

## KARAKTERISTIK KARBON AKTIF SEBAGAI ADSORBEN DARI BATUBARA KALIMANTAN TIMUR

**Bambang Suryawan, Awaludin Martin, M. Idrus Alhamid, Nasruddin**

Laboratorium Pendingin dan Pengkondisian Udara

Departemen Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Depok, Jawa Barat

E-mail : awaludin\_martin@yahoo.com

### Abstrak

*Konsumsi karbon aktif dunia terus mengalami peningkatan, hal tersebut dikarenakan karbon aktif adalah salah satu material yang sangat penting yang digunakan pada sistem penyerapan (adsorption system) seperti pada sistem penjernihan air, sistem penyerapan limbah, sebagai gas storage (penyimpan gas), sistem pendingin adsorpsi, pemurnian gas alam dan lain-lain. Bahan dasar karbon aktif adalah seluruh material yang memiliki unsur karbon, seperti kayu, kulit kacang, tulang, cangkang kelapa, cangkang kelapa sawit, batubara dan lain-lain. Pembuatan karbon aktif dari batubara dilakukan melalui proses persiapan bahan dasar, proses karbonisasi dan proses aktivasi. Hasil karakterisasi karbon aktif dari batubara menunjukkan burn-off dan luas permukaan karbon aktif pada proses karbonisasi yang sama dipengaruhi oleh waktu proses aktivasi. Luas permukaan terbesar adalah pada karbon aktif dengan waktu aktivasi 180 menit sebesar  $195 \text{ m}^2/\text{gr}$  yang mampu menyerap  $\text{CO}_2$  sebagai adsorbat sebesar 47,4 mgr/gr selama 1 jam pada tekanan equilibrium 1 bar. Karbon aktif hasil penelitian ini dapat dinyatakan sebagai karbon aktif yang efektif karena memiliki luas permukaan lebih dari  $5 \text{ m}^2/\text{gr}$  namun belum bisa disebut sebagai karbon aktif komersial.*

*Kata kunci : Karbon aktif, Adsorben, Adsorpsi pada padatan dan batubara*

### 1. PENDAHULUAN

Konsumsi karbon aktif dunia terus mengalami peningkatan, hal tersebut dikarenakan karbon aktif adalah salah satu material yang sangat penting yang digunakan pada sistem penyerapan (adsorption system) seperti pada sistem penjernihan air, sistem penyerapan limbah, sebagai katalis reaksi, gas storage (penyimpan gas), sistem pendingin, pemurnian gas alam dan lain-lain (Marsh, Harry and Francisco Rodriguez-Reinoso, 2006).

Karbon aktif banyak digunakan pada aplikasi diatas karena memiliki luas permukaan yang sangat besar sampai dengan  $1,95 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{kg}$ , dengan pori-pori volume nya  $10,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg}$  dan diameter pori rata-rata  $21,6 \text{ \AA}$  (El-Sharkawy I.I. et al, 2006), sehingga sangat memungkinkan untuk dapat menyerap adsorbat dalam jumlah yang banyak.

Karbon aktif didefinisikan sebagai karbon aktif yang effektive jika memiliki luas permukaan paling tidak  $5 \text{ m}^2/\text{gr}$ , namun untuk karbon aktif yang digunakan pada dunia industri luas permukaan karbon aktif bisa di atas  $2000 \text{ m}^2/\text{gr}$  (Rouquerol, Jean, dkk, 1998). Yang, Ralph. T, 2003 dalam bukunya menyatakan bahwa karbon aktif memiliki luas permukaan dari  $300 \text{ m}^2/\text{gr}$  sampai dengan  $4000 \text{ m}^2/\text{gr}$ . Bahan dasar karbon aktif adalah seluruh material yang memiliki unsur karbon, seperti kayu, kulit kacang, tulang, cangkang kelapa, cangkang kelapa sawit, batubara dan lain-lain (Marsh, Harry and Francisco Rodriguez-Reinoso, 2006).

Prosedur pembuatan karbon aktif pada dasarnya terdiri atas: preparasi bahan dasar, karbonisasi dan aktivasi fisika atau aktivasi kimia (Yang, Ralph. T, 2003).

Tujuan penelitian ini adalah membuat karbon aktif dengan bahan dasar batubara dari Kalimantan Timur dengan menggunakan metode aktivasi fisika. Karbon aktif yang dihasilkan akan dianalisis untuk mengetahui pengaruh waktu proses aktivasi terhadap *burn off* batubara dan pengaruh waktu proses aktivasi terhadap luas permukaan karbon aktif dari batubara tersebut.

### 2. METODE PENELITIAN

#### Bahan Dasar

Bahan dasar yang digunakan pada penelitian ini adalah batubara dari Kalimantan Timur dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi batubara (Balai Besar Teknologi Energi-BPPT)

Deskripsi		(%)
Proximate Analysis	Moisture	6,97
	Ash Content	0,52
	Volatile Matter	39,7
	Fixed Carbon	52,81
Ultimate Analysis	Moisture	6,97
	Ash Content	0,52
	Total Sulphur	0,2
	Carbon	70,87
	Hydrogen	4,98
	Nitrogen	1,31
	Oxygen	15,16

### Alat

- *Autoclave* digunakan sebagai tempat atau wadah peletakan sampel sebelum dimasukkan ke dalam *furnace* pada proses karbonisasi dan aktivasi
- *Furnace* merek Hofmann digunakan untuk pemanasan sampel pada proses karbonisasi dan aktivasi.
- Lumpang dan alu digunakan untuk menggerus sampel sehingga diperoleh ukuran sampel yang lebih kecil
- Timbangan digital digunakan untuk mengetahui berat sampel
- *Flow rate gas* merek dwyer digunakan untuk menjaga kestabilan laju aliran gas inert pada saat proses karbonisasi dan *activating agent* pada saat proses aktivasi
- *Buble soap* dan *stopwatch* digunakan untuk menentukan besarnya laju aliran gas inert
- Ayakan No 10 dan 20 digunakan untuk memperoleh ukuran sampel yang seragam yaitu 0,85 – 2,3 mm
- Gas nitrogen *high purity* 99.995% digunakan pada proses karbonisasi
- Gas karbondioksida *high purity* 99,9 – 99,99 % digunakan pada proses aktivasi.
- *Tube stainless steel* digunakan sebagai tempat pengaliran gas masuk dan keluar *autoclave*
- Peralatan bantu lainnya seperti kunci-kunci, botol plastik, kain lap dan lain-lain



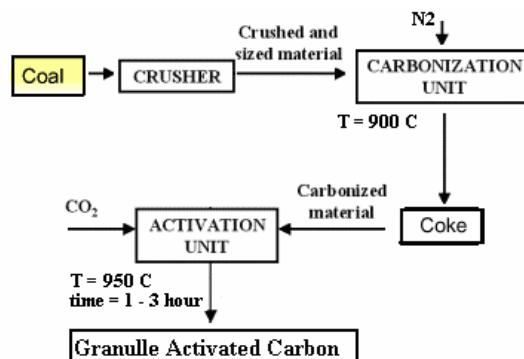
Gbr 1. *Autoclave* (a), *Furnace* (b)

### Prosedur Pembuatan Karbon Aktif

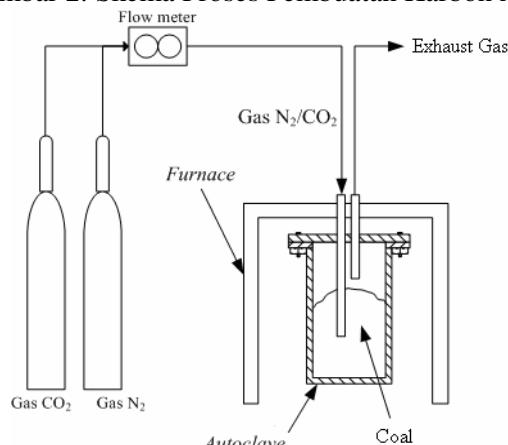
Berikut adalah tahapan proses pembuatan karbon aktif untuk ketiga jenis batu bara tersebut diatas:

6. Batu bara yang masih dalam ukuran besar dihancurkan sehingga berdiameter  $\pm$  2-10 mm, setelah hancur batubara tersebut dicuci dengan aquades dan selanjutnya dikeringkan dengan cara diangin-anginkan.
7. Kemudian batubara di karbonisasi pada temperatur 900°C selama 1 jam dengan gas N<sub>2</sub> sebagai gas innert dengan laju aliran  $\pm$  80 ml/menit. Untuk mencapai temperatur 900°C, furnace diatur dengan kenaikan rata-rata 7,5 °C/menit.

- Batu bara yang telah dikarbonisasi selanjutnya di aktivasi pada temperatur 950°C, selama 60, 90, 120, 150, dan 180 menit dengan gas CO<sub>2</sub> sebagai *activating agent* dengan laju aliran ±80 ml/menit dan dengan kenaikan temperatur furnace sama dengan pada proses karbonisasi. Setelah proses aktivasi batubara ditimbang untuk mengetahui kekurangan berat yang diakibatkan pada proses tersebut.
- Selanjutnya karbon aktif digerus lalu di ayak agar memiliki keseragaman ukuran (10 x 20 mesh)
- Batubara yang telah diaktivasi selanjutnya dianalisis dan diuji di untuk mendapatkan data luas permukaan karbon aktif.



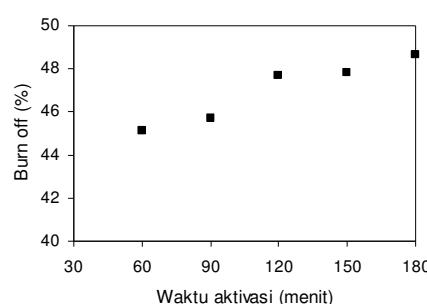
Gambar 2. Skema Proses Pembuatan Karbon Aktif



Gambar 3. Skema Alat Pembuatan Karbon Aktif

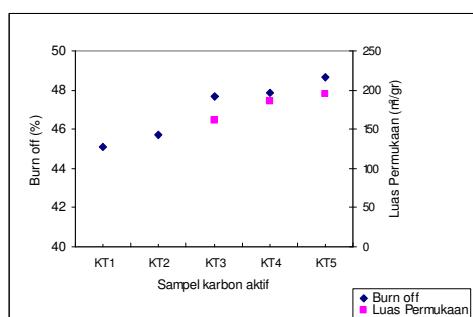
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan utama proses aktivasi adalah untuk membuka atau memperbesar pori-pori, mengangkat atau melepaskan unsur-unsur selain karbon yang masih menutupi pori-pori dan mengeluarkan unsur-unsur tersebut bersama CO<sub>2</sub> yang dialirkan sebagai *activating agent* dengan methode gasifikasi atau *partial combustion*.



Gambar 4. Grafik hubungan antara waktu proses aktivasi dengan *burn-off*

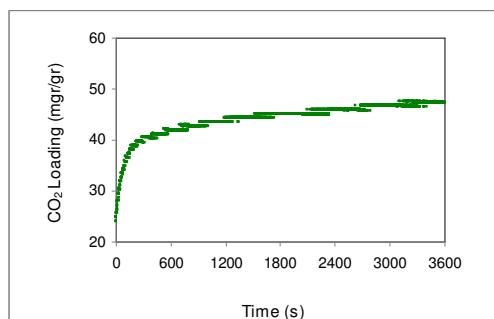
Dari gambar 4 terlihat bahwa semakin lama proses aktivasi dilakukan maka jumlah massa yang terbakar (*burn-off*) akan semakin besar. Nilai *burn-off* terbesar yaitu pada proses aktivasi 180 menit (3 jam) sebesar 46,87% dan yang paling rendah adalah pada proses aktivasi 60 menit sebesar 45,12%. Gambar 5 menjelaskan bahwa semakin lama proses aktivasi maka besarnya *burn-off* akan semakin besar dengan demikian besarnya luas permukaan juga semakin besar. Pada proses aktivasi 120 menit luas permukaan yang terbentuk sebesar  $161,5 \text{ m}^2/\text{gr}$  dan pada proses aktivasi 180 menit luas permukaan yang terbentuk sebesar  $195 \text{ m}^2/\text{gr}$ . Hal tersebut sesuai dengan Marsh, Harryet al., 2006 bahwa selain dipengaruhi oleh kenaikan temperatur dan konsumsi energi, proses aktivasi juga dipengaruhi oleh lamanya proses dan jumlah atau besarnya *activating agent* yang dialirkan.



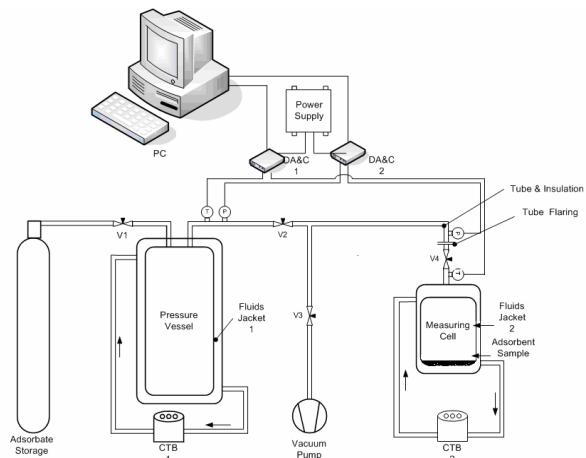
Gambar 5. Grafik hubungan karbon aktif KT-*burn-off* dan luas permukaan.

### Penyerapan $\text{CO}_2$ pada Karbon Aktif

Metode penyerapan volumetrik pada kondisi isothermal dilakukan pada karbon aktif dengan lama proses aktivasi 180 menit. Hal ini dilakukan untuk membuktikan bahwa karbon aktif yang diproduksi mampu menyerap adsorbat. Pada penelitian ini adsorbat yang digunakan  $\text{CO}_2$  dan pada tekanan equilibrium 1 bar mampu menyerap adsorbat sebesar 47,4 mgr/gr .



Gambar 6. Penyerapan  $\text{CO}_2$  pada Karbon Aktif pada Tekanan equilibrium 1 bar



Gambar 7. Skema alat uji Adsorpsi Kinetic (Martin, Awaludin, dkk, 2008)

#### 4. KESIMPULAN

4. Luas permukaan yang terbentuk pada proses aktivasi sangat dipengaruhi oleh kenaikan temperatur dan lama proses aktivasi, disamping masih ada faktor lainnya seperti jumlah aliran *activating agent* dan alat yang digunakan.
  5. Dari hasil penelitian yang dilakukan karbon aktif yang terbaik adalah karbon aktif dengan waktu proses aktivasi 180 menit sebesar  $195 \text{ m}^2/\text{gr}$ .
  6. Luas permukaan yang terbentuk pada proses aktivasi untuk temperatur  $950^\circ\text{C}$  dan lama proses 3 jam telah mengubah batubara menjadi karbon aktif yang efektif karena luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan lebih besar dari  $5 \text{ m}^2/\text{gr}$  namun masih belum bisa dikatakan sebagai karbon aktif komersial yang dapat digunakan pada dunia industri.
  7. Pada tekanan equilibrium 1 bar karbon aktif yang diaktivasi selama 180 menit mampu menyerap  $\text{CO}_2$  sebagai adsorbat sebesar 47,4 mgr/gr.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai melalui Proyek Hibah Bersaing Direktorat Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional dengan No. 239 AT/DRPM-UI/N14/2008 dan Proyek Hibah PHK A-3 Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik-Universitas Indonesia.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- El-Sharkawy, Ibrahim I., He Jing Ming, Kim Choon Ng., Christopher Yap, and Bidyut Baran Saha, *Adsorption Equilibrium and Kinetics of Gasoline Vapors onto Carbon-Based Adsorbents*, J. Chem. Eng. Data 2008, 53, 41–47
- Manocha, Satish. M, 2003, *Porous Carbons*, Sadhana volume 28 part 1&2 pp 335-348, India
- Marsh, Harry and Francisco Rodriguez-Reinoso, 2006, *Activated Carbon*, Elsevier Ltd, Oxford UK
- Martin, Awaludin, Arfie I. Firmansyah, Bambang Suryawan, M. Idrus Alhamid, Nasruddin, 2008, Design, Manufacturing and Testing Kinetic Adsorption Test Rig, Sriwijaya International Seminar on Energy Science and Technology, Universitas Sriwijaya, Palembang, 5-6 Nov 2008, submitted publish
- Rouquerol, Jean, François Rouquerol, Kenneth Sing, 1998 *Absorption By Powders And Porous Solids*, Elsevier
- Sertifikat analisa, 2008, Balai Besar Teknologi Energi-BPPT, Serpong
- Yang, Ralph. T, 2003, *Adsorbents: Fundamentals and Applications*, John wiley and Sons Inc, New Jersey