

## PREPARATION OF ACTIVATED CARBON FROM SILK COTTON WOOD AND COCONUT SHELL BY PYROLYSIS WITH CERAMIC FURNACE

### *Pembuatan Karbon Aktif Dari Kayu Randu dan Tempurung Kelapa Dengan Proses Distilasi Kering Menggunakan Tanur dari Gerabah*

Winarto Haryadi\*, Muchalal and Robby Noor Cahyono

Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Gajah Mada University, Yogyakarta 55281

Received 24 March 2005; Accepted 17 April 2005

### ABSTRACT

Preparation of activated carbon from silk cotton wood and coconut shell has been done. Carbon was made by pyrolysis process in the Muchalal furnace with 3000 watt electric power. The electric power was increased gradually from 1000, 2000 and then 3000 watt with interval 2 hours during 7 hours. Carbon was activated in Muchalal furnace with 4000 watt electric power during 2 hours and flowed with nitrogen gas. Product of the activated carbon was compared to standart product with several analysis including the surface area, acetic acid adsorption, iod adsorption and vapour adsorption. The results of analysis showed that surface area for silk cotton wood carbon, coconut shell carbon, and E.Merck product were 288.8072 m<sup>2</sup>/g, 222.9387 m<sup>2</sup>/g and 610.5543 m<sup>2</sup>/g, respectively. Acetic acid adsorption for silk cotton wood carbon, coconut shell carbon, and standart product were 157.391 mg/g, 132.791 mg/g, and 186.911 mg/g, respectively. Iodine adsorption for cotton wood carbon, coconut shell carbon, and standart product were 251.685 mg/g, 207.270 mg/g and 310.905 mg/g, respectively. Vapour adsorption for cotton wood carbon, coconut shell carbon and standart product were 12%, 4%, and 14%, respectively

**Key words** : Activated carbon, pyrolysis, Muchalal furnace

### PENDAHULUAN

Karbon aktif adalah karbon amorf berwujud padat yang memiliki luas permukaan internal yang memiliki rongga sehingga mempunyai daya serap yang besar terhadap gas, uap dan zat yang berada dalam larutan. Karbon aktif mempunyai luas permukaan antara 300-2000 m<sup>2</sup>/gr. Permukaan yang luas disebabkan adanya permukaan dalam (*internal surface*) yang berongga di dalam karbon aktif [1]. Karbon aktif diperoleh melalui proses aktivasi terhadap arang karbon. Karbon dapat diperoleh dari hasil pembakaran kayu, serbuk gergaji, tempurung, residu pabrik kertas, residu pengolahan minyak, coke dari batubara dan *petroleum cokes* pada suhu sekitar 400°C.

Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai jenis kayu. Penelitian tentang pembuatan karbon aktif telah dilakukan dengan bahan dasar tempurung kelapa, kayu bakau serta beberapa jenis kayu keras. Tiga komponen kayu yang utama (komponen makromolekul) yang terdapat dalam semua kayu adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Proporsi dari tiga polimer organik struktural ini bervariasi menurut jenis kayunya. Randu (*Ceiba pentandra* L.

*Gaertner*) adalah tanaman besar dengan tinggi mencapai 150 kaki dan diameter mencapai 7 kaki.

Tanaman randu termasuk dalam divisi *Magnoliophyta*, kelas *Magnoliopsida*, ordo *Malvanes* dan famili *Bombacaceae*. Kayu randu secara anatomi termasuk jenis kayu lunak, sehingga pemanfaatan kayu randu masih sangat terbatas dan nilai ekonomi jenis kayu ini tidak terlalu tinggi. Untuk meningkatkan nilai ekonomi kayu randu, maka akan dilakukan pembuatan karbon aktif dari kayu tersebut. Karbon aktif yang diperoleh dari kayu randu akan dibandingkan dengan karbon aktif dari tempurung kelapa.

Tempurung kelapa merupakan bagian dari buah tanaman kelapa (*Cocos nucifera*, L). Tempurung kelapa berfungsi melindungi inti dari buah kelapa. Komponen kayu dan komponen tempurung kelapa hampir sama. Tempurung kelapa tergolong dalam kayu keras, hal ini didasarkan pada kandungan airnya yang berkisar 6-9% (yang dihitung dari berat keringnya) [2]. Karbon aktif dari tempurung kelapa sudah banyak diproduksi dan dipasarkan.

Pembuatan karbon aktif dilakukan dalam dua tahap utama yaitu proses karbonasi dan proses

\* Corresponding author.

Email address : winarto@yahoo.com

aktivasi untuk menghilangkan senyawa non karbon sehingga diperoleh unsur karbon yang murni. Proses karbonisasi dan proses aktivasi ini disebut juga proses destilasi kering dan alat yang digunakan pada proses ini biasa disebut tanur. Tanur yang sering digunakan pada proses ini terbuat dari *stainless steel* sehingga harganya sangat mahal. Dengan alasan tersebut Muchalal merancang tanur yang terbuat dari tanah liat yang disebut sebagai tanur Muchalal.

Proses pembuatan karbon aktif pada prinsipnya menggunakan suatu reaktor pemanas yang terdiri atas reaktor karbonisasi dan reaktor aktivasi. Reaktor karbonisasi terdiri dari reaktor asap dan tungku pemanas [3]. Fungsi utama dari reaktor aktivasi adalah untuk mengaktivasi arang menjadi karbon aktif. Umumnya reaktor karbonisasi dan aktivasi menggunakan tanur ataupun tungku pemanas yang sama, baik yang menggunakan pemanas listrik ataupun pemanas yang menggunakan bahan bakar tertentu. Perbedaan utama antara reaktor karbonisasi dan reaktor aktivasi adalah pada reaktor aktivasi dialirkan gas inert melalui bagian bawah reaktor dengan pipa khusus. Reaktor aktivasi berbentuk kolom yang terbuat dari *stainless steel* [4]. Gas karbon dioksida atau gas inert lainnya dialirkan melalui dasar kolom. Gas inert digunakan agar proses aktivasi berlangsung efektif dengan mengusir tar dan sisa senyawa karbon yang menempel pada pori arang. Alat destilasi kering yang ada umumnya hanya mempunyai satu saluran pembuangan yaitu melalui bagian atas alat [5,6]. Tanur Muchalal ini merupakan alat destilasi kering yang telah dimodifikasi yaitu saluran pembuangan dibuat dua buah yaitu bagian atas untuk membuang asap cair dan bagian bawah untuk membuang tar. Tar yang berbentuk pasta dan mempunyai berat jenis besar akan lebih mudah keluar dari saluran bawah karena pengaruh gravitasi.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini : gas nitrogen, iodium (Merck), natrium tiosulfat (Merck), karbon Aktif (Merck) sebagai standar, asam asetat (Merck), natrium hidroksida (Merck), asam oksalat (Merck), indikator amilum 1 %, indikator fenolftalein dan etanol teknis .

### Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini : satu set alat destilasi kering dan satu set alat aktivasi rancangan Muchalal (Gambar 1). Oven listrik dengan suhu maksimal 350°C, termokopel (*Termoklin*), ayakan 325 mesh, alat timbang elektrik, alat pengocok OSK 6445 Universal Shaker

Ogawa Seiki, Alat sentrifugasi, seperangkat alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*), seperangkat alat SAA (*Surface Area Analyzer*) dan alat alat gelas laboratorium.

## Prosedur Penelitian

### Proses Destilasi Kering

Kayu randu yang bersih dan kering dipotong kecil-kecil dan dimasukkan ke dalam tanur dan dibakar tanpa udara dengan daya listrik 3000 watt selama 7 jam. Dengan cara yang sama dilakukan juga terhadap tempurung kelapa.

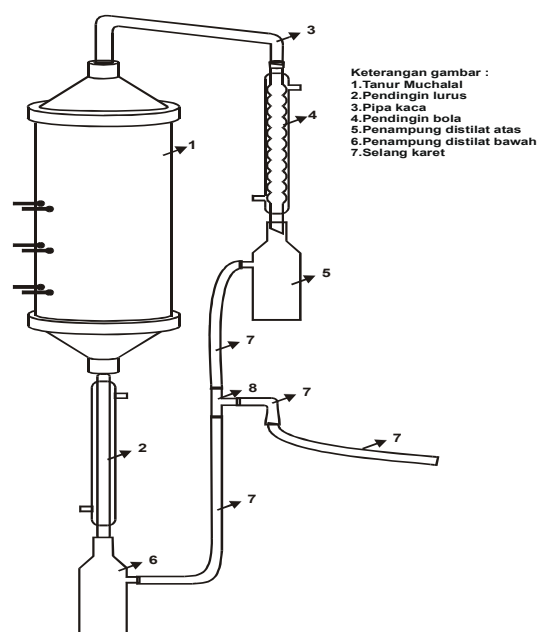
### Proses Aktivasi Arang dan Penentuan Besaran Burn Off

Arang hasil pirolisis dalam keadaan kering ditimbang dan kemudian dimasukkan ke dalam tanur Muchalal, dipanaskan pada suhu 700 °C selama 2 jam sambil dialiri gas nitrogen melewati ujung atas tanur. Analisis kandungan logam K dan Na pada air bekas cucian karbon aktif dengan AAS.

Karbon hasil aktivasi dicuci dengan air hingga pH netral dan air bekas cucian karbon aktif baik sampel maupun standar dianalisis kandungan logam K dan Na dengan menggunakan AAS.

### Spesifikasi Karbon Aktif Hasil Pirolisis Analisis Luas Permukaan Karbon Aktif dengan Surface Area Analyzer (SAA)

Karbon aktif yang diperoleh dan karbon aktif standar hasil pencucian dikarakterisasi dengan alat *Surface Area Analyzer (SAA)* untuk menentukan luas permukaannya.



Gambar 1 Skema tanur Muchalal

**Daya serap karbon aktif terhadap asam asetat**

Karbon aktif hasil netral dipanaskan dalam oven 120 °C selama 1 jam dan 1 g darinya setelah dingin dimasukkan ke dalam gelas piala 250 mL yang berisi 25 mL asam asetat 1 M. Campuran dikocok selama 10 menit kemudian ditutup dibiarkan selama 24 jam. Setelah waktu terlewatkan disaring, filtrat yang tertampung ditentukan kuantitas asam asetat yang diserap oleh karbon aktif dengan cara titrasi NaOH 0,5 M.

**Uji daya serap karbon aktif terhadap larutan iodium**

Karbon aktif hasil dipanaskan dalam oven 120 °C selama 1 jam diambil 0,25 g dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL berisi 25 mL larutan iodium 0,1 M, dikocok selama 15 menit. Campuran kemudian dipindah ke dalam tabung sentrifugasi, dan dipusingkan selama 7,5 menit. Lima mililiter dari cairan yang bening dititrasi larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 M hingga warna kuning mulai pudar, dilanjutkan penambahan indikator amilum 1 % dan dititrasi lanjut hingga larutan menjadi bening.

**Uji daya serap karbon aktif terhadap uap air**

Karbon aktif yang dihasilkan pada percobaan sebelumnya dibiarkan dalam tempat yang kering dan terbuka selama 24 jam kemudian setelah itu diambil 1 g dipanaskan pada suhu 120 °C selama 3 jam, dan ditimbang hingga diperoleh massa yang tetap.

**HASIL DAN PEMBAHASAN****Proses Pirolisis dengan Tanur**

Hasil pirolisis kayu randu dan tempurung kelapa dengan tanur Muchalal tanpa pompa vakum selama 7 jam disajikan pada Tabel 1.

Pada pirolisis kayu randu suhu naik dengan perlahan sedangkan pada pirolisis tempurung kelapa suhu naik dengan cepat. Pada pirolisis kayu randu kisaran temperatur 90-110 °C dialami dalam waktu yang lama sedangkan pada pirolisis tempurung kelapa lebih cepat. Keadaan ini disebabkan kandungan air di kayu randu lebih banyak dibandingkan di tempurung kelapa.

Proses pirolisis ini menghasilkan destilat berupa asap cair dan tar yang dapat mengalir keluar melalui bagian atas dan bawah tanur serta residu berupa arang yang tertinggal di dalam tanur. Dari Tabel 1 diperoleh data bahwa kayu randu menghasilkan asap cair lebih banyak dari pada tempurung kelapa.

**Proses Aktivasi Arang Menjadi Karbon Aktif**

Arang hasil pirolisis diaktivasi secara fisika dengan pemanasan suhu tinggi disertai aliran gas

nitrogen dari bagian atas tanur selama 2 jam sehingga akan diperoleh karbon aktif. Proses aktivasi dilakukan di dalam tanur aktivasi yang memiliki ukuran yang lebih kecil daripada tanur untuk pirolisis dan memiliki elemen pemanas sebanyak empat buah. Pada proses aktivasi ini terjadi pembersihan pori-pori arang yang masih tertutup oleh tar dan senyawa hidrokarbon serta terjadi perluasan permukaan dalam (*internal surface*). Pengaliran gas dari bagian atas tanur dimaksudkan agar tar yang masih menutup pori karbon lebih mudah keluar karena selain didorong oleh gas nitrogen yang dialirkan juga adanya gaya gravitasi.

Adanya massa yang hilang selama aktivasi menimbulkan besaran *burn off*. Besaran *burn off* mengindikasikan kesempurnaan proses distilasi kering. Nilai besaran *burn off* yang besar mengindikasikan proses destilasi pada pembentukan arang belum sempurna, sehingga masih banyak senyawa hidrokarbon dan tar yang tertinggal dan menutup pori-pori arang. Harga besaran *burn off* disajikan dalam Tabel 2. Dari tabel tersebut diketahui bahwa proses pirolisis kayu randu berjalan lebih baik dibandingkan pirolisis tempurung kelapa.

Pada proses pirolisis bahan dari tumbuhan selalu dihasilkan logam oksida dari beberapa logam terutama logam natrium dan kalium. Pencucian arang karbon hasil aktivasi adalah menghilangkan abu anorganik, karena oksida logam tersebut akan mempengaruhi daya serap karbon aktif terhadap senyawa tertentu. Pencucian dilakukan hingga pH pada air cucian bersifat netral. Kandungan logam natrium dan kalium disajikan dalam Tabel 3.

**Tabel 1** Pirolisis 3000 gram kayu randu, daya 3000 watt selama selama 7 jam.

| Bahan      | Hasil (% Berat) |            |        |
|------------|-----------------|------------|--------|
|            | Arang           | Asap cair* | Hilang |
| Kayu randu | 35,67           | 19,15      | 45,18  |
| Tempurung  | 41,11           | 7,61       | 51,28  |

\*Asap cair terdiri dari tar terkondensasi dan air

**Tabel 2** Besaran *burn off* dalam proses aktivasi

| No | Sampel           | Besaran <i>burn off</i> |
|----|------------------|-------------------------|
| 1  | Kayu randu       | 18,41                   |
| 2  | Tempurung kelapa | 21,14                   |

**Tabel 3** Kandungan logam natrium dan kalium dalam air bekas cucian karbon aktif\*

| Serbuk karbon | Kandungan Na (ppm) | Kandungan K (ppm)  |
|---------------|--------------------|--------------------|
| Kayu randu    | 6,09               | $2,35 \times 10^5$ |
| Tempurung     | 32,83              | 342,06             |
| Standar       | 1,43               | 33,71              |

\*Volume air bekas cucian = 250 mL

**Tabel 4** Hubungan luas permukaan serbuk arang dengan massa yang terserap

| Serbuk karbon | Luas permukaan (m <sup>2</sup> /g) | Asam asetat (mg/g) | Iodium (mg/g) | Uap air (% berat) |
|---------------|------------------------------------|--------------------|---------------|-------------------|
| Kayu randu    | 288,807                            | 157,391            | 251,685       | 12,00             |
| Tempurung     | 222,939                            | 132,791            | 207,270       | 4,00              |
| Standar       | 610,554                            | 186,911            | 310,905       | 14,00             |

Kandungan logam Na dan K karbon aktif kayu randu dan tempurung kelapa yang dihasilkan dari tanur Muchalal ternyata masih lebih tinggi daripada kandungan kedua karbon tersebut pada karbon aktif standar. Hal ini menunjukkan bahwa Tanur Muchalal belum dapat meminimalkan kandungan Na dan K sehingga perlu dilakukan proses lebih lanjut. Kadar kalium dari arang kayu randu lebih besar dari tempurung kelapa hal ini disebabkan karena kayu randu termasuk golongan kayu lunak.

#### Spesifikasi Karbon Aktif Hasil Pirolisis

Analisis secara kualitatif terhadap karbon aktif kayu randu dan tempurung kelapa dibandingkan dengan karbon aktif standar, dilakukan dengan cara : (1) menghitung luas permukaan karbon aktif menggunakan *surface area analyzer*, (2) menghitung serapan terhadap larutan asam asetat, (3) menghitung daya serap terhadap larutan iodium, dan (4) menghitung daya serap terhadap uap air. Hasil analisis kualitatif secara keseluruhan disajikan dalam Tabel 4.

Dari Tabel 4 diperoleh data bahwa luas permukaan karbon aktif kayu randu dan tempurung kelapa masih berbeda bila dibandingkan karbon aktif standar. Hal ini dimungkinkan karena proses aktivasi yang dilakukan kurang sempurna, karena suhu maksimal yang dapat dicapai hanya 580 °C sedangkan suhu untuk menghasilkan karbon aktif berkualitas yang baik adalah antara 900 – 1000 °C. Akibatnya proses pembukaan pori karbon aktif dan pengusiran senyawa karbon serta tar yang masih menutup pori tidak berlangsung secara optimal.

Kualitas karbon aktif selain dilihat dari luas permukaannya juga dari daya serapnya terhadap larutan tertentu, terhadap iodium dan asam asetat. Kemampuan menyerap larutan baik larutan iodium maupun asam asetat yang terbesar dimiliki oleh karbon aktif standar dan yang memiliki kemampuan paling rendah adalah tempurung

kelapa. Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa dengan semakin besarnya luas permukaan daya serap karbon aktif terhadap uap juga semakin besar.

#### KESIMPULAN

1. Karbon aktif dapat dihasilkan dari kayu randu menggunakan tanur dari gerabah (tanur Muchalal), lama proses pirolisis 7 jam, daya 3000 watt dan lama aktivasi 2 jam dengan daya 4000 watt.
2. Karbon aktif kayu randu memiliki luas permukaan lebih besar daripada karbon aktif tempurung kelapa, namun luas permukaan kedua jenis karbon aktif tersebut masih lebih kecil dibanding dengan karbon aktif standar.
3. Daya serap karbon aktif kayu randu terhadap asam asetat, iodium dan uap air relatif lebih besar daripada karbon aktif tempurung kelapa, namun masih lebih kecil dibandingkan standar.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Kirk-Othmer, 1983, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3th Edition, Vol. 4, John Wiley and Sons, Inc, New York
2. Tilman, D., 1981, *Wood Combustion, Principles Processes and Economics*, Academic Press, Inc., New York
3. Johannes, H., 1986, *Improved Sawdust Stove*, UNESCO Workshop, Bangkok
4. Isroi, N.H, 1992, *Modifikasi Pembuatan Reaktor Karbon Aktif*, FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
5. Tahir, I., 1992, *Pengambilan Asap Cair secara Destilasi Kering pada Proses Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa*, Skripsi, FMIPA, UGM, Yogyakarta
6. Tranggono, Suhardi, Setiadji, B., Darmadji, P, Supranto, Sudarmanto dan Armunanto, R., 1997, *Produksi Asap Cair dari Berbagai Jenis Kayu dengan Proses Pirolisis*, paper Riset Unggulan Terpadu III 1995-1997, FTP, UGM Yogyakarta

