

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2022.01.FA.02

PENGARUH KALSINASI TERHADAP PEMBENTUKAN POROSITAS ARANG AKTIF DARI LIMBAH ECENG GONDOK

Otong Nurhilal, Quadrant Barokatus Salam, Sahrul Hidayat, Risdiana

Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran

Email: otong,nurhilal@phys.unpad.ac.id

Abstrak

Eceng gondok telah digunakan sebagai prekursor arang aktif dengan aktivator H_3PO_4 , KOH dan $ZnCl_2$. Setelah proses aktivasi sampel arang aktif diberikan perlakuan tanpa kalsinasi dan kalsinasi pada temperatur 800 °C selama satu jam pada suasana gas Ar. Masing-masing sampel arang aktif diuji dengan absorpsi N_2 pada 77 K untuk mengetahui luas permukaan spesifik, volume total spesifik pori dan jari-jari pori yang terbentuk. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa kalsinasi memberikan pengaruh sangat signifikan terhadap sifat-sifat arang aktif. Kalsinasi arang aktif dengan aktivator KOH memberikan pengaruh yang paling besar terhadap sifat arang aktif dibandingkan dengan aktivator yang lainnya. Arang aktif dengan aktivator KOH yang dikalsinasi memiliki luas permukaan spesifik 365,62 m^2/g , volume total spesifik pori 0,42 cm^3/g dan radius pori 2,28 nm.

Kata-kata kunci: eceng gondok, arang aktif, karbonisasi, aktivator, kalsinasi

Abstract

Water hyacinth has been used as a precursor for activated charcoal with H_3PO_4 , KOH and $ZnCl_2$ activators. After the activation process, the activated charcoal samples were treated without calcination and calcination at a temperature of 800 °C for one hour in an Ar gas atmosphere. Each sample of activated charcoal was characterized by N_2 absorption at 77 K to determine the specific surface area, specific total pore volume and pore radius formed. From the test results, it was found that the calcination had a very significant effect on the properties of activated charcoal. Calcination of activated charcoal with KOH activator has the greatest effect on the properties of activated charcoal compared to other activators. Activated charcoal with KOH activator which was calcined had a specific surface area of 365.62 m^2/g , a specific total pore volume of 0.42 cm^3/g and a pore radius of 2.28 nm.

Keywords: water hyacinth, activated charcoal, carbonization, activator, calcination.

PENDAHULUAN

Eceng Gondok (EG) adalah tanaman air terapung bebas yang terkenal dengan kemampuan produksinya dan menghilangkan polutan dari air. Ia mampu tumbuh dengan cepat hingga kepadatan yang sangat tinggi (lebih dari 60 kg/m^2); ini berarti penyumbatan badan air dapat terjadi, yang pada gilirannya dapat memiliki efek yang tidak menguntungkan pada lingkungan, kesehatan manusia dan pembangunan ekonomi [1]. Dampak negatif dari tanaman EG ini bisa dikurangi dengan pemanfaatan EG sebagai bahan dasar pembuatan arang aktif. Potensi EG sebagai bahan arang aktif ini dikarenakan EG memiliki komponen bio-kimia 31,5% Selulosa, 20,8% Hemiselulosa dan 21,3% Lignin [2].

Arang aktif adalah material karbon yang memiliki struktur pori yang kompleks, luas permukaan yang tinggi, dan memiliki stabilitas kimia. Dengan sifat-sifat ini arang aktif banyak digunakan untuk adsorben, penyimpanan energi dan katalis.

Metode pembuatan arang aktif akan berpengaruh terhadap karakteristik arang aktif. Ada dua metode yang paling umum digunakan dalam pembuatan arang aktif yaitu metode fisika dan kimia. Pada metode fisika pembuatan arang aktif melibatkan temperatur tinggi (800-1000 °C), sedangkan pada metode kimia melibatkan aktivator kimia berupa aktivator asam, basa dan garam seperti asam pospat (H_3PO_4), potasium hidroksida (KOH) dan seng klorida ($ZnCl_2$). Fitur umum dari semua zat yang digunakan di proses aktivasi kimiawi adalah agen dehidrasi yang mempengaruhi dekomposisi pirolitik dan menghambat pembentukan tar, sehingga meningkatkan hasil karbon, mempengaruhi pirolisis pada precursor dan mendorong pelepasan zat terbang melalui aromatisasi [3]. Namun demikian ketiga aktivator tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing.

H_3PO_4 dan $ZnCl_2$ digunakan untuk aktivasi bahan lignoselulosa yang belum dikarbonisasi sebelumnya; sedangkan senyawa logam seperti KOH digunakan untuk aktivasi prekursor batubara atau arang. Jika dibandingkan dengan $ZnCl_2$, H_3PO_4 adalah yang paling banyak dipilih karena tidak merugikan lingkungan. Berbeda dengan $ZnCl_2$ yang menyebabkan korosi dan tidak bisa digunakan di farmasi dan industri makanan karena bisa mencemari produk. Sementara itu kalium hidroksida dalam pembuatan arang aktif mampu mengembangkan mikroporositas besar, namun hasil karbon aktif yang direndam dengan kalium hidroksida lebih rendah dari yang direndam dengan seng klorida atau fosfat asam, dan pada temperatur tinggi, yaitu $> \pm 650$ °C, kandungan atom karbonnya lebih sedikit dari kadar karbon terikatnya di prekursor awal. Kehadiran logam kalium akan berinterkalasi ke matriks karbon, menghasilkan hasil karbon aktif yang lebih rendah, lebih sedikit dari karbon yang ada pada bahan bakunya. [4]

Kualitas arang aktif sangat bergantung pada kandungan karbon terikat bahan setelah dikarbonisasi pada temperatur tertentu. Selain itu kualitas arang aktif bergantung pada proses aktivasi dan bahan aktivator yang digunakan. Keberadaan aktivator dalam pembuatan arang aktif selain berfungsi untuk membuka pori-pori baru, juga bisa menyebabkan tertutupnya pori oleh sisa-sisa aktivator yang tidak bereaksi dengan arang selama proses aktivasi. Untuk membuang sisa-sisa aktivator tersebut diperlukan proses pemanasan atau kalsinasi pada temperatur tertentu yang tidak merusak struktur arang aktif yang telah terbentuk. Masing-masing aktivator akan teruapkan pada temperatur kalsinasi yang berbeda-beda bergantung pada temperatur titik leleh aktivator [5].

Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan arang aktif dari EG dengan temperatur karbonisasi 400 °C dan diaktivasi dengan tiga aktivator H_3PO_4 , KOH dan $ZnCl_2$. Dari precursor arang aktif yang diperoleh akan diberikan perlakuan kalsinasi pada temperatur 800 °C selama satu jam dengan *tube furnace* pada suasana gas Ar dan perlakuan tanpa kalsinasi.

METODOLOGI

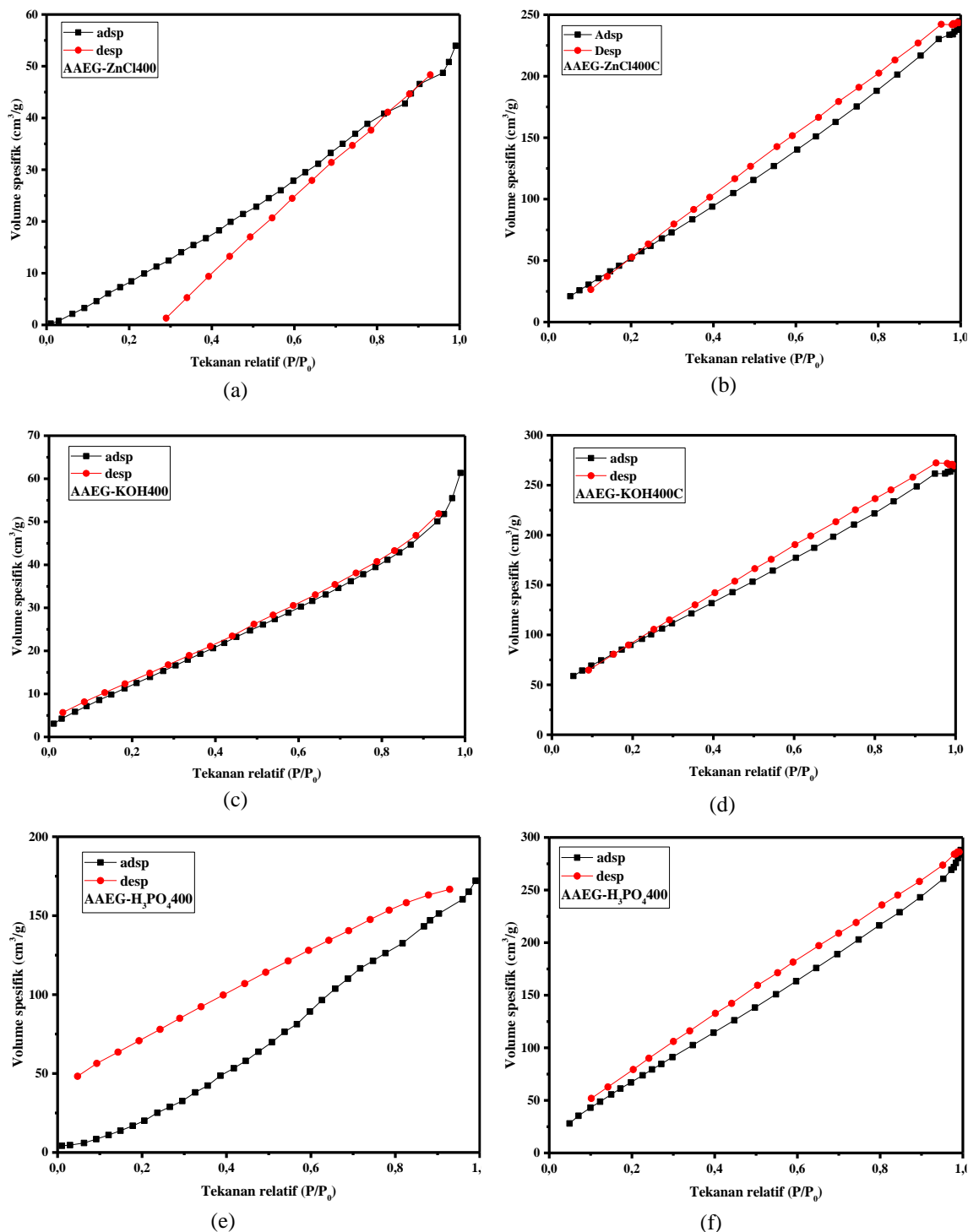
Sebelum dibuat menjadi arang, EG dikeringkan di bawah matahari selama 4-5 hari. EG kering dilembutkan dengan blender kemudian dikarbonisasi dengan *Muffle Furnace* merk *Thermo Scientific* pada temperatur 400 °C selama satu jam. Arang hasil karbonisasi disaring menggunakan *mesh* 200. Uji proksimat dilakukan untuk mengetahui kandungan karbon terikat pada arang. Selanjutnya proses aktivasi dengan tiga jenis aktivator yaitu H_3PO_4 , KOH dan $ZnCl_2$ dengan konsentrasi masing-masing 30% dan rasio arang dan aktivator 1:3 yang direndam selama 24 jam pada temperatur kamar. Arang hasil aktivasi kemudian dicuci dengan aquades untuk aktivator $ZnCl_2$, 3M NaOH untuk aktivator H_3PO_4 dan HCL 3M untuk aktivator KOH, selanjutnya arang aktif disaring menggunakan kertas *Whattman* No.42 hingga pH netral. Arang aktif yang telah dicuci dan disaring selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada temperatur 110 °C selama 12 jam. Sebagian arang aktif selanjutnya dikalsinasi pada temperatur 800 °C selama 1 jam dalam suasana gas argon (Ar). Arang aktif di uji luas permukaan dan total volume porinya dengan adsorpsi isothermal gan N_2 pada temperatur 77 K.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biomassa yang ideal sebagai bahan arang aktif dengan struktur pori yang tinggi harus memiliki zat volatil yang tinggi [6]. Mengacu pada penelitian Soegiarto A.S dkk, hasil uji proksimat EG teradapat 11,70% kadar air, 67,27% kadar zat volatile, 2,29% kadar abu dan 18,74% kadar karbon terikat [7]. Dari data-data ini, EG berpotensi digunakan sebagai bahan baku arang aktif. Setelah dikarbonisasi pada temperature 400 C, hasil uji proksimat arang diperoleh 6,6% kadar air, 18,48% kadar zat volatile, 37,09% kadar abu dan 37,79% kadar karbon terikat [8]. Berdasarkan data uji proksimat, karbonisasi menghasilkan arang yang ideal untuk bahan arang aktif dikarenakan adanya peningkatan kadar abu dan kadar karbon terikat serta menurunkan kadar zat volatile [9]. Hasil uji isothermal gas N₂ pada temperatur 77 K untuk semua sampel arang aktif tanpa kalsinasi dan dengan kalsinasi ditampilkan pada GAMBAR 1.

Berdasarkan GAMBAR 1 kurva bawah (warna hitam) adalah kurva adsorpsi N₂ dan yang atas (warna merah) adalah kurva desorpsi. Kurva adsorpsi digunakan untuk menghitung luas permukaan spesifik dengan metode BET. Kurva adsorpsi menunjukkan perbandingan antara volume gas yang masuk kedalam pori-pori sampel dengan perubahan tekanan relatif (P/P₀) pada temperatur konstan. GAMBAR 1 (a,c dan e) adalah kurva adsorpsi-desorpsi untuk sampel yang tidak dikalsinasi. Ketiga sampel dengan masing-masing aktivator kurva adsorpsi-desorpsi yang berbeda. GAMBAR 1 (a) menunjukkan keanehan dimana banyaknya gas N₂ yang diserap lebih besar dari pada gas N₂ yang di keluarkan pada tekanan relative yang semakin kecil. Sedangkan GAMBAR 1 (c) kurva adsorpsi-desorpsi hampir berimpit selama perubahan tekanan relative. GAMBAR 1 (e) kebalikan dari GAMBAR 1 (a) dimana gas N₂ yang dilepaskan lebih banyak dari N₂ yang diserap selama perubahan tekanan relative. Dari ketiga gambar tersebut terlihat bahwa ketiga aktivator yang masih tersisa pada sampel memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pori yang terbentuk. Meskipun proses pencucian aktivator sudah dilakukan tetapi proses pengeringan sampel belum mampu membersihkan sisa aktivator yang ada.

Berbeda dengan GAMBAR 1 (b,d dan f) dimana sampel arang aktif telah dikalsinasi pada temperatur 800 °C selama 1 jam dibawah suasana gas Ar. Kurva adsorpsi-desorpsi dari ketiganya memberikan karakteristik yang sama selama perubahan tekanan relative. Hal ini menunjukkan bahwa kalsinasi pada temperatur tinggi telah menguapkan sisa-sisa aktivator pada arang aktif. Penyerapan gas N₂ semakin besar dengan kenaikan tekanan relatif (P/P₀) hampir mendekati linier.



GAMBAR 1. Kurva adsorpsi-desorpsi semua sampel arang teraktivasi. Gambar (a,c dan e) sampel tanpa kalsinasi dan gambar (b,d dan f) sampel dengan kalsinasi

Demikian pula untuk pelepasan N₂ menurun dengan menurunnya tekanan relative. Namun terdapat perbedaan kurva adsorpsi dan desorpsi dengan membentuk histerisis dari tekanan relative 0,2-0,9. Keadaan ini menggambarkan pori yang terbentuk pada arang aktif dominan berukuran mesopori (2-50 nm) dan sedikit berukuran makropori (diatas 50 nm). Perilaku adsorpsi pada mesopori berupa adsorpsi multilayer yang diikuti oleh kondensasi pori yang menggambarkan transisi

fase uap ke cairan, yang ditentukan oleh interaksi sampel dengan gas dan juga oleh interaksi antara molekul adsorbat pada keadaan terkondensasi. [10].

Hasil pengukuran luas permukaan spesifik, total volume pori dan radius pori dtampilkan pada TABEL 1.

TABEL 1. Luas permukaan spesifik, total volume pori dan radius pori untuk semua sampel

No	Sampel AA-EG	Luas Permukaan Spesifik (m ² /g)	Total Volume pori (cm ³ /g)	Radius pori (nm)	Ket.
1	Arang 400	34,598	0,105	1,76	
2	ZnCl-400	104,32	0,083	1,64	Tanpa
3	KOH-400	62,53	0,094	3,04	kalsinasi
4	H ₃ PO ₄ -400	264,78	0,266	2,01	
5	ZnCl-400	297,76	0,378	2,54	Kalsinasi
6	KOH-400	365,62	0,417	2,28	800 °C
7	H ₃ PO ₄ -400	347,52	0,440	2,56	

Berdasarkan TABEL 1 untuk temperatur karbonisasi 400 °C dan proses aktivasi pada temperatur kamar dan tanpa kalsinasi, dihasilkan luas permukaan spesifik terbesar untuk aktivator H₃PO₄ dan terkecil untuk KOH. Menurut Hayashi dkk [11]. Temperatur karbonisasi memiliki pengaruh yang berbeda-beda terhadap aktivator. Untuk ZnCl₂ dan H₃PO₄ luas permukaan arang aktif optimum pada temperatur karbonisasi 600 °C dan KOH optimum pada temperatur karbonisasi 500 °C. Setelah diberi perlakuan kalsinasi pada temperatur 800 °C, untuk aktivator H₃PO₄, ZnCl₂ dan KOH luas permukaan spesifik masing-masing naik 82,74 m²/g, 193,44 m²/g dan 303,09 m²/g. Luas permukaan spesifik arang aktif meningkat setelah dikalsinasi. Pengaruh temperatur kalsinasi sangat kecil terhadap peningkatan luas permukaan untuk H₃PO₄ dan sangat besar untuk KOH. Untuk aktivator KOH, temperatur kalsinasi berpengaruh terhadap reaksi antara KOH dengan karbon (C). Pada temperatur kalsinasi 600-800 °C KOH yang bereaksi dengan atom C akan menghasilkan logam potassium yang berperan pada pembentukan jaringan pori. Sedangkan reaksi antara atom C dan H₂O dan CO₂ pada proses aktivasi secara fisika berpengaruh terhadap pengembangan porositas pada karbon. Pengaruh temperatur kalsinasi untuk aktivator ZnCl₂ adalah proses dehidrasi pada temperatur dibawah 600 °C. [12].

SIMPULAN

Pemanfaatan limbah Eceng Gondok dalam bentuk arang aktif telah berhasil dibuat melalui perlakuan karbonisasi, variasi aktivator dan kalsinasi. Kalsinasi memiliki pengaruh yang besar terhadap sifat-sifat arang aktif. Temperatur kalsinasi yang optimal akan memberikan pengaruh terhadap reaksi aktivator dengan atom karbon. Untuk aktivator KOH, kalsinasi berpengaruh terhadap reaksi antara aktivator dengan atom C untuk menghasilkan logam potassium. Sifat arang aktif dengan aktivator KOH setelah perlakuan kalsinasi menghasilkan luas permukaan spesifik 365,62 m²/g, total volume pori 0,417 cm³/g dan radius pori 2,28 nm. Hasil ini lebih baik dibandingkan dengan jenis aktivator H₃PO₄ dan ZnCl₂.

REFERENSI

- [1] Raveendran Sindhu *et al.*, "Water hyacinth a potential source for value addition: An overview," *Bioresource Technology*, vol. 230, pp. 152-162, 2017.
- [2] Kiplangat Rop *et al.*, "Biodegradable water hyacinth cellulose-graft-poly (ammonium acrylate-co-acrylic acid) polymer hydrogel for potential agricultural application," *Heliyon*, vol. 5, no. 3, e01416, 2019.
- [3] Mohd. Adib Yahya, Z. Al - Qodah, C. W. Zanariah Ngah, "Agricultural bio-waste materials as potential sustainable precursors used for activated carbon production: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 46, pp. 218-235, 2015.

- [4] Devarly Prahast *et al.*, “Activated carbon from jackfruit peel waste by H₃PO₄ chemical activation: Pore structure and surface chemistry characterization,” *Chemical Engineering Journal*, vol. 140, pp. 32-42, 2008.
- [5] Norhusna Mohamad Nor *et al.*, “Synthesis of activated carbon from lignocellulosic biomass and its applications in air pollution control-a review,” *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 1, pp. 658-666, 2013.
- [6] Williams, T. Paul, A. R. Reed, “Pre-formed activated carbon matting derived from the pyrolysis of biomass natural fibre textilewaste,” *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 70, no. 2, pp. 563-577, 2003.
- [7] Soegiarto Adi Soenjaya *et al.*, “Preparation of carbon fiber from water hyacinth liquid tar,” *International Journal of Industrial Chemistry*, vol. 6, no. 1, pp. 1-7, 2015.
- [8] O. Nurhilal *et al.*, “Synthesis of high quality porous carbon from Water Hyacinth,” *Key Engineering Materials*, vol. 860, pp. 173-177, 2020.
- [9] O. Ioannidou, A. Zabaniotou, “Agricultural residues as precursors for activated carbon production - a review,” *Renewable and sustainable energy reviews*, vol. 11, no. 9, pp. 1966-2005, 2007.
- [10] Francisco Sotomayor, A. Katie Cychosz, Matthias Thommes, “Characterization of Micro/Mesoporous Materials by Physisorption: Concepts and Case Studies,” *Acc. Mater. Surf. Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 34-50, 2018.
- [11] J. Hayashi *et al.*, “Preparation of activated carbon from lignin by chemical activation,” *Carbon*, vol. 38, no. 13, pp. 1873-1878, 2000.
- [12] Zan Gao *et al.*, “Biomass-derived renewable carbon materials for electrochemical energy storage,” *Materials Research Letters*, vol. 5, no. 2, pp. 69-88, 2017.