

PENGARUH WAKTU AKTIVASI MENGGUNAKAN H_3PO_4 TERHADAP STRUKTUR DAN UKURAN PORI KARBON BERBASIS ARANG TEMPURUNG KEMIRI (*Aleurites moluccana*)

Anggun Pradilla Sandi, Astuti

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas

e-mail: anggunsaendy@gmail.com, tuty_phys@yahoo.com

ABSTRAK

Telah disintesis karbon aktif berbasis tempurung kemiri menggunakan aktivator H_3PO_4 2,5% pada suhu $400\text{ }^\circ\text{C}$ selama 30 menit. Waktu aktivasi divariasikan yaitu : 5 jam, 10 jam, 15 jam, 20 jam, dan 24 jam. Pengaruh waktu aktivasi dianalisis dengan karakterisasi SEM dan XRD. Waktu aktivasi memberikan pengaruh terhadap struktur dan ukuran pori karbon. Secara umum, hasil XRD menunjukkan struktur atom karbon berbentuk struktur amorf. Pori karbon aktif terkecil diperoleh pada waktu aktivasi 20 jam yaitu sebesar $0,57\text{ }\mu\text{m}$ dan menghasilkan jumlah pori yang paling banyak.

Kata kunci: karbon aktif, waktu aktivasi dan pori karbon.

ABSTRACT

Synthesized of the activated carbon based of the charcoal hazelnut by using the activator of H_3PO_4 2,5% at temperature of $400\text{ }^\circ\text{C}$ for 30 minutes has been done. Activation times were varied as 5 hours, 10 hours, 15 hours, 20 hours, and 24 hours. The effects of the activation time were characterized by using SEM and XRD. Activation times give effect on the structure and pore size of the carbon. Generally, XRD patterns show amorphous carbon atomic structure. The smallest pore of activated carbon is found at 20 hours of activation time is about $0.57\text{ }\mu\text{m}$ and this sample produce hight quantities of pore.

Keywords: activated carbon, activation time and carbon pore.

I. PENDAHULUAN

Arang dikenal sebagai material karbon berpori yang merupakan hasil pirolisis bahan yang mengandung 85% - 95% karbon dan memiliki luas permukaan internal spesifik. Selain dimanfaatkan sebagai bahan bakar, arang juga dapat dijadikan sebagai *adsorben* (penyerap) dalam proses pemisahan gas, penyerapan kontaminan dalam air, *recovery solvent*, katalis dan penyangga katalis. Pada penggunaan sebagai adsorben, daya serap arang ditentukan oleh luas permukaan pori. Selain itu, kemampuan serap arang dapat menjadi lebih tinggi jika arang diaktivasi dengan bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Arang yang telah diaktivasi akan mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimia yang biasa juga disebut dengan arang aktif (Meilita dan Tuti, 2003).

Arang aktif merupakan senyawa karbon amorf yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan arang aktif berkisar antara $300\text{ m}^2/\text{g}$ - $3500\text{ m}^2/\text{g}$ dengan daya serap arang aktif sangat besar yaitu 25% - 1000 % terhadap berat arang aktif (Meilita dan Tuti, 2003).

Arang aktif dapat dibuat dari bahan karbon berpori yang dapat diperoleh dari bahan buangan padat pertanian seperti sekam padi, tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit, tempurung kemiri dan bahan buangan padat perkotaan seperti plastik, kertas dan karton. Salah satu bahan buangan padat pertanian yang masih sedikit pemanfaatannya adalah tempurung kemiri. Pada umumnya masyarakat menjadikan tempurung kemiri sebagai pengeras jalan dan lantai rumah. Disisi lain tempurung kemiri juga mempunyai prospek sebagai bahan baku pada pembuatan arang aktif.

Sifat karbon aktif sendiri selain dipengaruhi oleh jenis bahan baku, luas permukaan, penyebaran pori dan sifat kimia permukaan arang aktif, namun juga dipengaruhi oleh cara aktivasi yang digunakan (Austin, 1984). Pada tahap aktivasi, terlebih dahulu karbon direndam menggunakan bahan pengaktif antara lain $ZnCl_2$, KOH , $NaCl$, H_2SO_4 dan H_3PO_4 . Girgis dkk. (2002) mengemukakan bahwa H_3PO_4 sebagai agen aktivasi akan memberikan hasil terbaik jika

dibandingkan dengan ZnCl_2 dan KOH . Bahan-bahan pengaktif tersebut bersifat sebagai dehidrator yang dapat mereduksi OH dan CO yang masih tersisa dari karbon hasil karbonisasi.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah: cawan porselin, mortal dan alu, timbangan digital, furnace advantec KL-600, oven merk *Memmert*, gelas kimia, pipet tetes, spatula, *hot plate magnetic stirrer* IKA C-MAG HS 7, dan cawan petri. Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah: bahan baku tempurung kemiri, larutan H_3PO_4 2,5% sebanyak 100 ml, aquades sebanyak 100 ml, alkohol 96% 100 ml, dan PVA 10 g.

2.2 Prosedur kerja

2.2.1 Pembuatan arang aktif tempurung kemiri

Tempurung kemiri terlebih dahulu dibersihkan dan dikeringkan, kemudian sebanyak 100 g tempurung kemiri dimasukkan kedalam cawan porselin dan dipanaskan dalam *furnace* selama 30 menit pada suhu 350°C hingga didapatkan arang, selanjutnya arang dihaluskan hingga berbentuk serbuk, lalu berat arang ditimbang masing-masing 20 g sebanyak 5 sampel, masing-masing arang hasil karbonisasi direndam dalam larutan H_3PO_4 2,5 % sebagai aktivator dengan variasi waktu aktivasi 5 jam, 10 jam, 15 jam, 20 jam dan 24 jam. Arang yang telah direndam selanjutnya dimasukkan kedalam cawan porselin dan diaktivasi menggunakan *furnace* pada suhu 400°C selama 30 menit, setelah dipanaskan, arang aktif dicuci dengan aquades hingga mencapai pH netral. Selanjutnya arang aktif dikeringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu 120°C dan arang aktif siap dikarakterisasi.

2.2.2 Pembuatan Membran (Separator)

Sebanyak 2 g PVA (Polivinil Alkohol) yang telah dicampurkan dengan aquades 25 ml dimasukkan kedalam gelas kimia dan diaduk dengan *Hot Plate Magnetic Stirrer* IKA C-MAG HS 7 pada suhu 40°C selama 1 jam hingga homogen. Setelah homogen ditambahkan larutan H_3PO_4 2,5% sebanyak 2 ml dan diaduk kembali selama 10 menit pada suhu 40°C hingga homogen. Selanjutnya sampel di cetak didalam cawan petri dan dikeringkan didalam *furnace* pada suhu 120°C selama 15 menit.

2.2.3 Perangkaian elektroda kapasitor keping sejajar

Elektroda kapasitor yang digunakan berasal dari arang aktif yang telah diubah bentuk menjadi tablet dengan menggunakan alat kompaksi. Berat arang aktif sebesar 0,5 g dengan ketebalan 0,4 cm dan diameter 1,2 cm. Bahan dielektrik atau separator yang digunakan adalah membran PVA.

2.3 Karakterisasi

2.3.1 Morfologi dan Ukuran Pori

Morfologi dan ukuran pori sampel dapat dilihat dengan menggunakan peralatan SEM (Scanning Electron Microscopy). SEM adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung. Type alat SEM yang digunakan adalah Merk X'Pert PRO dengan perbesaran sebesar 5000x.

2.3.2 Struktur dan Ukuran Kristal

Struktur dan ukuran kristal dari suatu sampel dapat dilihat menggunakan alat XRD (*X-Rays Diffractometer*). XRD bertujuan untuk menentukan ukuran sebuah kristal berdasarkan pelebaran puncak difraksi sinar X yang muncul. Type alat XRD yang digunakan adalah Made In Netherlands PANalytical Merk X'Pert PRO. Menghitung besar ukuran kristal (nm) dapat dilihat pada Persamaan 1.

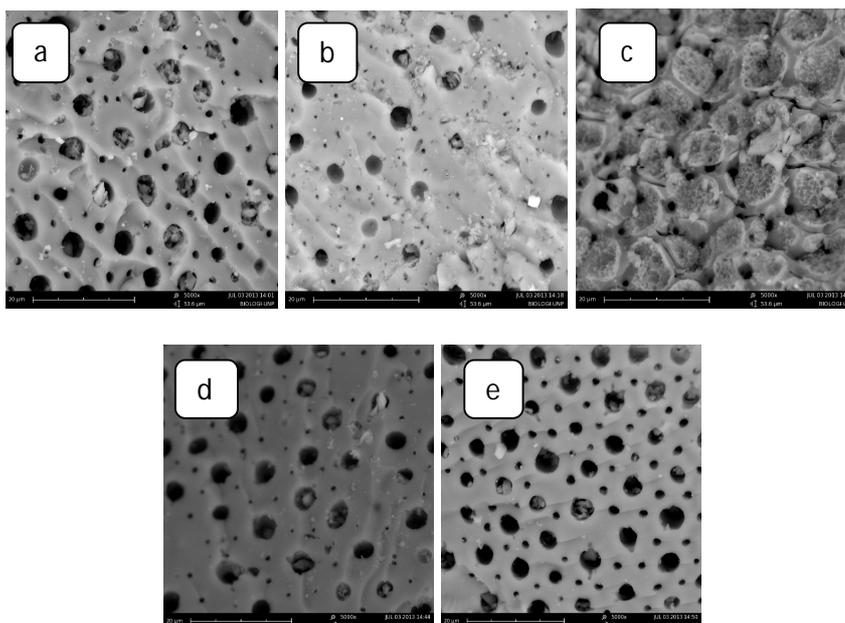
$$D = \frac{k\lambda}{B \cos \theta} \quad (1)$$

dengan k adalah konstanta material sebesar 0,9, λ adalah panjang gelombang sinar X (nm), B adalah lebar setengah puncak maksimum (rad), θ adalah sudut *bragg* puncak difraksi dan D adalah ukuran kristal (nm).

III. HASIL DAN DISKUSI

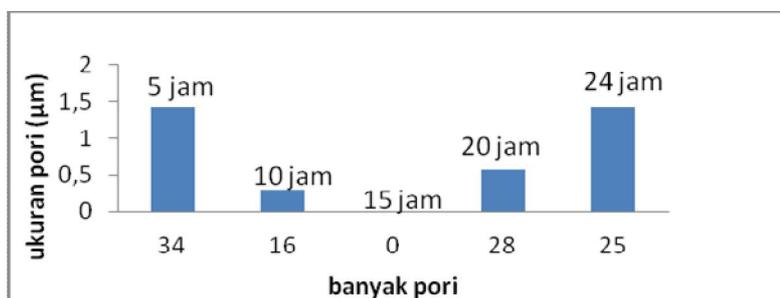
3.1 Karakterisasi morfologi dan ukuran pori dengan *Scanning Electron Microscopy*

Karakterisasi SEM yang diambil adalah perbesaran dengan 5000x karena morfologi serta diameter pori lebih jelas dan mudah diukur. Untuk Gambar keseluruhan hasil SEM dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil SEM karbon aktif dengan perbesaran 5000x (a) 5 jam (b) 10 jam (c) 15 jam (d) 20 jam (e) 24 jam

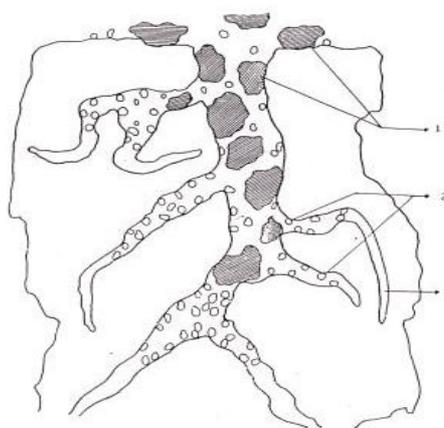
Pada Gambar 1, terlihat bahwa waktu aktivasi sangat berpengaruh terhadap struktur dan ukuran pori karbon. Semakin lama waktu aktivasi akan semakin baik pori karbon yang dihasilkan, namun jika waktu aktivasi ditingkatkan lagi, maka ukuran pori kembali menjadi lebih besar. Ukuran diameter pori karbon rata-rata dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik diameter pori karbon dengan masing-masing waktu aktivasi

Struktur dan ukuran pori hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa selama proses aktivasi pelat-pelat karbon kristalit yang tidak teratur mengalami pergeseran sehingga permukaan kristalit menjadi terbuka terhadap gas pengaktif yang dapat mendorong residu-residu hidrokarbon. Pergeseran pelat karbon menghasilkan pori yang baru dan mengembangkan mikropori awal menjadi makropori serta menurunkan derajat kristalinitas (Hassler, 1974). Selain itu, larutan H_3PO_4 sebagai aktivator juga mempengaruhi karena merupakan asam kuat yang mampu mengangkat senyawa hidrokarbon atau zat pengotor sehingga menyebabkan

terjadinya pembentukan pori pada permukaan karbon. Mekanisme aktivasi oleh zat aktivator dalam pembentukan pori untuk penyerapan fasa cair dapat dilihat pada Gambar 3.



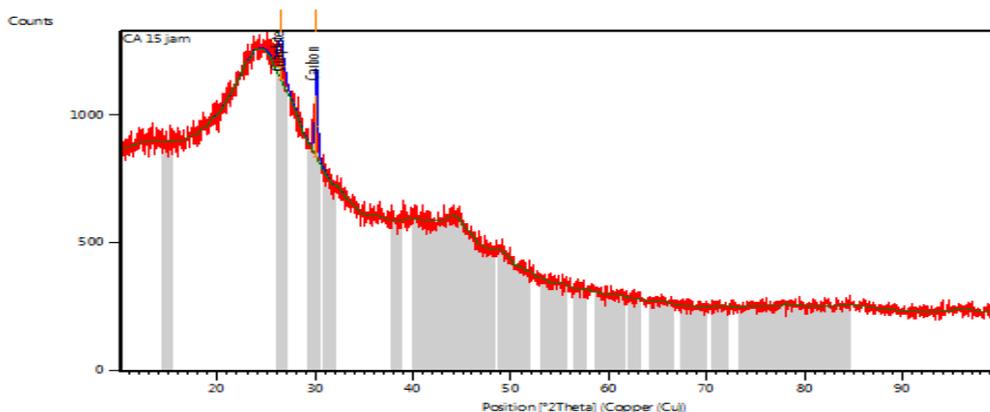
Gambar 3. Pengaruh ukuran pori pada penyerapan fasa cair
(Sumber: Beukens, 1985)

Pada Gambar 3, daerah (1) memungkinkan pelarut dan bahan yang akan diserap dapat masuk, daerah (2) memungkinkan pelarut dan bahan yang lebih kecil yang akan diserap dapat masuk dan daerah (3) hanya dimasuki pelarut.

Dari hasil karakterisasi SEM, ukuran diameter pori karbon terkecil sebesar $0,57 \mu\text{m}$ sebanyak 28 pori dengan waktu aktivasi 20 jam. Semakin kecil diameter pori karbon dan semakin banyak volume pori maka semakin besar luas permukaan dan daya serap karbon tersebut.

3.2 Karakterisasi struktur dan ukuran kristal dengan *X-Rays diffraction*

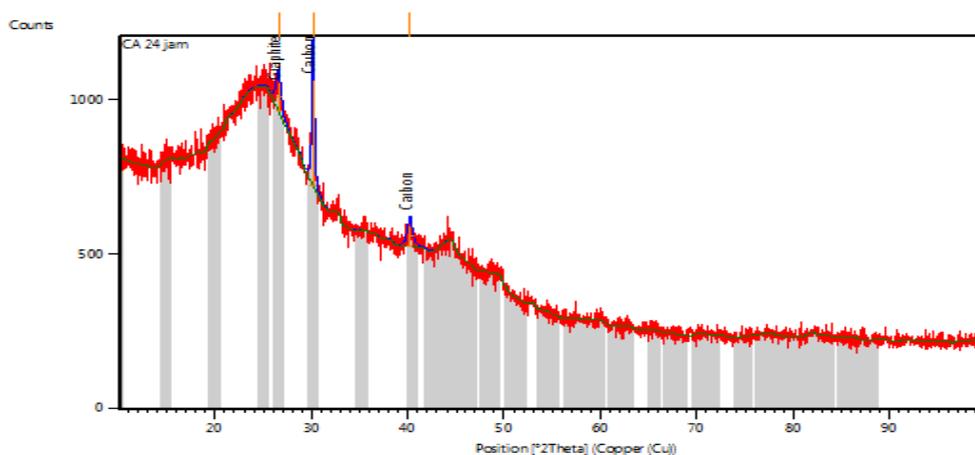
Grafik hasil karakterisasi XRD karbon dengan waktu aktivasi 15 jam dapat dilihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4, terlihat bahwa hasil dari grafik XRD karbon dengan waktu aktivasi 15 jam menghasilkan puncak grafit sebagai puncak tertinggi. Grafit adalah salah satu alotrop karbon yang sangat lunak karena ikatan antar karbonnya masih sangat lemah. Hasil ini disebabkan karena waktu aktivasi yang masih singkat sesuai dengan hasil SEM bahwa karbon pada waktu aktivasi 15 jam ini berbeda dengan hasil SEM yang lainnya yaitu terbentuknya pori-pori permukaan atau seperti partikel dimana didalam partikel tersebut juga terbentuknya pori-pori kecil atau pori internal. Penelitian yang dilakukan oleh Kienle dkk. (1996) tentang penyelidikan dengan sinar-X menunjukkan bahwa arang aktif berbentuk kristal yang sangat kecil mirip dengan struktur grafit. Grafit terdiri dari sejumlah pelat yang tersusun secara paralel dan masing-masing pelat mempunyai sistem heksagonal dengan enam atom karbon.



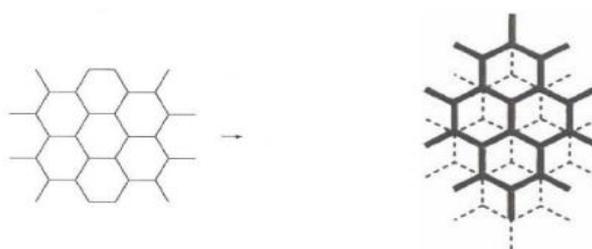
Gambar 4. Grafik karakterisasi XRD karbon dengan waktu aktivasi 15 jam

Dari hasil XRD diperoleh ukuran kristal menggunakan Persamaan 1 dengan memasukkan nilai λ sebesar 0,154060 nm, B sebesar 0,007140 rad, dan θ sebesar 13,24. Didapatkan ukuran kristal dari puncak grafit sebesar 19,95 nm.

Grafik hasil karakterisasi XRD karbon dengan waktu aktivasi 24 jam dapat dilihat pada Gambar 5. Dari Gambar 5, terlihat bahwa hasil dari grafik XRD karbon aktif dengan waktu aktivasi 24 jam menghasilkan puncak karbon sebagai puncak tertinggi. Hasil ini juga ditandai dengan hasil SEM yang sudah terbentuknya pori-pori karbon yang baik. Puncak karbon yang dihasilkan berbentuk struktur amorf yang ditandai dengan tidak beraturannya puncak yang dihasilkan. Tinggi rendahnya puncak yang dihasilkan dari karakterisasi XRD dipengaruhi oleh proses aktivasi yang menyebabkan terjadinya pergeseran pelat heksagonal yang semula tingkat keteraturannya tinggi (kristalin) menjadi tidak beraturan (amorf) sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Tanaka dkk. (1997) dan Lu dkk. (2001). Struktur karbon amorf dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Grafik karakterisasi XRD karbon dengan waktu aktivasi 24 jam



Gambar 6. Struktur karbon amorf
(Sumber: Tanaka, dkk., 1997)

IV. KESIMPULAN

Dari pengolahan data karakterisasi serta analisis pengujian SEM dan XRD dapat disimpulkan bahwa waktu aktivasi memberikan pengaruh terhadap struktur dan ukuran pori karbon. Hasil XRD menunjukkan struktur atom karbon yang terbentuk berupa struktur amorf dan diameter pori karbon terkecil pada waktu aktivasi 20 jam sebesar 0,57 μm yang termasuk kedalam jenis makropori.

DAFTAR PUSTAKA

- Austin, G.T., 1984, *Shreve's Chemical Process Industry*, Fifth Edition. Mcgraw Hill Book Company, Newyork, hal 136-138.
- Buekens, A. Keirsse, H. Schoeters, J. dan Verbeeck, A., 1985, *Production of Activated Carbon from Euphorbia Tiracull*. Brussel.

- Girgis, B.S. Samya, S.Y. Ashraf, M.S., 2002, Characteristic Of Activated Carbon From Peanut Hulls In Relation To Condition Of Preparation, *Materials Letters*, hal 57(1).
- Hassler, J.W., 1974, Purification with Activated Carbon: Industrial Commercial, Environmental. Chemical Publishing Co. Inc, New York.
- Kienle, H.V. Campbell, F.T. Pfefferkom, R. dan Rounsaville, J.F., 1986, Ulman's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 5th Completely Revised Edition, Volume 5. Cancer Chemotherapy to Ceramics Colorants. VCH, Weinheim.
- Lu, W. dan Chung, D.D.L., 2001, Preparation of conductive carbons with high surface area. *Carbon* 39: 39-44
- Meilita, T.S. dan Tuti, S.S., 2003, Arang Aktif (Pengenalan Dan Proses Pembuatannya), *Skripsi*, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Tanaka, K. Aoki, H. Ago, H. Yamake, T. dan Okahara, K., 1997, Interlayer Interaction Of Two Graphene Sheets As A Model Of Double Layer Carbon Nanotubes. *Carbon* 35 (1): 121-125.