

PENGARUH PENAMBAHAN AKTIVATOR $ZnCl_2$, KOH , DAN H_3PO_4 DALAM PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI PELEPAH AREN (*Arenga Pinnata*)

Marina Olivia Esterlita, Netti Herlina

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara,
Jl. Almamater Kampus USU Medan 20155, Indonesia

Email :liviaesterl@students.usu.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu karbonisasi dan agen aktivator dalam pembuatan karbon aktif, serta untuk mengetahui suhu optimal dan jenis aktivator terbaik. Bahan bakunya berupa lignoselulosa yaitu pelepah aren. Pelepah aren kemudian dibersihkan dan dipotong-potong, kemudian dipanaskan di dalam oven bersuhu $110^{\circ}C$ selama 1 jam, baru kemudian diimpregnasi dalam aktivator KOH , $ZnCl_2$, dan H_3PO_4 masing-masing dengan durasi 24 jam. Setelah itu, pelepah aren dipisahkan dari larutannya dan dipirolisis di furnace dengan suhu $400^{\circ}C$, $500^{\circ}C$, dan $600^{\circ}C$ selama 1 jam. Karbon yang dihasilkan dicuci dengan aquadest hingga netral, setelah itu dihitung rendemen arang, kadar air, dan kemampuan penyerapan terhadap larutan iodin. Rendemen tertinggi diperoleh pada karbon aktif yang diimpregnasi agen aktivator diperoleh pada karbon aktif yang diimpregnasi $ZnCl_2$ pada suhu $400^{\circ}C$ yaitu sebesar 82,04%. Kadar air pada karbon aktif yang terbaik yaitu diperoleh pada karbon aktif yang diimpregnasi dengan H_3PO_4 yaitu sebesar 6%. Karbon aktif yang memiliki bilangan penyerapan iodin terbesar juga didapat pada karbon aktif yang diaktivasi oleh H_3PO_4 dan dikarbonisasi pada suhu $500^{\circ}C$ yaitu sebesar 767,745 mg iodin/gram karbon aktif, nilai ini telah memenuhi SNI.

Kata kunci: karbon aktif pelepah aren, karbonisasi dan agen aktivator, nilai rendemen arang, kadar air, penyerapan iodin

Abstract

This research aimed to determine the effect of carbonization temperature and activator agent in making activated carbon, and also determine the optimum temperature, and best activator agent. The raw material used is kind of lignocellulosic like palm frond. The palm fronds cleaned and chopped, then it soaked in each activator solution include KOH , $ZnCl_2$, and H_3PO_4 at room temperature for 24 hours. After that, palm fronds carbonized in the furnace at a temperature of $400^{\circ}C$, $500^{\circ}C$, and $600^{\circ}C$ in 1 hour. Carbon washed by aquadest until its netral, after that calculated the yield of charcoal, moisture content, and absorption ability of the iodine solution. The highest yield obtained in the activated carbon which impregnated by $ZnCl_2$ at the temperature $400^{\circ}C$ which is 82,04%. The best water content of activated carbon obtained in the activated carbon impregnated by H_3PO_4 of 6% which is the lowest one. Activated carbon which has the largest number of iodine absorption was also obtained on the active carbon carbonized at a temperature of $500^{\circ}C$ and activated by H_3PO_4 which is 767.745 mg iodine / g of activated carbon, and the value is in compliance with SNI.

Key words: palm fronds activated carbon, carbonizations and activator agents, charcoal yield, moisture content, iodine adsorption

Pendahuluan

Karbon aktif merupakan karbon amorf dengan luas permukaan sekitar 300 sampai 2000 m^2/gr [1,2]. Luas permukaan yang sangat besar ini karena mempunyai struktur pori-pori, pori-pori inilah yang menyebabkan karbon aktif mempunyai kemampuan untuk menyerap. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-1000 % terhadap berat karbon aktif [13].

Kebutuhan Indonesia akan karbon aktif untuk bidang industri masih relatif tinggi disebabkan semakin meluasnya pemakaian karbon aktif pada sektor industri. Permintaan karbon aktif akan terus meningkat sebesar 9% per tahun sampai dengan 2014 dan konsumsi karbon aktif dunia tahun 2014 diperkirakan 1,7 juta ton per tahun [4].

Sangat disayangkan pemenuhan akan kebutuhan karbon aktif masih dilakukan dengan cara mengimpor. Padahal, jika meninjau sumber daya alam di Indonesia yang melimpah, maka sangatlah mungkin kebutuhan karbon aktif dapat dipenuhi dengan produksi dari dalam negeri yaitu dengan memanfaatkan sumber daya alam (SDA) yang tersedia di Indonesia terutama yang mengandung unsur karbon seperti misalnya tanaman aren (*Arenga pinnata*).

Penelitian-penelitian terdahulu tentang pembuatan karbon aktif belum ada yang memanfaatkan pelepah aren sebagai bahan baku. Penelitian yang sudah ada mengenai pembuatan karbon aktif dari bahan tanaman berjenis *Palmae* adalah pembuatan karbon aktif dari pelepah kelapa menggunakan aktivator HCl , $NaOH$, dan $NaCl$, disertai dengan variasi suhu aktivasi, konsentrasi

aktivator, dan lama waktu aktivasi [1]. Oleh sebab itu, untuk memperbanyak alternatif pembuatan karbon aktif, pada penelitian kali ini dibuat karbon aktif dari pelepah aren (*Arenga pinnata*) dengan aktivator kalium hidroksida (KOH), seng klorida ($ZnCl_2$), dan asam fosfat (H_3PO_4). Karbon aktif yang dihasilkan kemudian akan dianalisa kualitasnya dengan analisa kadar air, kadar abu, dan uji bilangan iodin.

Teori

Tanaman aren belum dibudidayakan secara maksimal dan sebagian besar diusahakan dengan menerapkan teknologi yang minim. Bagian dari tanaman aren yang masih jarang dimanfaatkan adalah pelepah aren. Pada penelitian Sangi, dkk (2012) pelepah aren dimanfaatkan tepungnya sebagai bahan pembuatan obat kulit di daerah Sulawesi Utara. Kandungan dari pelepah aren belum diketahui secara pasti. Namun, hasil uji fitokimia dari tepung pelepah aren hasil penelitian Sangi, dkk (2012) menunjukkan bahwa pelepah aren ternyata memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder yaitu alkaloid, triterpenoid, dan tanin [11]. Fakta ini mendukung proses pembuatan karbon aktif dari pelepah aren yang sudah tua atau yang sudah tidak produktif lagi.

Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan yang dimiliki oleh karbon aktif. Adsorpsivitas dari karbon aktif ditentukan oleh luas permukaan partikel yang juga dapat ditingkatkan jika terhadap karbon tersebut dilakukan aktivasi dengan aktivator bahan kimia (aktivasi kimia) ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi (aktivasi fisika).

Aktivasi secara kimiawi dalam pembuatan karbon aktif dengan menggunakan KOH, $ZnCl_2$, dan H_3PO_4 sudah sangat sering digunakan untuk menghasilkan karbon aktif yang memiliki permukaan yang luas untuk menyerap dan pori – pori yang besar.

Aktivator KOH didapatkan bekerja maksimal dalam kondisi operasi suhu 700-800 °C dengan lama waktu tinggal 1 jam dan perbandingan KOH :C sekitar 3 sampai 4 [3]. Namun, aktivator $ZnCl_2$ dapat menghasilkan karbon aktif yang memiliki mikropori maksimum pada kondisi operasi suhu < 500 °C dan dengan perbandingan berat $ZnCl_2$: C adalah 2:1 [7]. Sedangkan, aktivator H_3PO_4 dapat menghasilkan karbon aktif yang memiliki mikropori maksimum pada kondisi operasi suhu < 450 °C dengan perbandingan persen berat antara aktivator dengan sampel sekitar 29 – 52% [7].

Dalam penelitian ini pelepah aren yang akan digunakan terlebih dahulu dicuci dan dibersihkan,

lalu dipotong kecil – kecil (kurang lebih lolos ayakan 5 mesh). Pelepah aren ini kemudian diimpregnasi selama 24 jam dengan KOH, $ZnCl_2$, dan H_3PO_4 , ketiganya merupakan jenis aktivator kimia yang sering digunakan dalam pembuatan karbon aktif. Setelah itu mendapat perlakuan termal di dalam furnace dengan suhu 400 °C, 500 °C, dan 600 °C selama 1 jam. Karbon aktif yang telah dihasilkan pada berbagai suhu akan ditentukan kualitasnya melalui uji kadar air, uji kadar abu, rendemen, dan uji bilangan iodin. Hal ini dilakukan untuk menguji apakah karbon aktif yang dihasilkan sudah layak dan sesuai dengan standar mutu arang aktif yang berlaku di Indonesia.

Metodologi Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah pelepah aren yang telah dipotong – potong hingga berukuran kurang lebih 5 mesh, KOH, $ZnCl_2$, dan H_3PO_4 , iodin, natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) 1 N, *aquadest*, dan amilum. Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *furnace*, oven listrik, gelas ukur, buret, corong gelas, desikator, kertas saring Whatman, Neraca Digital, dan pH indikator.

Proses Persiapan Bahan Baku

Pelepah aren yang telah berukuran 5 mesh tersebut dicuci hingga bersih dari debu dan partikel pengotor lainnya kemudian dikeringkan dengan oven listrik suhu 110 °C selama 1 jam.

Proses Pembuatan Karbon Aktif

Pelepah aren ini diimpregnasi selama 24 jam dengan variasi larutan KOH (3:1), $ZnCl_2$ (2:1), dan H_3PO_4 (1M) masing – masing pada suhu kamar, kemudian dipirolisis dengan variasi suhu 400 °C, 500 °C, dan 600 °C masing - masing selama 1 jam. Karbon aktif hasil dari pirolisis kemudian didiamkan di dalam desikator selama 30 menit, lalu dicuci dengan *aquadest* hingga karbon aktif memiliki pH 7. Karbon aktif ini dikeringkan dalam oven bersuhu 110 °C selama 2 jam.

Analisa Rendemen Arang

Bahan baku sebelum dipirolisis dan bahan baku yang telah jadi diukur massanya masing – masing dan dihitung rendemennya dengan persamaan (1) sebagai berikut:

$$\text{Rendemen arang} = \frac{\text{berat arang}}{\text{berat bahan baku}} \times 100\% \dots (1)$$

Analisa Bilangan Iodin

Ditimbang 0,25 gram sampel karbon aktif lalu masukkan ke dalam erlenmeyer. Ditambahkan 25 ml larutan Iodin standar 0,1 N. Lalu campuran diaduk selama 15 menit. Setelah itu, dilakukan penyaringan. Kemudian sebanyak 10 ml filtrat dimasukkan ke dalam erlenmeyer lain. Filtrat dititrisasi dengan natrium tiosulfat 0,1 N hingga

menjadi berwarna kuning pucat. Lalu ditambahkan indikator larutan amilum 1% ke dalamnya dan teruskan titrasi hingga filtrat menjadi bening. Kemudian dicatat jumlah larutan peniter yang terpakai. Data yang diperoleh dihitung dengan persamaan (2) sebagai berikut:

$$IAN = \frac{10 - \left(\frac{B \times C}{D}\right) \times 12,693 \times 2,5}{(W)} \dots (2)$$

dimana:

IAN = Bilangan Iodin (mg Iodin / g karbon aktif)

B = Volume Natrium Tiosulfat yang terpakai saat titrasi karbon aktif (ml)

C = Normalitas Natrium Tiosulfat

D = Normalitas iodin

W = Massa karbon aktif (gram)

12,693 = Jumlah iodin yang sesuai dengan 1 ml larutan Na₂S₂O₃ 0,1 N

Analisa Kadar Air

Karbon aktif ditimbang seberat 1 gram dan dimasukkan ke dalam kurs porselin yang telah dikeringkan, setelah itu dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam, kemudian karbon aktif didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar air dapat dihitung dengan persamaan (3) sebagai berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots (3)$$

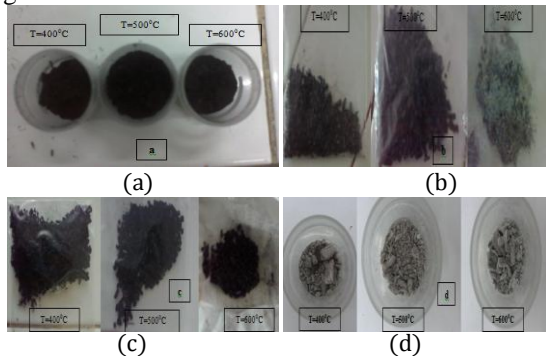
Dimana:

a = berat arang aktif mula-mula (gram)

b = berat arang aktif setelah dikeringkan (gram)

Hasil dan Pembahasan

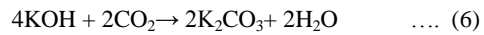
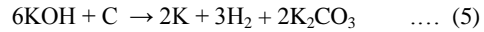
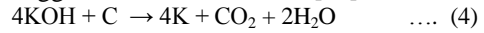
Hasil dari kajian ini dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Karbon Aktif Pelepah Aren : (a)dengan aktivator KOH; (a)dengan aktivator ZnCl₂; (a)dengan aktivator H₃PO₄; (d)tanpa aktivator

Pada gambar 1.a terlihat bahwa untuk semua perlakuan suhu karbonisasi hasil berupa padatan granular yang tidak begitu halus namun lebih halus daripada karbon aktif yang tidak diimpregnasi. Hal ini disebabkan karena adanya KOH sebagai agen aktivator yang menjaga agar sampel tidak terbakar dengan cara bereaksi dengan kandungan mineral dalam bahan baku sehingga

tidak terbentuk abu yang menyebabkan warna keabu – abuan [7,13]. Berikut merupakan reaksi kimia yang terjadi dalam proses pembuatan karbon aktif menggunakan aktivator KOH [16]:

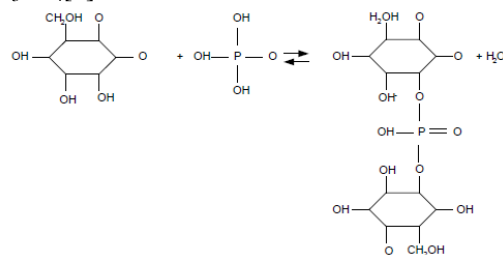


Bentuk dan warna karbon aktif pada berbagai variasi suhu pada gambar 1.b ini berbeda – beda. Pada suhu karbonisasi 400 °C dan 500 °C, karbon aktif yang dihasilkan masih berwarna hitam dan sebagian berbentuk serbuk halus namun sebagiannya lagi berbentuk seperti kerikil. Pada suhu karbonisasi 600 °C, karbon aktif yang dihasilkan sudah berwarna abu – abu kehitaman dan sebagian berbentuk serbuk halus namun sebagiannya lagi berbentuk seperti bongkahan yang rapuh.

Perbedaan warna pada hasil karbon aktif di atas disebabkan oleh kandungan abu yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya suhu karbonisasi. Kehadiran abu dapat disebabkan oleh kehadiran udara pada proses karbonisasi di dalam *furnace* [15] yang akhirnya menyebabkan teroksidasinya mineral dari bahan baku lebih lanjut.

Pada gambar 1.c tidak terdapat perbedaan bentuk maupun warna karbon aktif pelepah aren pada berbagai variasi suhu karbonisasi. Semuanya berwarna hitam dengan bentuk yang berupa bongkahan.

Sebagai agen aktivator, H₃PO₄ dapat menyerap kandungan mineral pada bahan yang akan dijadikan karbon aktif sehingga mencegah terbentuknya abu pada karbon aktif [11]. Berikut merupakan mekanisme pengaktifan arang dengan H₃PO₄[9].



Gambar 2. Mekanisme Pengaktifan Arang dengan H₃PO₄

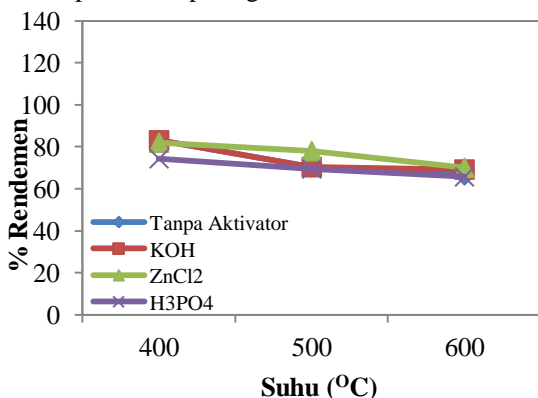
Dari gambar dapat disimpulkan bahwa aktivator H₃PO₄ bereaksi dengan arang yang sudah terbentuk kemudian membentuk mikropori pada permukaan arang. Mikropori pada permukaan berfungsi sebagai tempat berlangsungnya penyerapan. Hal ini semakin membuat permukaan penyerapan pada arang semakin luas.

Sebagai bahan perbandingan dibuat juga karbon aktif yang tidak diimpregnasi bahan kimia apapun, hasilnya dapat dilihat pada gambar 1.d. Diperoleh bahwa rata – rata hasil dari karbon aktif

pelepah aren tanpa impregnasi aktivator kimia memiliki warna yang cenderung tidak hitam melainkan abu – abu. Hal ini disebabkan oleh cukup besarnya kandungan abu yang terkandung pada karbon yang dihasilkan.

Pengaruh Jenis Aktivator dan Suhu Karbonisasi terhadap Rendemen Hasil Karbon Aktif Pelepah Aren

Hubungan antara jenis aktivator dan suhu karbonisasi terhadap hasil karbon aktif pelepah aren dapat dilihat pada gambar 3 berikut:



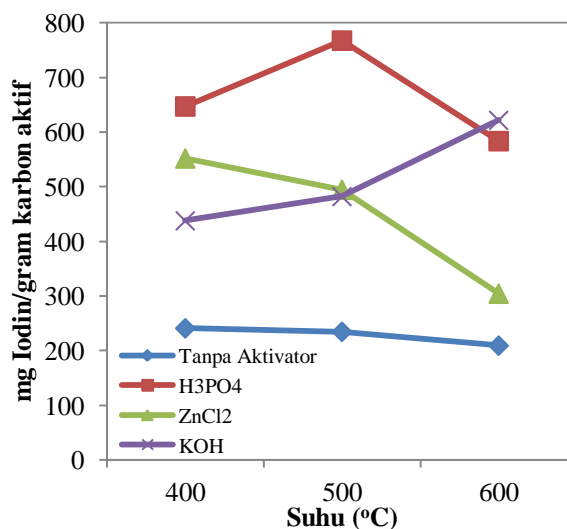
Gambar 3. Hubungan Jenis Aktivator dan Suhu Karbonisasi terhadap Rendemen Karbon Aktif Pelepah Aren

Pada gambar 3 terlihat bahwa menurunnya persen rendemen arang berbanding lurus dengan semakin meningkatnya suhu karbonisasi pada setiap jenis aktivator. Hal ini disebabkan oleh masih meningkatnya laju reaksi antara karbon dan gas-gas di dalam *furnace* dan makin banyaknya jumlah senyawa kadar zat menguap (*volatile matter*) yang terlepas [1].

Rendemen yang dihasilkan sangat baik pada proses pembuatan karbon aktif yang melibatkan impregnasi bahan kimia. Rendemen terbaik yaitu sebesar 82,04% diperoleh pada karbon aktif yang dihasilkan dengan aktivasi ZnCl₂ pada suhu karbonisasi 400°C. Hal ini menunjukkan bahwa sebagai agen aktivator, ZnCl₂ lebih cocok untuk menjaga panas pada proses pirolisis pelepah aren sehingga mencegah terjadinya proses oksidasi lebih lanjut terhadap karbon sehingga menghasilkan zat – zat yang tidak diinginkan seperti abu.

Pengaruh Jenis Aktivator dan Suhu Karbonisasi terhadap Bilangan Iodin Karbon Aktif Pelepah Aren

Kualitas dari karbon aktif pelepah aren ini diuji dengan kemampuannya dalam menyerap iodin.



Gambar 4. Hubungan Jenis Aktivator dan Suhu Karbonisasi terhadap Bilangan Iodin Karbon Aktif Pelepah Aren

Dari hasil pengujian luas permukaan dapat dilihat bahwa jenis agen aktivator dan suhu karbonisasi mempengaruhi luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan.

Berdasarkan grafik dapat dilihat bahwa semakin besar suhu karbonisasi, maka penyerapan bilangan iodin semakin menurun untuk karbon aktif pelepah aren tanpa impregnasi zat kimia. Bilangan iodin karbon aktif pelepah aren tertinggi yang diperoleh tanpa ada aktivasi kimia yaitu sebesar 241,11 mg iodin/ gram karbon dengan suhu karbonisasi 400°C.

Sedangkan untuk karbon aktif pelepah aren yang diaktivasi dengan KOH didapat bahwa semakin besarnya suhu karbonisasi maka semakin meningkat juga bilangan iodin yang diserap oleh karbon aktif yang diaktivasi menggunakan aktivator KOH ini. Bilangan iodin karbon aktif pelepah aren tertinggi dengan agen aktivator KOH yang diperoleh yaitu sebesar 621,81 mg iodin/ gram karbon dengan suhu karbonisasi 600°C. sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Leimkuehler (2010), yaitu bahwa aktivator KOH dapat bekerja maksimal pada suhu 700-800 °C dengan lama waktu tinggal 1 jam dan perbandingan KOH :C sekitar 3 sampai 4.

Hal ini tidak berlaku bagi karbon aktif pelepah aren yang diimpregnasi dengan ZnCl₂. Pada grafik dapat dilihat bahwa semakin besar suhu karbonisasi maka semakin menurunnya bilangan iodin pada karbon aktif yang diaktivasi dengan ZnCl₂. Bilangan iodin karbon aktif pelepah aren tertinggi dengan agen aktivator ZnCl₂ yang diperoleh yaitu sebesar 552,015 mg iodin/ gram karbon dengan suhu karbonisasi 400°C. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh rusaknya permukaan karbon yang terbentuk akibat

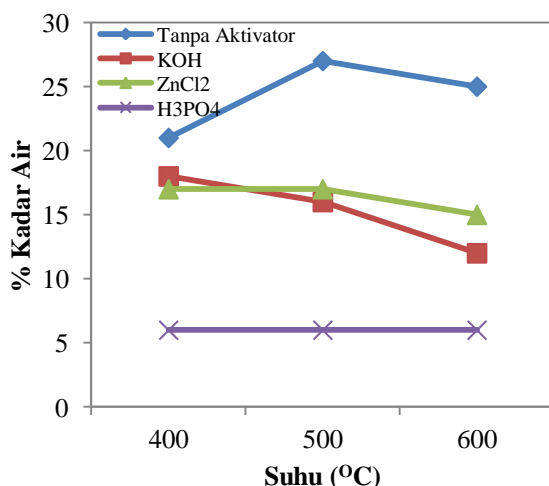
pemanasan pada suhu 500°C dan 600°C. Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan Marsh dan Reinoso, bahwa aktivator ZnCl₂ dapat menghasilkan karbon aktif yang memiliki mikropori maksimum pada kondisi operasi suhu < 500 °C dan dengan perbandingan berat ZnCl₂ : C adalah 2:1.

Pada garis grafik nilai bilangan iodin karbon aktif yang diimregnasi H₃PO₄ didapat garis grafik yang fluktuatif, yaitu terjadinya penurunan pada bilangan iodin dengan suhu aktivasi 600°C. Hal ini dapat disebabkan oleh mulai rusaknya permukaan arang pada suhu karbonisasi di atas 500°C. Hasil kajian ini sudah sesuai dengan penelitian Marsh dan Reinoso yang mengatakan bahwa suhu yang terbaik untuk menghasilkan karbon aktif yang berkualitas baik dengan menggunakan agen aktivator H₃PO₄ adalah pada suhu < 450 °C dengan perbandingan persen berat antara aktivator dengan sampel sekitar 29 – 52%.

Luas permukaan karbon aktif tertinggi direpresentasikan dengan bilangan iodin yang dicapai oleh karbon aktif dengan agen aktivator H₃PO₄ pada suhu 500°C.

Pengaruh Jenis Aktivator dan Suhu Karbonisasi terhadap Kadar Air Karbon Aktif Pelepeh Aren

Berikut merupakan grafik yang menunjukkan hasil analisa kadar air karbon aktif dari pelepeh aren. Pada grafik terlihat bahwa suhu karbonisasi dari karbon aktif dan jenis aktivator dari karbon aktif mempengaruhi kadar air karbon aktif.



Gambar 5. Hubungan Jenis Aktivator dan Suhu Karbonisasi terhadap Kadar air Karbon Aktif Pelepeh Aren

Keberadaan agen aktivator dalam hubungannya terhadap kadar air adalah sebagai agen pendehidrasi [14]. Cara kerjanya sebagai pengikat molekul air yang terkandung dalam bahan

baku sehingga memperbesar pori – pori karbon aktif dan memperluas permukaan penyerapan [15].

Kadar air karbon aktif yang rendah menunjukkan keberhasilan agen aktivator kimia dalam mengikat molekul air yang terkandung dalam bahan serta lepasnya kandungan air bebas dan air terikat yang terdapat dalam bahan baku selama proses karbonasi [5,6,15].

Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa pada penelitian kali ini agen pendehidrasi yang paling cocok untuk sampel pelepeh aren merupakan H₃PO₄. Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan Hsu dan Teng (2000) dalam pembuatan karbon aktif dengan aktivasi kimia, aktivator yang lebih baik digunakan untuk material lignoselulosa, seperti pelepeh aren, ialah aktivator yang bersifat asam, seperti ZnCl₂ dan H₃PO₄, dibandingkan dengan aktivator yang bersifat basa, seperti KOH. Hal ini karena material lignoselulosa memiliki kandungan oksigen yang tinggi dan aktivator yang bersifat asam tersebut bereaksi dengan gugus fungsi yang mengandung oksigen, sedangkan untuk aktivator KOH lebih dapat bereaksi dengan karbon sehingga bahan baku yang memiliki kandungan karbon yang tinggi lebih baik menggunakan aktivator KOH.

Kesimpulan

Penambahan agen aktivator kimia sangat mempengaruhi sifat dari karbon aktif. Jenis aktivator dan suhu pirolisis yang beragam juga memberi efek yang spesifik pada karbon aktif pelepeh aren. Dalam analisa terhadap rendemen yang dihasilkan, semakin tinggi suhu karbonisasi maka semakin rendah rendemen yang dihasilkan, hal ini berlaku untuk seluruh jenis variasi aktivator.

Suhu dan jenis aktivator memberikan pengaruh yang khusus terhadap kadar air dan bilangan iodin dari karbon aktif. Agen aktivator yang terbaik untuk pelepeh aren adalah H₃PO₄ dengan konsentrasi 1 M dan suhu karbonisasi 500°C selama 1 jam yaitu memberikan nilai bilangan iodin sebesar 767,745 mg iodin/gram dan kadar airnya sebesar 6%.

Daftar Pustaka

- [1] A. Fuadi Ramdja, Mirah Halim, dan Jo Handi, "Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepeh Kelapa (*Cocus nucifera*)," Jurnal Teknik Kimia, Vol. 15, No. 2, April 2008.
- [2] Azhary H. Surest, J. A. Fitri Kasih, dan Arfenny Wisanti, "Pengaruh Suhu, Konsentrasi Zat Aktivator, dan Waktu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri," Jurnal Teknik Kimia, Vol. 15, No. 2, April 2008.
- [3] Eric Paul Leimkuehler, "Production, Characterization, and Application of

- Activated Carbon,” Thesis. The Faculty of the Graduate School University of Missouri, 2010.
- [4] Freedonia, World Activated Carbon [Online], www.marketresearch.com/product/display.asp?productid=2717702, diakses Maret 2014.
- [5] Gilar S. Pambayun, Remigius Y.E. Yulianto, M. Rachimoellah, Endah M.M. Putri, “Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator $ZnCl_2$ dan Na_2CO_3 sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah,” *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 2, No. 1, 2013.
- [6] Gustan Pari, Adi Santoso dan Djani Hendra, “Pembuatan dan Pemanfaatan Arang Aktif sebagai Reduktor Emisi Formaldehida Kayu Lapis,” Skripsi, Desember, 2003.
- [7] Hessler. J.W, Active Carbon, Chemical Publishing Co Inc R, New York, 1951.
- [8] Hsu, L. Y.dan Teng, H., “Influence of different chemical reagents on the preparation of activated carbons from bituminous coal”. *Fuel Processing Technology*, No. 64(1-3), pp:155-166, 2000.
- [8] I. Subadra, “Activated Carbon Production from Coconut Shell with $(NH_4)HCO_3$ Activator as An Adsorbent in Virgin Coconut Oil Purification” *Prosiding Seminar Nasional DIES ke 50 FMIPA UGM*, 2005.
- [9] Marit Jagtoyen, Brian McEnaney, John Stencil, Michael Thwaites, dan Frank Derbyshire, “Activated Carbons from Bituminous Coals by Reaction with H_3PO_4 : Influence of coal Cleaning,” *University of Kentucky Center for Applied Energy Resource* 3572 Iron Works Pike, Lexington, KY 40511-8433, 2006.
- [10] Marsh, Harry dan Francisco Rodriguez-Reinoso, Activated Carbon, Elsevier Science & Technology Books, ISBN: 0080444636, 2006.
- [11] Meike S. Sangi, Lidya I. Mommart, dan Maureen Kumaunang, “Uji Toksisitas dan Skrining Fitokimia Tepung Gabah Pelepah Aren (Arenca Pinnata),” *Jurnal Ilmiah Sains* Vol. 12 No. 2, 2012.
- [12] Smith, K.S, Predicting Water Contamination From Metal Mines and Mining Wastes, Denver Federal Center, Colorado, 1992.
- [13] Siti Salamah,” Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Buah Mahoni dengan Perlakuan Perendaman dalam Larutan KOH,” *Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008 Bidang Teknik Kimia dan Tekstil*, 2008.
- [14] Siti Tias Miranti, ”Pembuatan Karbon Aktif dari Bambu dengan Metode Aktivasi Terkontrol Menggunakan Activating Agent H_3PO_4 dan KOH,” Skripsi Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok, 2012.
- [15] Yhogi Prasetyo dan Harun Nasrudin “Penentuan Konsentrasi $ZnCl_2$ pada Proses Pembuatan Karbon Aktif Tongkol Jagung dan Penurunan Konsentrasi Surfaktan Linier *Alkyl Benzene Sulphonate* (LAS)”. *UNESA Journal of Chemistry* Vol.2,No.3, September 2013.