

Karakterisasi Karbon Aktif Dari Tempurung Buah Bintaro (*Cerbera manghas*) Dengan Aktivator H_3PO_4

Characterization Of Activated Carbon From Bintaro (*Cerbera manghas*) Fruits Shells Using H_3PO_4 As An Activator

Ipam Ramadiansyah dan Siti Tjahjani *

Departement of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
State University of Surabaya

Jl. Ketintang Surabaya (60231), telp 031-8298761

*Corresponding author, telp: 081216211561, email: siti_tjahjani@yahoo.com

Abstrak.

Tempurung buah bintaro merupakan limbah biomassa dengan ketersediaan melimpah. Tempurung dari buah bintaro (*Cerbera manghas*) dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif. Karbon aktif terdiri dari 87%-97% karbon sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain. Aktivasi dalam proses pembuatan karbon aktif bertujuan untuk membuka dan memperbesar luas permukaan karbon. aktivator menggunakan asam kuat yaitu asam fosfat (H_3PO_4). Sebagai indikator kualitas karbon aktif dilakukan sesuai dengan karakteristik Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995. Hasil penelitian menunjukkan karbon aktif tempurung buah bintaro terbaik menggunakan aktivator H_3PO_4 11% yang sesuai dengan karakteristik Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995. Hasil karakteristik mulai dari kadar air 0,39%, kadar abu 0,30%, kadar zat menguap 6,98%, kadar karbon terikat 93,12%, daya serap iodium 818,65 mg/g, dan daya serap benzene 2,31%. Sifat kimia dari karbon aktif dilakukan analisis gugus fungsi menggunakan FTIR untuk melihat panjang gelombang gugus fungsi karbon aktif, terlihat pita serapan gugus P=O sekitar gelombang 1710 cm^{-1} ini aktivator asam fosfat (H_3PO_4). Sifat fisik dari karbon aktif melihat morfologi menggunakan SEM untuk melihat diameter karbon aktif, hasil minimum $2,664\text{ }\mu\text{m}$ dan maksimum $22,20\text{ }\mu\text{m}$.

Kata Kunci : buah bintaro, karbon aktif, H_3PO_4 , karakteristik

Abstract.

Bintaro fruit shells are biomass waste with abundant availability. The shell of bintaro fruit (*Cerbera manghas*) can be utilized as activated carbon. Activated carbon consists of 87% -97% carbon, the rest are hydrogen, oxygen, sulfur, and nitrogen and other compounds. Activation in the activated carbon manufacturing process aims to open and enlarge the carbon surface area. Carbon activator in this research is strong acid such as phosphoric acid (H_3PO_4). As an indicator of the quality of activated carbon, the carbon that made are compared by the characteristics of Indonesian National Standard (SNI) 06-3730-1995. The results showed the best activated carbon used H_3PO_4 with the concentration 11% as an activator according to the characteristics of Indonesian National Standard (SNI) 06-3730-1995. Characteristic results of activated carbon are moisture content is 0.39%, ash content 0.30%, vapor content 6.98%, carbon bonded content 93.12%, iodine absorption 818.65 mg/g, and absorption of benzene 2.31%. The chemical properties of the activated carbon were analyzed by functional groups using FTIR. the results of the analysis show the absorption band of the P = O group is 1710 cm^{-1} indicating the phosphoric acid (H_3PO_4) as the activator. The physical properties of the activated carbon can be seen from the morphology and the diameter of the activated carbon by using SEM. The analysis results show the diameter on the activated carbon is at least $2,664\text{ }\mu\text{m}$ and a maximum of $22.20\text{ }\mu\text{m}$.

Keywords : bintaro fruit, activated carbon, H_3PO_4 , karakteristik

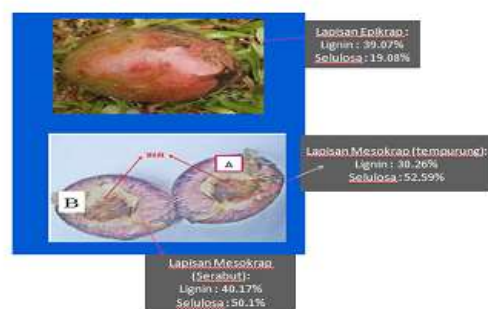
PENDAHULUAN

Karbon aktif terdiri dari 87%-97% karbon sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain yang terbentuk dari proses pembuatannya [5]. Karbon yang telah diaktivasi akan mengembang struktur pori menjadi karbon aktif. Karbon aktif tersusun oleh atom C pada setiap sudut, memiliki luas permukaan antara 300 m²/g hingga 3500 m²/g [3]. Pada karbon aktif ini memerlukan proses yang disebut aktivasi untuk mempercepat karbon jadi aktif.

Aktivasi dalam proses pembuatan karbon aktif bertujuan untuk membuka dan memperbesar luas permukaan karbon. Terdapat 2 metode aktivasi yaitu, aktivasi fisika dan kimia. Aktivasi fisika yaitu pengaktifan karbon menggunakan panas, uap, dan CO₂ dengan suhu tinggi dalam sistem tertutup tanpa udara sambil dialiri gas inert, berfungsi untuk memperbesar struktur rongga yang ada pada karbon sehingga memperluas permukaan [1]. Aktivasi kimia dilakukan dengan cara merendam karbon dalam larutan kimia, seperti ZnCl₂, KOH, HNO₃, dan H₃PO₄. Aktivator atau *activating agent* akan mengoksidasi karbon dan merusak permukaan bagian dalam karbon sehingga terbentuk pori dan meningkatkan daya adsorpsi [6]. Tempurung buah bintaro dapat dijadikan karbon aktif karena Rendemen tempurung dari buah bintaro memiliki 67,36%. Secara fisik, tempurung buah bintaro mirip dengan tempurung kelapa sawit.

Tempurung dari buah bintaro (*Cerbera manghas*) dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif. Tempurung ini mengandung lignoselulosa dan serat yang sifatnya hampir mirip dengan tempurung kelapa [7]. Buah bintaro memiliki 3 lapisan yaitu epikarp atau eksokarp (kulit bagian terluar buah), mesokarp (lapisan bagian tengah berupa serat dan tempurung), dan endokarp (biji yang dilapisi kulit biji atau testa). Menurut Feperta IPB, buah bintaro memiliki 8% biji dan 92% daging buah. Bijinya sendiri berbagai dalam cangkang 14% dan daging biji 86%. Buah bintaro mengandung 58,5% lignin dan 41,8%

selulosa yang berpotensi sebagai bahan baku karbon aktif karena merupakan polimer kompleks yang tersusun atas karbon, hidrogen dan oksigen. Berdasarkan uji buah bintaro, diperoleh data bahwa ketiga lapisan yang mengandung lignin pada kulit (epikrap) sekitar 39,57%, pada serabut (mesokrap) sekitar 40,17%, dan pada tempurung (mesokrap) sekitar 30,25%, sedangkan selulosa pada kulit sekitar 19,08%, pada serabut sekitar 50,01% dan pada tempurung sekitar 52,59% [7].



Gambar 1. Bagian buah bintaro [7].

Kualitas karbon aktif yang baik harus memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 berdasarkan kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon terikat, daya serap terhadap iodium, dan daya serap terhadap benzene. Karbon aktif yang telah memenuhi (SNI) 06-3730-1995 selanjutnya diuji menggunakan alat instrumen kimia yaitu FT-IR, dan SEM. Alat instrumen memiliki beberapa fungsi yaitu FT-IR untuk melihat gugus karbon aktif. SEM untuk melihat luas permukaan karbon aktif.

METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah furnace, ayakan (60 mesh), oven, neraca analitik, sentrifuge, kertas saring, peralatan gelas yang umum digunakan di laboratorium tempurung buah bintaro, H₃PO₄, amilum, benzene, natrium tiosulfat, dan aquades.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini melewati beberapa proses yaitu dehidrasi, karbonisasi, aktivasi karakterisasi, uji FTIR dan uji SEM.

a. Dehidrasi

Proses dehidrasi Tempurung buah bintaro yang digunakan dihancurkan kecil-kecil dan dibersihkan terlebih dahulu. Kemudian dilakukan pretreatment fisik melalui pengeringan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 6 jam.

b. Karbonasi

Proses karbonisasi Tempurung buah bintaro yang telah kering kemudian dikarbonasi dalam furnace selama 2 jam pada suhu 400°C. Setelah 2 jam karbon didinginkan dan dihaluskan dengan mortal dan alu hingga diperoleh serbuk buah bintaro. Kemudian serbuk buah bintaro diayak dengan ayakan 60 mesh.

c. Aktivasi

Pada proses aktivasi ini memerlukan Sebanyak 10 gram serbuk karbon ditambahkan dengan aktivator H₃PO₄ konsentrasi masing-masing 7%, 9% dan 11% perbandingan 1:5 dimasukkan dalam gelas kimia sampai seluruh karbon terendam, dibiarkan selama 24 jam. Kemudian karbon dicuci dengan aquades hingga pH netral. Dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam.

d. Karakterisasi

Karakterisasi ini meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon terikat, daya serap iodium dan daya serap benzene dijelaskan dibawa tersebut :

1. Kadar Air

Karbon aktif ditimbang secukupnya kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah dikeringkan. Dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam, kemudian didinginkan di dalam desikator dan ditimbang hingga beratnya konstan. Setelah itu dihitung kadar airnya dalam persen (%).

2. Kadar Abu

Karbon aktif ditimbang secukupnya dan dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya. Kemudian karbon aktif diabukan di dalam furnace secara

perlahan, setelah semua karbon hilang nyala diperbesar pada suhu 800°C selama 2 jam. Apabila semua karbon telah menjadi abu, maka didinginkan di dalam desikator dan ditimbang hingga diperoleh berat konstan.

3. Kadar Zat Menguap

Karbon aktif ditimbang secukupnya dan dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya. Cawan dipanaskan pada suhu 950°C dalam furnace selama 10 menit. Setelah itu karbon didinginkan di dalam desikator dan ditimbang hingga berat konstan.

4. Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon murni pada karbon aktif diperoleh dari hasil pengurangan terhadap bagian yang hilang pada pemanasan 950°C (kadar volatile matter) dan kadar abu.

5. Daya Serap Iod

Karbon aktif ditimbang sebanyak 0,15 gr dan dicampurkan ke dalam 15 ml larutan Iodium 0,1 N, Kemudian dikocok selama 15 menit dan disentrifuge sampai karbon aktif turun. Larutan diambil 5 ml untuk dititrasikan dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N apabila warna kuning pada larutan mulai samar, ditambahkan larutan amilum 1 % ke dalam larutan tersebut sebagai indikator. Dititrasikan kembali hingga warna biru tua larutan menjadi bening atau tidak berwarna. Setelah itu dihitung iod yang teradsorpsi oleh karbon aktif dan ditentukan karbon aktif yang memiliki kondisi aktivasi terbaik.

6. Daya Serap Benzene

Karbon aktif ditimbang sebanyak 1 gram kemudian dimasukkan ke dalam desikator yang telah dijenuhkan dengan benzene selama 24 jam. Setelah itu karbon aktif dihitung beratnya kembali dan ditentukan daya serap terhadap benzene.

e. FTIR

Analisis gugus fungsi karbon aktif yang telah dicrosslink dilakukan dengan menggunakan instrumen FTIR. Sampel yang akan dianalisis masing-masing dicampur dengan 250 mg KBr kering untuk dibuat pelet kemudian dianalisis menggunakan FTIR.

f. SEM

Karbon aktif diletakkan di bawah mikroskop elektron dengan perbesaran 100 sampai 5000X dan diatur sedemikian rupa sehingga terlihat gambar yang jelas. Karbon aktif difoto dengan kamera digital melalui mikroskop.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Dehidrasi

Hasil dari proses dehidrasi Buah bintaro yang bentuknya bulat akan dibelah menjadi 2 bagian terdapat biji dan tempurung buah bintaro. Pada tempurung buah bintaro akan didehidrasi menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 6 jam. Bertujuan untuk menghilangkan kadar air pada tempurung buah bintaro.



Gambar 2. Proses Dehidrasi Selama 6 Jam Dengan Suhu 100 °C

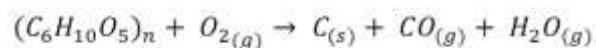
b. Karbonasi

karbonasi menggunakan tanur dengan suhu 400°C selama 2 jam dilakukan untuk mendapatkan karbon. Tempurung buah bintaro sebelumnya berwarna kecoklatan berubah mejadi warna hitam. Hasil karbonisasi tempurung buah bintaro dapat disajikan pada gambar 2.



Gambar 3. Proses Karbonisasi Dengan Suhu 400°C Selama 2 Jam.

Karbonisasi merupakan proses pembakaran yang mengubah bahan organik menjadi karbon dengan reaksi berikut.



Menurut fessenden (1982) pembakaran sempurna adalah proses pembakaran dengan persediaan oksigen terbatas yang menghasilkan gas CO dan karbon dalam bentuk arang. Karbonisasi terdiri dari 4 tahap yaitu penguapan air, penguraian selulosa, penguraian lignin, dan permurnian karbon. menurut maneechaker (2014) karbonasi cangkang buah bintaro terbaik adalah suhu 500°C selama 1 jam, namun setelah dilakukan pra-penelitian pada suhu tersebut didapatkan hasil padatan hitam, abu dan cairan warna hitam. Karbon yang dihasilkan dari proses karbonisasi dengan suhu 400°C selama 2 jam yaitu berwarna hitam dengan hasil rendemen dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Proses Karbonisasi Dengan Suhu 400°C Selama 2 Jam.

Massa bahan awal (gram)	Massa karbon yang dihasilkan (gram)	Rendemen karbon (%)
215,4039	49,2534	22,8 %
294,9227	82,1430	27,8 %
186,7509	47,0928	25,2 %
Rata-rata		25,26 %

Berdasarkan tabel 4.1 didapatkan rata-rata rendeman karbon sebesar 25,26 % nilai tersebut jumlah karbon yang dihasilkan setelah proses karbonisasi. Banyak Karbon yang dihasilkan ditentukan oleh komposisi bahan baku, waktu dan suhu karbonasi.

c. Aktivasi

Pada tahap aktivasi ini menggunakan bahan asam kuat yaitu H₃PO₄ (asam fosfat) dengan konsentrasi aktivator 7%, 9%, dan 11%. Pemilihan variasi aktivator ini dilihat dari hasil

karakteristik penelitian sebelumnya. Pembuatan karbon aktif mulai dari karbon yang diaktivator H_3PO_4 dengan konsentrasi 7%, 9%, dan 11%, selanjutnya direndam selama 24 jam. Dilanjutkan pencucian menggunakan aqua DM sampai pH dari karbon aktif netral, setelah itu di karbon aktif dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $105^\circ C$ selama 24 jam agar sisa air menguap. Tahap aktivasi ini dilakukan dengan bertujuan untuk membuat volume pori-pori karbon yang terbuka semakin besar pori sehingga daya serap yang dihasilkan lebih baik.

d. Karakterisasi

Karakteristik karbon aktif tempurung buah bintaro dilakukan untuk mengetahui kualitas yang akan dibandingkan dengan SNI 06-3730-1995 meliputi sifat fisika dan kimia. Hasil karakteristik disajikan pada table 2.

Tabel 2. Hasil Karakteristik Karbon Aktif

Parameter	SNI	Karbon	Karbon aktif tempurung buah bintaro		
			7%	9%	11%
Kadar air	Maks. 15%	1,31%	0,13%	0,57%	0,39%
Kadar abu	Maks. 10%	2,6%	0,47%	0,63%	0,30%
Kadar zat menguap	Maks. 25%	6,50%	5,25%	6,58%	6,98%
Kadar karbon terikat	Min. 65%	90,89%	94,27%	93,12%	93,12%
Daya serap iodium	Min. 750 mg/g	443,44 mg/g	545,77 mg/g	716,32 mg/g	818,65 mg/g
Daya serap benzene	Min. 25%	0,63%	1%	3,36%	2,31%

1. Kadar Air

Penentuan Kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis karbon aktif. Kadar air tempurung buah bintaro sebesar 0,13% dimiliki oleh karbon aktif 7%, nilai tersebut telah memenuhi persyaratan SNI 06-3730-1995 maksimal 15%. Uji kadar air adanya proses pemanasan itu menyebabkan penurunan kadar air pada karbon.

2. Kadar Abu

Penentuan Kadar abu pada karbon aktif bertujuan untuk mengetahui kandungan mineral. Kadar abu tempurung buah bintaro adalah sebesar 0,30% dimiliki oleh karbon aktif 11%, nilai tersebut telah memenuhi persyaratan SNI 06-3730-1995 maksimal 10%. Semakin besar kadar abu maka daya serap pada karbon aktif akan turun, karena semakin banyak pori yang tertutupi dengan mineral.

3. Kadar Zat Menguap

Penentuan Kadar zat menguap pada karbon aktif bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa volatile. Kadar zat menguap karbon aktif tempurung buah bintaro adalah sebesar 5,25% dimiliki oleh karbon aktif 7%, nilai tersebut telah memenuhi persyaratan SNI 06-3730-1995 maksimal 25%. Semakin rendah kadar zat menguap maka baik untuk daya adsorpsi pada karbon aktif. Hal tersebut dikarenakan senyawa volatile banyak yang menguap sehingga pori-pori karbon terbuka.

4. Kadar Karbon Terikat

Penentuan Kadar karbon terikat pada karbon aktif bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa karbon setelah proses aktivasi. Kadar karbon terikat karbon aktif tempurung buah bintaro adalah sebesar 94,27% dimiliki oleh karbon aktif 7%, nilai tersebut telah memenuhi persyaratan SNI 06-3730-1995 maksimal 65%. Semakin tinggi kadar karbon terikat menunjukkan bahwa luas permukaan dan jumlah pori yang lebih banyak sehingga mempengaruhi daya serap gas atau cairan.

5. Daya Serap Iodium

Penentuan daya serap iodium pada karbon aktif bertujuan untuk mengetahui kemampuan daya serap adsorbat atau zat terlarut. Daya serap terhadap iodium karbon aktif dari hasil penelitian ini adalah sebesar 818,65 mg/g, dimiliki oleh karbon aktif 11%. Daya serap terhadap iodium pada karbon aktif tempurung buah bintaro telah memenuhi Standar Nasional

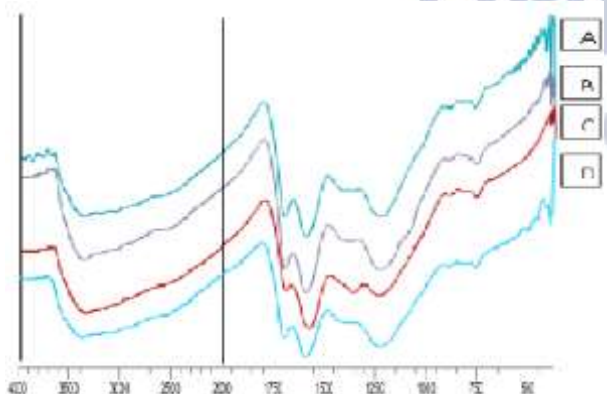
Indonesia adalah minium 750 mg/g. Parameter adsorpsi pada karbon aktif dapat dilihat dari daya serap iodium. Semakin besar daya serap terhadap iodium, maka semakin besar kemampuan dalam menyerap adsorbat. Karbon aktif dengan kemampuan menyerap iodinnya tinggi berarti memiliki luas permukaan yang lebih besar dan memiliki struktur mikro dan mesoporous yang lebih besar.

6. Daya Serap Benzene

Penentuan daya serap benzene pada karbon aktif bertujuan untuk mengetahui daya serap uap pada benzeneyang berbentuk gas. Daya serap benzene pada karbon aktif tempurung buah bintaro adalah sebesar 3,36% dimiliki oleh karbon aktif 9%, nilai tersebut tidak memenuhi persyaratan SNI 06-3730-1995 minimal 25%. Daya serap benzene menunjukkan kemampuan karbon aktif dalam menyerap gas dan senyawa non-polar. Rendahnya hasil daya serap benzene disebabkan karena karbon aktif menyerap senyawa polar.

e. FTIR

Penentuan gugus fungsi dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia serta gugus fungsi dari korban dan variasi karbon aktif mulai 7%, 9%, 11%. Analisis ini menggunakan alat spektrofotometer FTIR.

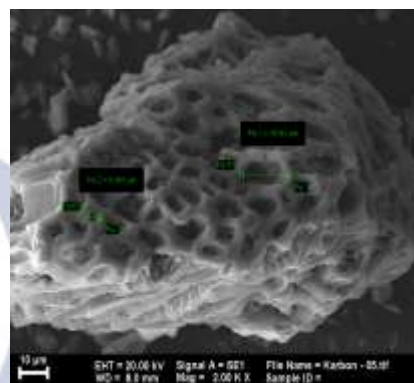


Gambar 4. spektra FTIR karbon aktif 9% (A) karbon aktif 7% (B) karbon tanpa aktivator (C) karbon aktif 11% (D).

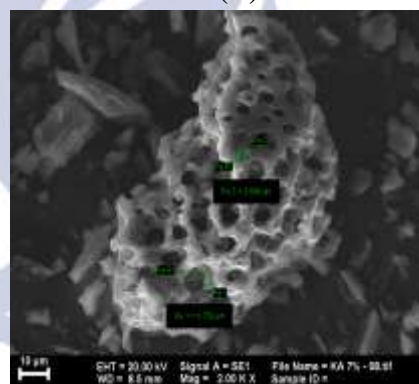
Hasil FTIR karbon aktif terbaik menunjukkan gugus fungsi yang sama yaitu O-

H, C-O, C=C dan C-H. Pada spektrum karbon aktif muncul pita serapan gugus P=O sekitar gelombang 1710 cm^{-1} . Gugus P=O akibat adanya aktivator yang menggunakan asam fosfat (H_3PO_4).

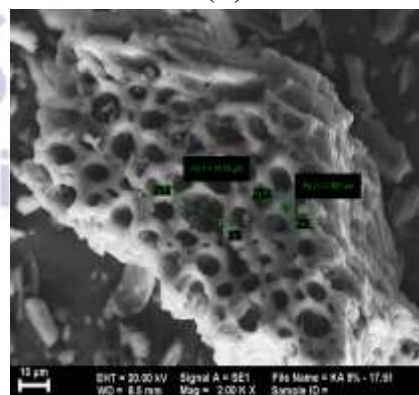
f. SEM



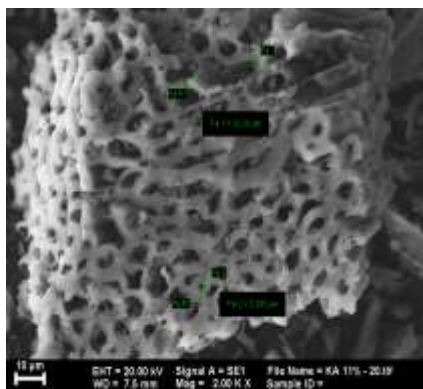
(A)



(B)



(C)



(D)

Gambar. 5. Ini Menunjukkan Ukuran Diameter Pori-Pori Karbon Min 4.401 μm Dan Mak 16.93 μm (A) Diameter Pori-Pori Karbon 7% Min 2.664 μm Dan Mak 8.759 μm (B) Diameter Pori-Pori Karbon 9% Min 4.567 μm Dan Mak 16.69 μm (C) Diameter Pori-Pori Karbon 11% Min 3.205 μm Dan Mak 22.20 μm (D)

Analisis SEM dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui morfologi permukaan karbon dan karbon aktif dengan konsentrasi 7%, 9%, 11%. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar permukaan suatu benda.

Pada gambar 4 adalah hasil dari SEM perbesaran 2000X ukuran diameter pori-pori karbon dengan konsentrasi 0%, 7%, 9% dan 11%. Pada karbon mempunyai pori-pori lebih sedikit dibandingkan dengan karbon aktif hal ini dikarenakan ada pengaruh terhadap aktivator. Ukuran diameter pori-pori karbon paling kecil 4,401 μm dan paling besar 16,93 μm kemudian karbon aktif paling kecil 2,664 μm dan paling besar 22,20 μm ini menunjukkan bahwa aktivator dapat mempengaruhi diameter dan pori-pori karbon.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan karakteristik karbon aktif tempurung buah bintaro menurut SNI 06-3730-1995 yang terbaik menggunakan aktivator

H_3PO_4 11%. Hasil karakteristik yaitu kadar air 0,39%, kadar abu 0,30%, kadar zat menguap 6,98%, kadar karbon terikat 93,12%, daya serap iodium 818,65 mg/g, dan daya serap benzene 2,31%.

2. Berdasarkan hasil instrumen yang menggunakan FTIR yaitu karbon aktif terbaik menunjukkan gugus fungsi yang sama yaitu O-H, C-O, C=C dan C-H. Pada spektrum karbon aktif muncul pita serapan gugus P=O sekitar gelombang 1710 cm^{-1} . Pada instrumen SEM ialah Pada saat dilihat menggunakan SEM diameter pori karbon dan karbon aktif dapat dihasilkan minimum 2,664 μm dan maksimum 22,20 μm , untuk pori-pori karbon dan karbon aktif semakin tinggi konsentrasi aktivator maka semakin banyak pori-pori pada karbon.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anggun, Sandi 2014. Pengaruh waktu menggunakan H_3PO_4 terhadap struktur dan ukuran pori karbon berbasis arang tempurung kemiri, Diploma Thesis, Universitas Andalas. Skripsi
2. Apriani suci, 2011. Analisa kandungan logam berat besi (fe) dan kromium (cr) pada sumur artesis dan sumur penduduk dengan menggunakan metode spektrofotometri serapan atom dikelurahan Rejosari kecamatan Tenayan Raya Kota Pekanbaru, Pekanbaru Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Skripsi
3. Chand bansal, Roop dan Meenakshi goyal. 2015. *Activated carbon adsorption*. Lewis Publisher, United States of America.
4. Day, R.A. Jr. and A.L. Underwood, 1998. *Kimia analisis kuantitatif*. Edisi Revisi, terjemahaan R. Soendoro dkk. Jakarta: Erlangga.
5. Fikri safi farhan, 2013. Pemanfaatan limbah padat proses sintesis pembuatan furfural sari sekam padi sebagai arang aktif, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya. *Unesa Journal of chemistry* Vol. 2, No. 3.
6. Fitria via, siti tjahjani. 2016. Pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari tempurung keluwek (pangium edule)

- dengan aktivator H_3PO_4 , *UNESA Journal of Chemistry* Vol.1 No. 2 ; 28-35
7. Hendra djeni, Wulanawati, Gustina, Wibisono, 2015. Pemanfaatan arang aktif cangkang buah bintaro (Cerbera manghas) sebagai adsorben pada peningkatan kualitas air minum, Departemen Kimia FMIPA Institut Pertanian Bogor. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Vol 33, No. 3, September 2015 : 181-191
 8. Kurnia, Siti Tjahjani. 2012. Karakterisasi piropilit teraktivasi asam sulfat dan penetapan titik jenuh adsorpsi asam lemak bebas dan bilangan piroksida. *UNESA Journal of Chemistry* Vol.1 No. 2 ;34-46

