua gugus karbonil dengan pasangan elektron bebas dapat mengikat ion Fe^{2+} melalui gaya tarik menarik dengan interaksi elektrostatik menghasilkan ikatan kovalen koordinasi (Maneechakr dan Karnjanakom, 2019).



Gambar 1. Mekanisme Adsorpsi Fe pada Gugus Fungsi Karboksil

KESIMPULAN

Batang semu pisang yang memiliki kandungan selulosa tinggi mampu dikonversi menjadi karbon aktif dengan menggunakan suhu karbonisasi 400°C serta aktivator H_2SO_4 dan NaCl . Kenaikan konsentrasi aktivator disebabkan oleh penyumbatan bukaan pori pada permukaan karbon aktif. Aktivator NaCl menghasilkan bilangan iodin yang lebih besar dibandingkan dengan aktivator H_2SO_4 sebab NaCl hanya mampu mengikat tar yang masih menempel di permukaan karbon aktif dan tidak membentuk gugus fungsi yang baru. Rendahnya bilangan iodin pada H_2SO_4 akibat aktivator tersebut mampu membentuk gugus fungsi baru sehingga luas pori pada karbon aktif teridentifikasi menjadi lebih kecil.

Kemampuan penjerapan Fe terbaik dihasilkan dari karbon aktif yang teraktivasi dengan H_2SO_4 . Hal ini membuktikan pembentukan gugus fungsi berbasis sulfur berhasil dilakukan. Proses adsorpsi dengan karbon aktif yang teraktivasi H_2SO_4 mampu menyerap 69,08% Fe dalam air tanah yang memiliki konsentrasi 2,84 ppm menjadi 0,544 ppm. Karbon aktif berbasis selulosa ini masih kalah bersaing dengan karbon aktif berbasis lignin. Hasil bilangan iodin yang dihasilkan masih jauh dari standar nasional Indonesia (SNI) sebesar 750 mg/g dan penjerapan Fe belum mampu mencapai standar baku mutu kelas 1.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Institut Teknologi Kalimantan (LPPM ITK) yang telah membantu penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR NOTASI

C_s : Konsentrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, N
 V_b : Volume titrasi I_2 dan karbon aktif, mL
 V_s : Volume titrasi larutan I_2 blanko, mL
 m_{ac} : massa karbon aktif, gram

DAFTAR PUSTAKA

Aisyah, S., Alimuddin, & Sitorus, S. (2019). Limbah

Batang Pisang (*Musa paradisiaca* L.) terhadap Benzena, 90–95.

Asasian Kolar, N., Sharifian, S., & Kaghazchi, T. (2019). Investigation of Sulfuric Acid-Treated Activated Carbon Properties. *Turkish Journal of Chemistry*, 43(2), 663–675.

ASTM D4607-94(2011), Standard Test Method for Determination of Iodine Number of Activated Carbon, ASTM International, West Conshohocken, PA.

Badan Standarisasi Nasional. (1995). SNI 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis.

Asasian, N., & Kaghazchi, T. (2012). Comparison of Dimethyl Disulfide and Carbon Disulfide in Sulfurization of Activated Carbons for Producing Mercury Adsorbents. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 51(37), 12046–12057.

Demirbaş, A. (2001). Carbonization Ranking of Selected Biomass for Charcoal, Liquid and Gaseous Products. *Energy Conversion and Management*, 42(10), 1229–1238.

Dzigbor, A., & Chimphango, A. (2019). Production and Optimization of NaCl -Activated Carbon from Mango Seed using Response Surface Methodology. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 9(2), 421–431.

Glover, T. G., Peterson, G. W., Decoste, J. B., & Browe, M. A. (2012). Adsorption of ammonia by sulfuric acid treated zirconium hydroxide. *Langmuir*, 28(28), 10478–10487.

Greenwood. (1968). Chemistry of Elements. *Sykepleien*.

Hartanto. (2010). Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(1), 12–16.

Ioannidou, O., & Zabaniotou, A. (2007). Agricultural Residues as Precursors for Activated Carbon Production—A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(9), 1966–2005.

Isahak, W. N. R. W., Hisham, M. W. M., & Yarmo, M. A. (2013). Highly Porous Carbon Materials from Biomass by Chemical and Carbonization Method: A Comparison Study. *Journal of Chemistry*, 2013(1).

Kim, K. H. H., & Shin, C. S. (2001). Adsorption of Ammonia on the Sulfuric Acid Treated ACF, 2(2), 109–112.

Maneechakr, P., & Karnjanakom, S. (2019). Environmental Surface Chemistries and Adsorption Behaviors of Metal Cations (Fe^{3+} , Fe^{2+} , Ca^{2+} and

Zn²⁺) on Manganese Dioxide-Modified Green Biochar. *RSC Advances*, 9(42), 24074–24086.

Manocha, S. M. (2003). Porous Carbons. *Sadhana - Academy Proceedings in Engineering Sciences*, 28(1–2), 335–348.

Mohapatra, D., Mishra, S., & Sutar, N. (2010). Banana and Its By-Product Utilisation: An Overview. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 69(5), 323–329.

Mu'jizah, S. (2010). *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Biji kelor (Moringa oleifera, Lamk) dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif*. Universitas Islam Negeri.

Mulyati, T. A. (2018). Preparasi Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Limbah Ampas Tebu Menggunakan Aktivator KOH. *Indonesian Chemistry and Application Journal*, 1(2), 61.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82. (2001). *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta.

Permatasari, A. R., Khasanah, L. U., & Widowati, E. (2014). Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Singkong (Manihot utilissima) dengan Variasi Jenis Aktivator. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, VII(2), 70–75.