

## KARAKTERISTIK KARBON AKTIF SEBAGAI ADSORBEN DARI BATUBARA SUMATERA SELATAN

**Awaludin Martin, Bambang Suryawan, 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](mailto:awaludin_martin@yahoo.com)

### Abstrak

*Konsumsi batubara, khususnya di Indonesia sampai saat ini hanya sebagai bahan baku, sehingga nilai ekonomi dari batubara masih sangat rendah. Untuk itu perlu dilakukan penelitian agar nilai ekonomi batubara dapat lebih meningkat, salah satu cara untuk meningkatkan nilai ekonomi batubara adalah dengan menjadikan batubara sebagai karbon aktif. Karbon aktif adalah salah satu material atau zat penyerap (adsorben) yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mempertahankan cairan atau gas didalamnya pada sistem adsorpsi pada padatan. Aplikasi karbon aktif pada sistem adsorpsi pada padatan digunakan sebagai pemisah gas, penyimpanan gas, sistem pendingin, penyerap limbah industri dan lain-lain. Pembuatan karbon aktif dari batubara pada dasarnya 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 99 m<sup>2</sup>/gr. Karbon aktif hasil penelitian ini dapat dinyatakan sebagai karbon aktif yang efektif karena memiliki luas permukaan lebih dari 5 m<sup>2</sup>/gr namun belum bisa disebut sebagai karbon aktif komersial.*

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

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang kaya akan sumber daya alam. Salah satu potensi kekayaan alam Indonesia adalah batubara. Potensi sumber daya batubara Indonesia cukup besar yaitu 61,366 miliar ton yang tersebar di 19 daerah provinsi termasuk Provinsi Sumatera Selatan. Dari potensi tersebut jumlah yang paling banyak adalah batubara jenis kalori sedang sebesar 37,69467 milyar ton, batubara jenis kalori rendah sebesar 14,94962 milyar ton dan selebihnya batubara dengan nilai kalori tinggi dan sangat tinggi (Indonesia Energy, 2006).

Konsumsi batubara, khususnya di Indonesia sampai saat ini hanya sebagai bahan bakar. Sehingga nilai ekonomi dari batubara masih sangat rendah, untuk itu perlu dilakukan penelitian agar nilai ekonomi batubara dapat lebih meningkat. Salah satu cara untuk meningkatkan nilai ekonomi batubara adalah dengan menjadikan batubara sebagai karbon aktif.

Konsumsi karbon aktif dunia terus mengalami peningkatan, hal tersebut dikarenakan karbon aktif adalah salah satu material atau zat penyerap (adsorben) yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mempertahankan cairan atau gas didalamnya pada sistem adsorpsi pada padatan. Aplikasi karbon aktif pada sistem adsorpsi pada padatan digunakan sebagai pemisah gas, penyimpanan gas, sistem pendingin, penyerap limbah industri 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. 10<sup>6</sup> m<sup>2</sup>/kg, dengan pori-pori volume nya 10,28. 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/kg dan diameter pori rata-rata 21,6 Å (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 efektif jika memiliki luas permukaan paling tidak 5 m<sup>2</sup>/gr, namun untuk karbon aktif yang digunakan pada dunia industri luas permukaan karbon aktif bisa di atas 2000 m<sup>2</sup>/gr (Rouquerol, Jean, dkk, 1998). Yang, Ralph. T, 2003 dalam bukunya menyatakan bahwa karbon aktif memiliki luas permukaan dari 300 m<sup>2</sup>/gr sampai dengan 4000 m<sup>2</sup>/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 Sumatera Selatan 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

### 2.1 *Bahan Dasar*

Bahan dasar yang digunakan pada penelitian ini adalah batubara dari Sumatera Selatan dengan spesifikasi sebagai berikut:

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

	Deskripsi	(%)
Proximate Analisis	Moisture	3,13
	Ash Content	6,39
	Volatile Matter	29,21
	Fixed Carbon	61,27
Ultimate Analisis	Moisture	3,31
	Ash Content	6,39
	Total Sulphur	0,83
	Carbon	73,46
	Hydrogen	4,47
	Nitrogen	0,62
	Oxygen	11,11

### 2.2 *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



(a)



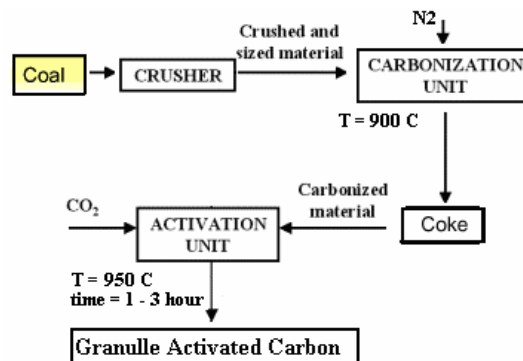
(b)

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

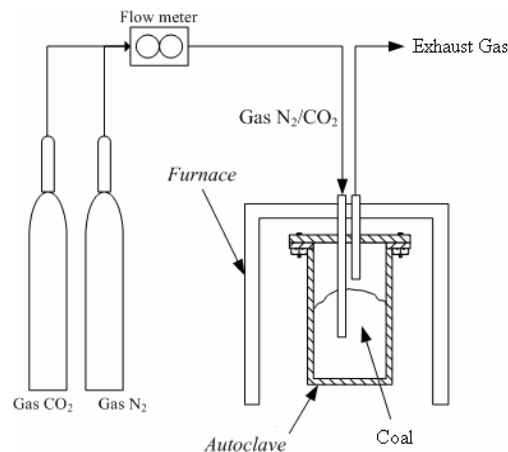
### 2.3 Prosedur Pembuatan Karbon Aktif

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

1. 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.
2. Kemudian batubara di karbonisasi pada temperatur  $900^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam dengan gas  $\text{N}_2$  sebagai gas inert dengan laju aliran  $\pm 80$  ml/menit. Untuk mencapai temperatur  $900^{\circ}\text{C}$ , furnace diatur dengan kenaikan rata-rata  $7.5^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ .
3. Batu bara yang telah dikarbonisasi selanjutnya di aktivasi pada temperatur  $950^{\circ}\text{C}$ , selama 60, 90, 120, 150, dan 180 menit dengan gas  $\text{CO}_2$  sebagai *activating agent* dengan laju aliran  $\pm 80$  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.
4. Selanjutnya karbon aktif digerus lalu di ayak agar memiliki keseragaman ukuran (10 x 20 mesh)
5. Batubara yang telah diaktivasi selanjutnya dianalisis dan diuji di untuk mendapatkan data luas permukaan karbon aktif.



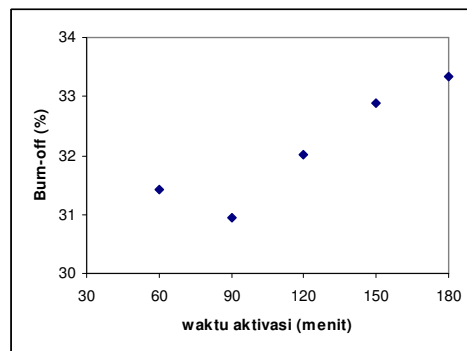
Gambar 2. Skema Proses Pembuatan Karbon Aktif.



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 metode gasifikasi atau *partial combustion*.



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

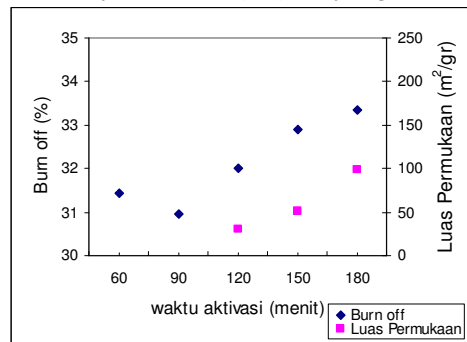
Dari gambar 4 terlihat bahwa semakin lama proses aktivasi dilakukan maka jumlah massa yang terbakar akan semakin besar. Nilai *burn-off* terbesar yaitu pada proses aktivasi 180 menit (3 jam) sebesar 33.35% dan yang paling rendah adalah pada proses aktivasi 90 menit sebesar 30.94%. Pada gambar 4 juga terlihat bahwa pada sampel dengan proses aktivasi 60 menit memiliki nilai *burn-off* yang lebih besar dibanding pada sampel dengan proses aktivasi 90 menit, hal tersebut dikarenakan kenaikan temperatur dan konsumsi energi pada sampel dengan proses aktivasi 60 menit lebih besar dibanding pada sampel dengan proses aktivasi 90 menit.

Tabel 2. Proses aktivasi Batubara Sumatera Selatan

Proses aktivasi (menit)	Temperatur		Kenaikan Temp (°C/mnt)	Konsumsi Energi (KJ/°C)
	awal	aktivasi		
60	63	950	7.3	1.549
90	25	950	5.9	1.405
120	95	950	7.3	1.982
150	92	950	7.2	2.062
180	81	950	7.3	2.143

Gambar 5 menjelaskan bahwa semakin lama proses aktivasi maka nilai *burn-off* akan semakin besar, dengan demikian besarnya luas permukaan juga semakin besar. Pada proses aktivasi 120 menit luas permukaan yang terbentuk sebesar 31 m<sup>2</sup>/gr dan pada proses aktivasi 180 menit luas permukaan

yang terbentuk sebesar  $99 \text{ m}^2/\text{gr}$ . Hal tersebut sesuai dengan Marsh, Harry et 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.

#### 4. KESIMPULAN

1. 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.
2. Dari hasil penelitian yang dilakukan karbon aktif yang terbaik adalah karbon aktif dengan waktu proses aktivasi 180 menit sebesar  $99 \text{ m}^2/\text{gr}$ .
3. 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.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai melalui 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
- 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