

# PENGARUH UKURAN PARTIKEL TERHADAP KECEPATAN ADSORPSI KARBONISASI DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANALISA ISOTERM FREUNDLICH PADA PEMBUATAN KARBON AKTIF BATUBARA LIGNIT

## EFFECT OF PARTICLE SIZE ON SPEED OF CARBONIZATION ADSORPTION USING ISOTERM FREUNDLICH ANALYSIS METHOD IN LIGNIT COAL ACTIVATED CARBON MAKING

**Lety Trisnaliani<sup>1</sup>, Erlinawati<sup>1</sup>, dan Indah Purnamasari<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang 30139

E-mail: Lety.trisnaliani@polsri.ac.id

### ABSTRAK

Karbon aktif adalah material yang berbentuk butiran atau bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon misalnya pada batubara, kulit kelapa dan sebagainya. Dalam penelitian isotherm adsorpsi arang aktif digunakan larutan asam asetat dalam berbagai variasi konsentrasi yaitu 1 N, 0.8 N, 0.6 N, dan 0.4 N bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang untuk mengadsorpsi larutan asam asetat dalam berbagai konsentrasi pada temperatur konstan. Persamaan grafik Isotherm Adsorpsi Freundlich untuk karbon aktif dengan aktivasi tanpa karbonisasi adalah  $y = 0,9999x - 0,7787$ , sehingga didapat nilai  $\text{Log } k = -0,7787$  dan  $1/n = 0,9999$ . Maka nilai  $k$  adalah 0.1665 dan nilai  $n$  adalah 1,0001. Sedangkan persamaan grafik isotherm adsorpsi Freundlich untuk karbon aktif dengan aktivasi dengan karbonisasi adalah  $y = 1,0003x - 0,78$ , sehingga didapat nilai  $\text{Log } k = -0,78$  dan  $1/n = 1,0003$ . Maka nilai  $k$  adalah 0.165 dan nilai  $n$  adalah 0,9997. Grafik ini sudah mendekati teori isotherm adsorpsi Freundlich yaitu grafik berupa garis linear.

**Kata Kunci : Karbon Aktif, Batubara Lignit, Isotherm Freundlich**

### PENDAHULUAN

Karbon atau arang aktif adalah material yang berbentuk butiran atau bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon. Karbon aktif pemakaiannya cukup luas, baik di industri besar maupun kecil. Bahan baku yang berasal dari hewan, tumbuh - tumbuhan, limbah ataupun mineral yang mengandung karbon dapat dibuat menjadi arang aktif, bahan tersebut antara lain: tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras dan batubara. Karbon aktif biasanya digunakan sebagai katalis, penghilangan bau, penyerapan warna, zat purifikasi, dan sebagainya. Untuk industri di Indonesia, penggunaan karbon aktif masih relatif tinggi. Sayangnya, pemenuhan akan kebutuhan karbon aktif masih dilakukan dengan cara mengimpor. Pada tahun 2000 saja, tercatat impor karbon aktif sebesar 2.770.573 kg berasal dari negara Jepang, Hongkong, Korea, Taiwan, Cina, Singapura, Philipina, Sri Lanka, Malaysia, Australia, Amerika Serikat, Kanada, Inggris, Jerman, Denmark, dan Italia (Rini Pujiarti, J.P Gentur Sutapa). Konsumsi karbon aktif dunia semakin meningkat setiap tahunnya, misalkan pada tahun 2007 mencapai 300.000 ton/tahun. Jika ditinjau dari sumber daya alam di Indonesia yang melimpah, maka sangatlah mungkin kebutuhan karbon aktif dapat dipenuhi dengan produksi dari dalam negeri.

Batubara adalah batuan sedimen yang terbentuk dari deformasi dan dekomposisi dari sisa-sisa tumbuhan dalam jutaan tahun yang lalu sejak bumi terbentuk. Ikatan-ikatan hidrokarbon yang ada dalam sisa-sisa tumbuhan terdeformasi dengan melepaskan sebagian besar dari oksigen, hidrogen, dan susunan dari hidrokarbon tersebut terdekomposisi

menjadi material yang mengandung karbon tinggi akibat terlepasnya zat-zat volatil yang terkandung didalamnya. Kualitas batubara terbentuk sesuai dengan kedalaman dari permukaan bumi. Batubara yang terbentuk dalam bumi dengan kedalaman tertentu akan mendapatkan tekanan dan panas tertentu sesuai dengan tingkat kedalamannya. Batubara yang terbentuk dengan mendapatkan tekanan dan panas yang besar akan memiliki kualitas yang lebih baik, seperti bituminus dan antrasit. Pertama-tama, sisa-sisa tumbuhan terdekomposisi menjadi batubara muda (brown coal), kemudian berubah menjadi lignit. Perubahan itu akan berlanjut dengan bertambahnya waktu menjadi batubara dengan kualitas yang lebih baik.

Speight (1994) mengemukakan tahap-tahap pembentukan batubara, tahap pertama proses pembentukan batubara yaitu pembusukan sisa-sisa tumbuhan dan pada tahap pertama ini terbentuk gambut. Pada proses pertama ini, banyak melibatkan mikroba yang berperan dalam pembusukan sisa tumbuhan, sehingga pada tahap ini disebut biochemical coalification. Tahap ini berakhir dengan ditandai hilangnya aktifitas mikroba yang berperan dalam pembusukan. Setelah tahap ini, dilanjutkan dengan proses perubahan fisika dan kimia yang tidak melibatkan makhluk hidup. Pada proses perubahan fisika dan kimia inilah yang menyebabkan terbentuknya batubara dengan berbagai tingkatan. Kondisi yang sangat mempengaruhi terbentuknya batubara dengan jenis tertentu adalah temperatur, tekanan, kedalaman dan berbagai pergerakan kulit bumi tempat tertimbunnya lapisan batubara tersebut, serta umur lapisan. Kedalaman dan pergeseran kulit bumi mempengaruhi

tekanan dan temperatur proses pembentukan batubara. Batubara akan berkembang dari lignit menjadi batubara dengan peringkat yang lebih tinggi yaitu sub-bituminus, bituminous dan antrasit (Diesel, 1987; Stach, 1989).

Penelitian penggunaan batubara sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif, telah banyak digunakan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ningrum, batubara Indonesia potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Struktur pori dari karbon aktif selalu mengandung mikropori, mesopori dan makropori. Masing-masing pori ini mempunyai fungsi tertentu dalam proses penyerapan. Mesopori mempunyai fungsi menangkap bahan yang diserap dan sebagai jalan masuk menuju mikropori. Makropori mempunyai fungsi mempercepat molekul-molekul adsorbat menuju poro-pori lebih kecil yang terletak lebih dalam. Sedangkan pori-pori yang paling berperan pada adsorpsi adalah jenis mikropori. Pemanfaatan batu bara peringkat rendah (lignit) saat ini belum maksimal, dikarenakan nilai kalornya rendah, dan kadar abu serta sulfurnya tinggi. Diperlukan pengolahan lebih lanjut agar batu bara peringkat rendah ini memiliki nilai guna lebih tinggi. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah mengolah bahan ini menjadi karbon aktif. Pemilihan batu bara lignit untuk dijadikan karbon aktif dalam penelitian ini adalah karena cadangan bahan tersebut sangat melimpah di Sumatera Selatan, di sisi lain kegunaan karbon aktif cukup luas dan memegang peranan penting terutama digunakan dalam proses-proses pemurnian. Imam Fakhruddin Arrazie dari Politeknik Negeri Sriwijaya pada tahun 2011 telah melakukan penelitian pembuatan karbon aktif dari batubara lignit dengan konsentrasi aktivator 3M dan ukuran partikel-170+200 mesh, dan kapasitas daya serap karbon aktif terhadap larutan iodine yang dihasilkan tertinggi yaitu 776,69 mg/gr dengan kadar air 2,5 %, dan kadar abu 16,00 %. Pada penelitian ini akan dibatasi mengenai pengaruh ukuran partikel yang terdapat pada pori – pori permukaan batubara lignit terhadap kecepatan adsorpsi karbonisasinya.

## METODOLOGI PENELITIAN

Adapun langkah – langkah metode penelitian adalah sebagai berikut :

- A. Tahap Persiapan Bahan Baku
  - 1) Melakukan proses grinding untuk memperkecil ukuran batubara
  - 2) Melakukan proses sieving untuk memperoleh ukuran batubara sesuai kebutuhan
- B. Proses Karbonisasi
  - 1) Menyiapkan sampel batubara lignit yang telah di grinding dan di sieving
  - 2) Mengatur suhu furnace pada suhu 300°C
  - 3) Menimbang cawan kosong dan tutup pada neraca analitik ( $W_1$ )
  - 4) Menimbang sampel sebanyak 10 gram
  - 5) Menimbang cawan yang berisi sampel beserta tutupnya ( $W_2$ )
  - 6) Memasukkan cawan yang berisi sampel beserta tutupnya kedalam furnace bersuhu 300°C selama 10 menit
  - 7) Memasukkan cawan berisi residu beserta tutupnya kedalam desikator
  - 8) Menimbang cawan berisi residu beserta tutupnya ( $W_3$ )
  - 9) Mengulangi proses ini sampai diperoleh jumlah produk yang diinginkan.
- C. Proses Aktivasi Tanpa Karbonisasi
  - 1) Menyiapkan sampel seberat 30 gram untuk 3 size kedalam Erlenmeyer

- 2) Memipet 50 ml larutan NaOH 1M, 2M, dan 3M kedalam Erlenmeyer lalu rendam selama 3 jam.
  - 3) Menyaring sampel menggunakan kertas saring dan cuci cokenya dengan aquadest.
  - 4) Mengeringkan sampel dalam oven pada suhu 110°C sampai sampel benar-benar kering.
- D. Proses Aktivasi dengan Karbonisasi
- 1) Menyiapkan sampel seberat 30 gram untuk 3 size kedalam Erlenmeyer
  - 2) Memipet 50 ml larutan NaOH 1M, 2M, dan 3M kedalam Erlenmeyer lalu rendam selama 3 jam.
  - 3) Menyaring sampel menggunakan kertas saring dan cuci cokenya dengan aquadest.
  - 4) Mengeringkan sampel dalam oven pada suhu 110°C sampai sampel benar-benar kering.
- E. Analisa Karbon Aktif (Isoterm Freundlich)
- 1) Menyiapkan 5 buah Erlenmeyer 250ml
  - 2) Memasukkan masing-masing 0,5 gram karbon aktif. Sebelumnya dipanaskan selama 15 menit pada suhu 60°C.
  - 3) Memasukkan 50 ml asam asetat pada tiap Erlenmeyer
  - 4) Mengaduk campuran tersebut selama 10 menit kemudian didiamkan selama 1 jam
  - 5) Mengaduk larutan kembali selama 1 menit
  - 6) Menyaring larutan tersebut dengan kertas saring lalu mengukur volume filtrat
  - 7) Menitrasi filtrat tersebut dengan larutan NaOH 0.2 N, lalu menambahkan indikator pp 5 tetes sampai terjadi perubahan warna.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengerjakan proses pembuatan karbon aktif dengan aktivator. Karbon aktif adalah bahan berupa karbon bebas yang masing-masing berikatan secara kovalen atau arang yang telah dibuat dan diolah secara khusus melalui 3 (tiga) tahapan umum, yaitu dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi. *Dehidrasi* yaitu proses penghilangan air dimana bahan baku dipanaskan sampai temperatur 170°C. Karbonisasi adalah suatu proses dimana unsur-unsur oksigen dan hidrogen dihilangkan dari karbon dan akan menghasilkan rangka karbon yang memiliki struktur tertentu. Temperatur yang digunakan adalah 300°C. Sedangkan aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Aktivator yang digunakan dalam penelitian ini adalah NaOH dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 1N, 2N, dan 3N. Penelitian ini dilakukan secara kuantitatif, yaitu dengan cara menghitung volume larutan asetat mula-mula sebelum ditambah karbon aktif dibandingkan dengan volume larutan asetat setelah ditambah karbon aktif, seperti yang tercantum di hasil penelitian dan direpresentasikan dalam bentuk kurva. Dalam penelitian ini menggunakan karbon aktif sebagai adsorben, asam asetat dengan berbagai konsentrasi sebagai adsorbat serta larutan NaOH 0,2 N sebagai larutan standar. Larutan asam asetat yang telah dibuat dalam berbagai konsentrasi dimasukkan arang aktif masing-masing 0,5 gram dan didiamkan selama 1 jam. Peristiwa adsorpsi yang terjadi bersifat selektif dan spesifik dimana asam asetat lebih mudah teradsorpsi dari pelarut (air), karena arang aktif (karbon) hanya mampu mengadsorpsi senyawa-senyawa organik. Proses adsorpsi dalam larutan, jumlah zat teradsorpsi tergantung pada beberapa faktor, yaitu jenis adsorben, jenis

adsorbat, luas permukaan adsorben, konsentrasi zat terlarut dan temperatur (Atkins, 1990).

Perubahan konsentrasi asam asetat sebelum dan sesudah adsorpsi dapat diketahui dengan cara mentitrasi filtrat yang mengandung asam asetat dengan larutan standar NaOH 0.2 N dengan indikator phenolphthalein. Indikator PP sangat peka terhadap gugus OH<sup>-</sup> yang terdapat pada larutan NaOH. Titik akhir titrasi diketahui dari larutan tidak berwarna berubah menjadi merah muda.

Konsentrasi awal asam asetat mempengaruhi volume titrasi yang digunakan. Semakin besar konsentrasinya maka semakin banyak larutan NaOH yang digunakan. Hal ini disebabkan karena semakin besar konsentrasi, letak antara molekulnya semakin berdekatan sehingga sulit untuk mencapai titik ekuivalen pada saat proses titrasi.

Dalam penelitian isotherm adsorpsi arang aktif digunakan larutan asam asetat dalam berbagai variasi konsentrasi yaitu, 1 N, 0.8 N, 0.6 N, 0.4 N. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan arang untuk mengadsorpsi larutan asam asetat dalam berbagai konsentrasi pada suhu konstan.

Pembuatan arang dalam penelitian sebagai adsorben (zat yang mengadsorpsi) dimana dalam penelitian ini dilakukan dengan karbonisasi dan tanpa karbonisasi. Pada karbon aktif dengan aktivasi dengan karbonisasi lebih dapat mengadsorpsi secara maksimal daripada tanpa karbonisasi. Hal ini dikarenakan pada karbonisasi dilakukan pemanasan sampai suhu 300°C dimana tujuan dari pemanasan ini adalah untuk membuka pori-pori permukaan dari arang agar mampu mengadsorpsi secara maksimal, dalam penelitian ini yaitu mengadsorpsi asam asetat.

Pada penelitian ini ditentukan harga tetapan-tetapan adsorpsi isotherm Freundlich bagi proses adsorpsi CH<sub>3</sub>COOH terhadap arang. Variabel yang terukur pada penelitian adalah volume larutan NaOH 0.2 N yang digunakan untuk menitrasi CH<sub>3</sub>COOH. Setelah konsentrasi awal dan akhir diketahui, konsentrasi CH<sub>3</sub>COOH yang teradsorpsi dapat diketahui dengan cara pengurangan konsentrasi awal dengan konsentrasi akhir. Selanjutnya dapat dicari berat CH<sub>3</sub>COOH yang teradsorpsi. Dengan cara  $X = C \cdot M_r \cdot 100 / 1000$ .

Dari data pengamatan dan hasil perhitungan, konsentrasi asam asetat sebelum adsorpsi lebih tinggi daripada setelah adsorpsi. Hal ini karena asam asetat telah diadsorpsi oleh arang aktif. Dari data juga dibuat suatu grafik dimana log x/m diplotkan sebagai ordinat dan log C sebagai absis.

Dari persamaan grafik tersebut jika dianalogikan dengan persamaan Freundlich maka akan didapat nilai k dan n. Persamaan isotherm adsorpsi Freundlich dapat dituliskan sebagai berikut.

$\log (x/m) = \log k + 1/n \log c$  sedangkan persamaan grafik Isotherm Adsorpsi Freundlich untuk karbon aktif dengan aktivasi tanpa karbonisasi adalah  $y = 0,9999x - 0,7787$ , sehingga didapat nilai  $\log k = -0,7787$  dan  $1/n = 0,9999$ . Maka nilai k adalah 0.1665 dan nilai n adalah 1,0001. Sedangkan persamaan grafik isotherm adsorpsi freunlich untuk karbon aktif dengan aktivasi dengan karbonisasi adalah  $y = 1,0003x - 0,78$ , sehingga didapat nilai  $\log k = -0,78$  dan  $1/n = 1,0003$ . Maka nilai k adalah 0.165 dan nilai n adalah 1. Grafik ini sudah hampir sesuai dengan teori isotherm adsorpsi Freundlich yaitu grafik berupa garis linear.

Pada grafik perbandingan nilai K dengan size dapat diketahui bahwa semakin besar luas permukaan adsorben maka akan didapatkan nilai K yang semakin besar, namun selain ukuran proses karbonisasi juga berpengaruh dimana pada grafik dapat diketahui bahwa nilai K dengan karbonisasi lebih besar daripada tanpa karbonisasi. Begitu juga pada grafik perbandingan nilai n dengan size dapat diketahui

bahwa semakin besar luas permukaan adsorben maka akan didapatkan nilai n yang semakin besar. Kemudian proses karbonisasi juga berpengaruh dimana pada grafik dapat diketahui bahwa nilai n dengan karbonisasi lebih besar daripada tanpa karbonisasi. Dari grafik juga dapat diketahui bahwa nilai K berbanding terbalik dengan nilai n dimana ini diwakili oleh bentuk grafik yang berlawanan pada nilai K grafik berbentuk kerucut keatas sedangkan grafik untuk nilai n berbentuk kerucut ke bawah.

## KESIMPULAN

- Dalam penelitian isotherm adsorpsi arang aktif digunakan larutan asam asetat dalam berbagai variasi konsentrasi. yaitu, 1 N, 0.8 N, 0.6 N, 0.4 N bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang untuk mengadsorpsi larutan asam asetat dalam berbagai konsentrasi pada temperatur konstan.
- Pada karbon aktif aktivasi dengan karbonisasi lebih dapat mengadsorpsi secara maksimal daripada tanpa karbonisasi.
- Semakin besar konsentrasi CH<sub>3</sub>COOH maka semakin banyak volume titran (NaOH) yang digunakan.
- Persamaan grafik Isotherm Adsorpsi Freundlich untuk karbon aktif dengan aktivasi tanpa karbonisasi adalah  $y = 0,9999x - 0,7787$ , sehingga didapat nilai  $\log k = -0,7787$  dan  $1/n = 0,9999$ . Maka nilai k adalah 0.1665 dan nilai n adalah 1,0001. Sedangkan persamaan grafik isotherm adsorpsi freunlich untuk karbon aktif dengan aktivasi dengan karbonisasi adalah  $y = 1,0003x - 0,78$ , sehingga didapat nilai  $\log k = -0,78$  dan  $1/n = 1,0003$ . Maka nilai k adalah 0.165 dan nilai n adalah 0,9997. Grafik ini sudah hampir sesuai dengan teori isotherm adsorpsi Freundlich yaitu grafik berupa garis linear.
- Semakin besar luas permukaan adsorben maka akan didapatkan nilai K yang semakin besar dimana nilai K dengan karbonisasi lebih besar daripada tanpa karbonisasi dan semakin besar luas permukaan adsorben maka akan didapatkan nilai n yang semakin besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arrazie, I.F., 2011, Pembuatan Karbon Aktif dari batubara lignit, Politeknik Negeri Sriwijaya
- Marinda, R., Indriyani O., 2005, Pembuatan Karbon Aktif dari Batubara Peringkat Rendah, Politeknik Negeri Samarinda
- Ningrum, N.S., Sutrisno, W., Syahrial, 2000, *Pembuatan Karbon Aktif Dari Batubara Banjarsari, Sumatera Selatan*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung
- Otmer, K., 1972, *Encyclopedia of Chemical Technology*, John Wiley and Sons, New York
- Pujiarti, R.2007., Mutu Arang Aktif dari Limbah Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla* King) sebagai Bahan Penjernih Air. <http://www.google.com>. Jakarta
- Smisek, M. and Cerny, S., 1970, *Active Carbon, Manufacture, Properties, and Applications*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam.
- Speight, J.G., *The Chemistry and Technology of Coal*, 1994, Marcel Dekker, Inc, New York
- Wilson, J., 1981, *Active Carbons From Coals*, Fuel