

PENGARUH PERBANDINGAN BERAT AKTIVATOR $ZnCl_2$:BATUBARA TERHADAP POROSITAS KARBON AKTIF DARI BATUBARA SUBBITUMINUS

Hasanudin, Ady Mara dan Esti Efrita
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Penelitian tentang pengaruh perbandingan berat aktivator $ZnCl_2$: batubara terhadap porositas karbon aktif batubara subbituminus asal Tanjung Enim dilakukan dengan metode aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Zat yang digunakan sebagai aktivator dalam aktivasi kimia adalah $ZnCl_2$. Perbandingan berat $ZnCl_2$: batubara dalam penelitian ini adalah 0 : 1; 0,5 : 1; 1 : 1; 1,75 : 1 dan 2,5 : 1. Proses karbonisasi dilakukan pada temperatur tetap yaitu 500 °C. Produk karbon aktif dianalisa porositasnya dengan menggunakan alat Gas Sorption Analyzer NOVA-1000. Porositas karbon aktif yang diukur tersebut meliputi luas permukaan, total volume pori dan rata-rata jari-jari pori dengan metode adsorpsi gas. Hasil analisa menunjukkan bahwa luas permukaan maksimum pada perbandingan 1 : 1, sebesar 831,37 m²/g, kemudian total volume pori maksimum dicapai pada perbandingan 1,75 : 1, sebesar 460,74×10³ cm³/g. Rata-rata jari-jari pori terendah pada karbon aktif dengan perbandingan 0,5 : 1, sebesar 9,56 Å.

Kata kunci: Batubara subbituminus, Porositas, Karbon aktif

PENDAHULUAN

Karbon aktif merupakan material karbon yang memiliki luas permukaan dan porositas tinggi yang berguna sebagai adsorben dan padatan pengemban katalis. Kebutuhan akan karbon aktif terus meningkat, untuk memenuhi kebutuhan tersebut Indonesia masih mengimpor, untuk itu perlu diupayakan memproduksi karbon aktif dari sumber daya alam yang ada bahkan berlimpah di Indonesia. Dilihat dari sumber alamnya, Indonesia sebenarnya mampu

memproduksi sendiri karbon aktif. Karena hampir semua material yang mengandung kerangka karbon dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif (Munoz, 1992).

Berdasarkan penelitian intensif yang telah dilakukan, cadangan batubara Indonesia diperkirakan sebanyak 36,5 miliar ton pada tahun 1993, sekitar 67 % berada di Sumatera (Suyartono, 1999), sehingga pemanfaatan batubara sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif akan sangat menguntungkan. Mengingat di Sumatera Selatan terdapat

tambang batubara terbesar di Indonesia yaitu PTBA dan kandungan karbon padat batubara hasil penambangan tersebut cukup tinggi yaitu lebih dari 60 % (Hasanudin, 2001), prospek untuk bahan karbon aktif sangat besar.

Luas permukaan dan porositas dari karbon aktif sangat ditentukan oleh pemilihan bahan baku dan metode aktivasi (Laine & Yunes, 1992). Berdasarkan hasil penelitian yang telah ada, karbon aktif dapat dibuat dari dua macam sumber bahan baku. Pertama yaitu dari tumbuhan, seperti kayu dan tempurung kelapa, kedua yaitu dari bahan tambang seperti gambut dan batubara. Adapun kelemahan bahan baku dari tumbuhan adalah memiliki kandungan air yang tinggi sehingga akan menyebabkan jumlah persentase karbon aktif batubara rendah, selain itu sifat bahan bakunya masih terlalu variatif, sehingga kondisi pengolahan sangat berbeda antara sampel satu dengan sampel lainnya hal ini dapat menyulitkan dalam pemilihan bahan baku. Sedangkan untuk bahan baku yang berasal dari tambang mempunyai keuntungan yaitu mempunyai kandungan air sedikit tetapi kandungan

karbonnya tinggi, namun sifat bahan bakunya tidak terlalu variatif.

Sebagian besar cadangan batubara Indonesia merupakan batubara berkualitas rendah. Sekitar 21,3 miliar ton (58,6 %) termasuk peringkat lignit dan 9,7 miliar ton (26,6 %) adalah peringkat subbituminus. Kedua peringkat ini hampir semuanya terdapat di Sumatera. Batubara jenis ini sukar diekspor, karena mengandung zat lengas dan abu yang tinggi sehingga kurang bermanfaat. Penelitian ini menggunakan batubara jenis subbituminus karena kandungan lengas dan abunya lebih rendah dibandingkan dengan batubara jenis lignit. Pada dasarnya ada dua metode aktivasi karbon aktif yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia (Gomez, 1996). Zat aktivator yang biasa digunakan dalam aktivasi kimia antara lain adalah $ZnCl_2$, H_3PO_3 , KOH , $CaCl_2$, $MgCl_2$, dan $MnCl_2$ (Teng, 1998). Pada penelitian ini digunakan metode aktivasi kimia dengan $ZnCl_2$ sebagai aktivator, karena $ZnCl_2$ mempunyai sifat sebagai "Dehydrating Agent" yang akan memacu proses dekomposisi selama karbonisasi dan menghambat pembentukan tar. Selain itu $ZnCl_2$ seringkali digunakan untuk

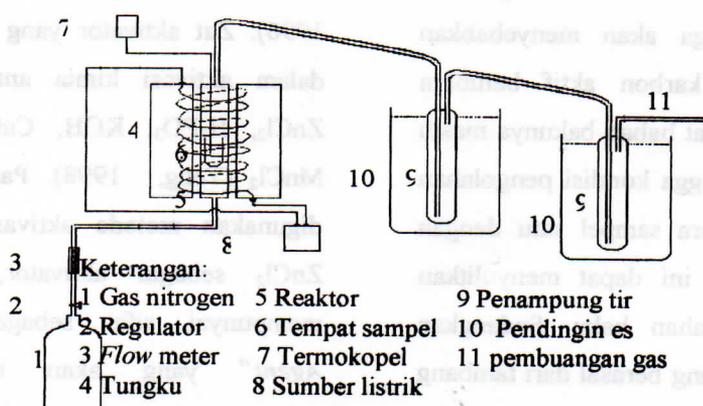
membentuk situs asam-basa Lewis sehingga dapat menunjukkan efek katalis pada proses pembentukan ikatan silang C-C (Palacios, 1990). Dengan penambahan $ZnCl_2$ diharapkan dapat menghasilkan karbon aktif dengan porositas yang tinggi.

Berdasarkan ulasan di atas, maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan karbon aktif dari batubara subbituminus dengan aktivator $ZnCl_2$. Variabel yang diteliti yaitu porositas karbon aktif dari batubara pada temperatur karbonisasi $500\text{ }^\circ\text{C}$.

Metodologi Penelitian

Batubara subbituminus digerus dan diayak dengan ukuran 100-140 mesh. Kemudian ditimbang sebanyak 20 g lalu

dicampur dengan larutan $ZnCl_2$ dengan perbandingan 0 : 1, 0,5 : 1, 1 : 1, 1,75 : 1 dan 2,5 : 1. Campuran tersebut diaduk dan dipanaskan pada temperatur $85\text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 jam, kemudian dikeringkan dalam oven vakum pada temperatur $100\text{ }^\circ\text{C}$. Sampel kering tersebut dikarbonisasi dalam sebuah reaktor dengan menggunakan tungku silinder vertikal pada temperatur $500\text{ }^\circ\text{C}$ selama 1 jam. Selama proses karbonisasi berlangsung, ke dalam reaktor tersebut dialirkan gas nitrogen. Selanjutnya produk karbonisasi didinginkan dengan tetap mengalirkan gas N_2 hingga temperatur kamar.



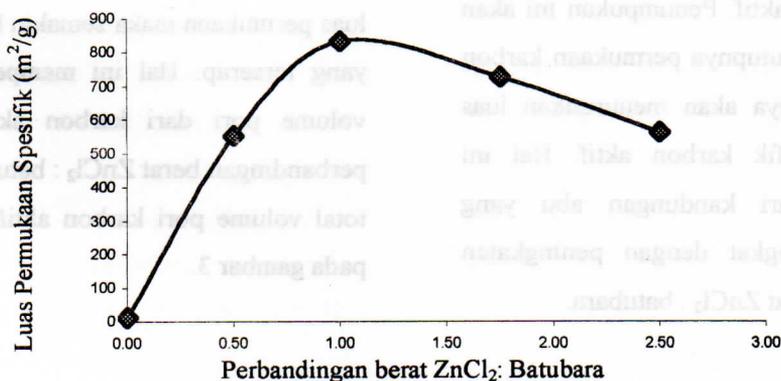
Gambar 1 Skema alat untuk karbonisasi batubara

Produk karbonisasi kemudian dicuci dengan HCl 0,5 N (100 mL/g produk) selama 30 menit, kemudian disaring dan dibilas dengan akuades panas (85°C) hingga filtrat yang terbentuk memiliki pH netral. Produk karbon yang telah dicuci tersebut dikeringkan dalam oven vaccum pada temperatur 85°C untuk menghasilkan produk karbon aktif. Karbon aktif siap dianalisa porositasnya dengan NOVA 1000.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Perbandingan Berat ZnCl_2 : Batubara Terhadap Luas Permukaan Spesifik Karbon Aktif

Karbon aktif yang diperoleh dari hasil karbonisasi pada perbandingan berat ZnCl_2 : batubara, yaitu ; 0 : 1, 0,5 : 1, 1 : 1, 1,75 : 1, 2,5 : 1 luas permukaan spesifiknya dihitung dengan persamaan BET. Hasil perhitungan dari persamaan BET ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh perbandingan berat ZnCl_2 : batubara terhadap luas permukaan karbon aktif.

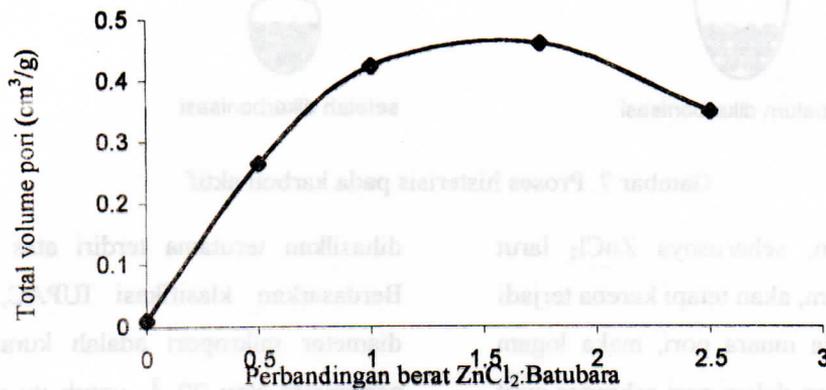
Pola grafik di atas, mula-mula pada perbandingan 0 : 1 sebesar $11,55 \text{ m}^2/\text{g}$, kemudian meningkat hingga mencapai kondisi optimum pada perbandingan 1 : 1

nilainya sebesar $831,37 \text{ m}^2/\text{g}$, kemudian menurun lagi sampai pada perbandingan 2,5 : 1 sebesar $561,82 \text{ m}^2/\text{g}$. Tingginya nilai luas permukaan spesifik pada perbandingan

1 : 1 menunjukkan banyaknya senyawa organik yang terdekomposisi sehingga senyawa organik terlepas dari pori-pori batubara. Pelepasan senyawa organik ini akan membantu terjadinya pembukaan pori sehingga luas permukaan spesifik semakin meningkat. Namun pada perbandingan 1,75 : 1 dan 2,5 : 1, luas permukaan spesifik menurun. Penurunan luas permukaan spesifik tersebut karena dengan penambahan $ZnCl_2$ maka akan semakin banyak terjadi penumpukan logam Zn dalam pori-pori karbon aktif. Penumpukan ini akan menyebabkan tertutupnya permukaan karbon aktif yang akhirnya akan menurunkan luas permukaan spesifik karbon aktif. Hal ini dapat dilihat dari kandungan abu yang cenderung meningkat dengan peningkatan perbandingan berat $ZnCl_2$: batubara.

2. Pengaruh Perbandingan Berat $ZnCl_2$:Batubara Terhadap Total Volume Pori

Penambahan $ZnCl_2$ bertujuan untuk membuka pori dan memacu terjadinya proses dekomposisi senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam batubara sehingga membentuk senyawa yang mudah menguap. Proses ini akan menyebabkan terjadinya pelepasan senyawa yang mudah menguap dan akhirnya dapat membentuk pori-pori baru sehingga terjadi peningkatan luas permukaan dari karbon aktif yang dihasilkan. Semakin besar luas permukaan maka semakin banyak gas N_2 yang terserap. Hal ini mempengaruhi total volume pori dari karbon aktif. Pengaruh perbandingan berat $ZnCl_2$: batubara terhadap total volume pori karbon aktif dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh perbandingan berat ZnCl₂ : batubara terhadap total volume pori

Gambar di atas memperlihatkan bahwa total volume pori maksimum dicapai pada perbandingan 1,75 : 1 sebesar $460,74 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{g}$ dan semakin berkurang dengan penambahan aktivator ZnCl₂ pada perbandingan 2,5 : 1 sebesar $349,37 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{g}$. Penurunan total volume pori ini disebabkan karena tertutupnya permukaan pori karbon aktif oleh sisa ZnCl₂ yang tidak dapat dicuci atau lepas dari pori ketika pencucian.

Fenomena ini dapat dijelaskan berdasarkan teori histerisis yaitu jumlah zat yang teradsorpsi tidak sama dengan jumlah zat yang terdesorpsi. Hal ini dapat dijelaskan

dengan salah satu model runtuhnya pori-pori pada karbon aktif. Pada proses perendaman batubara dengan larutan ZnCl₂ (aktivasi), ZnCl₂ akan teradsorpsi ke dalam pori-pori batubara. Ketika dipanaskan pada suhu 500 °C, maka akan terjadi reaksi dekomposisi senyawa-senyawa yang ada dalam batubara dengan katalis ZnCl₂. Dekomposisi ini sebagian akan menyebabkan runtuhnya pori bagian luar partikel sehingga akan mempersempit pori luarnya seperti ditunjukkan pada gambar 7.



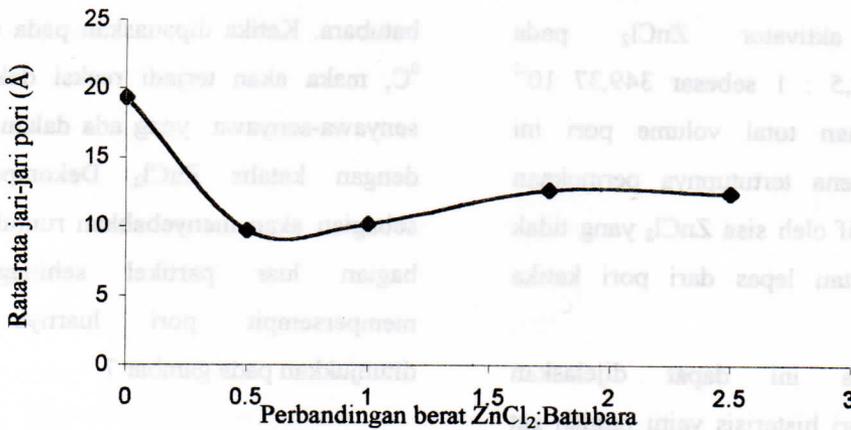
Gambar 7. Proses histerisis pada karbon aktif

Ketika pencucian, seharusnya $ZnCl_2$ larut dalam pelarut asam, akan tetapi karena terjadi penyempitan pada muara pori, maka logam $ZnCl_2$ terperangkap dalam pori sehingga sulit untuk lepas.

3. Pengaruh Perbandingan Berat $ZnCl_2$: Batubara Terhadap Rata-rata Jari-jari Pori

Pada penjelasan sebelumnya telah diterangkan bahwa karbon aktif yang

dihasilkan terutama terdiri atas mikropori. Berdasarkan klasifikasi IUPAC, besarnya diameter mikropori adalah kurang dari 2 nanometer atau 20 Å, untuk itu maka perlu dilakukan perhitungan rata-rata jari-jari pori. Hasil perhitungan tersebut digambarkan pada gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh perbandingan berat $ZnCl_2$: batubara terhadap rata-rata jari-jari pori

Penurunan rata-rata jari-jari pori pada gambar di atas terjadi pada seluruh karbon aktif dengan aktivasi $ZnCl_2$ dibandingkan dengan tanpa aktivasi, rata-rata jari-jari pori terendah terjadi pada karbon aktif dari perbandingan 0,5 : 1 sebesar 9,56 Å. Secara keseluruhan karbon aktif yang dihasilkan terdiri atas mikropori dan mesopori. Pori tersebut terbentuk karena penambahan $ZnCl_2$ yang akan menyebabkan terjadinya pemutusan ikatan silang dan *dehydrating agent* sehingga senyawa organik yang mudah menguap terlepas dari pori-pori batubara. Aktivator $ZnCl_2$ juga berfungsi mengkatalisis terbentuknya ikatan C-C yang baru. Terbentuknya ikatan silang ini akan mempersempit jari-jari pori, hal inilah yang menyebabkan rata-rata jari-jari pori karbon aktif yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan jari-jari batubara tanpa aktivasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan pada temperatur karbonisasi 500 °C,

perbandingan berat aktivator $ZnCl_2$: batubara dapat mempengaruhi porositas karbon aktif yang dihasilkan, meliputi luas permukaan, total volume pori dan rata-rata jari-jari pori. Semakin besar perbandingan berat $ZnCl_2$: batubara maka luas permukaan karbon aktif akan semakin besar, dan mencapai maksimum pada perbandingan 1 : 1 sebesar 831,37 m²/g. Total volume pori karbon aktif akan semakin meningkat dengan besarnya perbandingan berat $ZnCl_2$: batubara sehingga akan mencapai maksimum pada perbandingan 1,75 : 1 sebesar $460,74 \times 10^{-3}$ cm³/g. Aktivasi batubara dengan $ZnCl_2$ akan menyebabkan terjadinya penurunan rata-rata jari-jari pori, tetapi semakin besar perbandingan berat $ZnCl_2$: batubara akan terjadi kenaikan kembali rata-rata jari-jari pori dari karbon aktif yang dihasilkan.

2. Saran

Perlu diteliti lebih lanjut mengenai penggunaan aktivator lain dan penentuan perbandingan berat aktivator : batubara serta penentuan temperatur karbonisasinya untuk meningkatkan porositas karbon aktif batubara.

DAFTAR PUSTAKA

- Gomez. I.M.J., Garcia. G.C., Martinez. S.L., dan Solano. C.L, 1996, Activated Carbon from Spanish Coal. 2. Chemical Activation, *Energy and Fuel*, 10, 1108.
- Hasanudin, 2001., Peningkatan Kualitas Batubara Lignit Dengan Metode Pirolisis Dan Ekstraksi, Tesis S2, UGM.
- Laine.J. dan Yunes.S., 1992, Effect of the Preparation Method on The Pore Size Distribution of Activated Carbon from Coconut Shell, *Carbon*, 30, 601
- Munoz. G.M., Gomez. I.M.J., Martinez. M.J.M., Solano. L.A., dan Martinez. S.L., 1992, Activated Carbons from Spanish Coal. 1. Two-stage CO₂ Activation, *Energy and Fuel*, 6, 9.
- Palacios. J.M., Moliner. R., dan Ibarra. J.V., 1990, Catalytic Effects of Zinc Chloride in the Pyrolysis of Spanish High Sulphur Coals, *Fuel*, 70, 727.
- Suyartono, 1999, Kebijakan Pemanfaatan Batubara, Makalah Seminar Nasional Pemanfaatan Batubara Peringkat Rendah, Jakarta.
- Teng. H dan Yeh. T.S., 1998, Preparation of Activated Carbon from Bituminous Coal with Zinc Chloride Activation, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 37, 58.