

# PENGARUH UKURAN BUTIR BATUBARA (*GRAIN SIZE*) TERHADAP KEMAMPUAN ADSORPSI CO<sub>2</sub>, STUDI KASUS PADA BATUBARA DARI CEKUNGAN SUMATERA SELATAN

Barlin

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Palembang – Prabumulih KM 32, Indralaya, Ogan Ilir Sumsel, 30662  
Email : barlin\_oemar@yahoo.com

## Abstrak

Penelitian secara eksperimental telah dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh ukuran butir (*grain size*) batubara terhadap kemampuan adsorpsi CO<sub>2</sub>. Batubara yang digunakan berasal dari cekungan Sumatera Selatan dengan ukuran butir yaitu 0,075 mm; 0,15 mm; 0,3 mm; 0,4 mm; 0,6 mm dan 1,0 mm. Pengujian kemampuan adsorpsi CO<sub>2</sub> dilakukan dengan metode volumetrik pada tekanan CO<sub>2</sub> antara 10 - 60 bar dan temperatur sistem 40°C. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa kemampuan adsorpsi CO<sub>2</sub> akan menurun dengan bertambahnya ukuran butir batubara. Hal ini disebabkan karena terjadi peningkatan laju adsorpsi akibat bertambahnya ukuran butir (*grain size*).

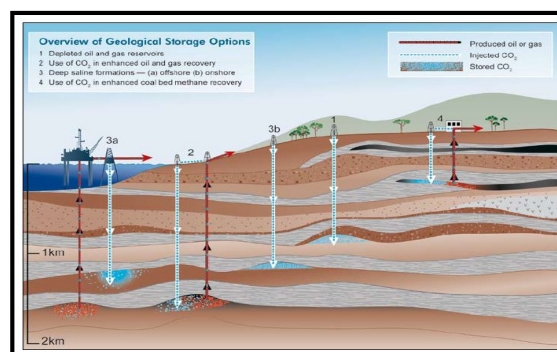
**Kata kunci :** batubara, karbondioksida (CO<sub>2</sub>), adsorpsi, metode volumetric

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pemanasan global (*global warming*) adalah peningkatan temperatur rata-rata atmosfer, laut dan daratan bumi yang diakibatkan oleh pelepasan gas rumah kaca seperti karbondioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), oksida asam nitrat (N<sub>2</sub>O) hidro fluoro karbon (HFC) dan sulfur heksa fluorida (SF<sub>6</sub>). Perubahan iklim (*climate change*) telah menjadi topik yang sedang hangat dibicarakan saat ini. Gas karbondioksida merupakan salah satu jenis gas rumah kaca yang dianggap sebagai penyebab utama timbulnya pemanasan global. Penggunaan bahan bakar fosil, perubahan tataguna lahan dan pembakaran hutan baik secara alamiah maupun sengaja dibakar merupakan sumber timbulnya emisi gas karbondioksida di atmosfer ([www.globalwarming.com](http://www.globalwarming.com)).

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi gas karbondioksida di atmosfer dalam jangka menengah maupun panjang adalah dengan menyimpan karbondioksida ke dalam formasi geologi (*geological formation*). Pada saat ini ada tiga alternatif formasi geologi yang dapat digunakan sebagai media penyimpan gas karbondioksida yaitu reservoir air garam jenuh (*saline aquifer*), reservoir minyak dan gas bumi yang sudah menurun produksinya (*depleted oil and gas reservoirs*) dan lapisan batubara yang secara ekonomis tidak bisa ditambang karena terlalu dalam (*unmineable coalbeds*). Skema alternatif formasi geologi ini dapat dilihat pada gambar 1 (IPCC, 2005).



Gambar 1. Skema alternatif formasi geologi sebagai media penyimpanan CO<sub>2</sub> (IPCC, 2005)

### 1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara ukuran butir batubara (*grain size*) terhadap kemampuan adsorpsi CO<sub>2</sub>.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Sampel Batubara

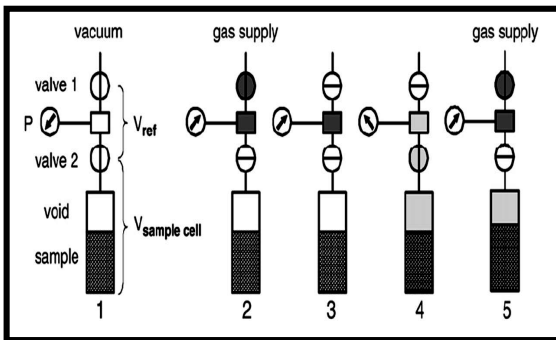
Batubara yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari cekungan Sumatra Selatan.

### 2.2. Metode Penelitian

Analisis adsorpsi gas CO<sub>2</sub> dengan metode volumetrik



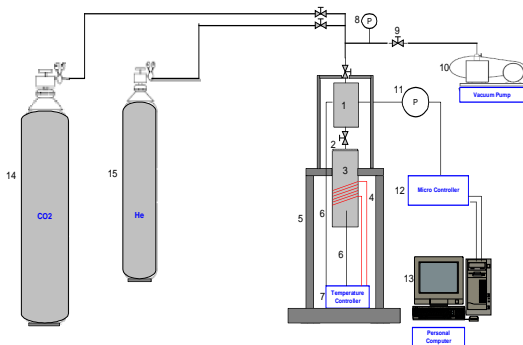
telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya diantaranya Gasem dkk (2002), Sudibandriyo dkk (2005) dan Busch dkk (2003, 2004 dan 2007). Skema alat eksperimen dengan metode volumetrik terlihat pada gambar 4.



**Gambar 2. Skema alat eksperimen adsorpsi gas CO<sub>2</sub> dengan metode volumetrik (Busch, 2007)**

### 2.3. Alat penelitian

Skema alat penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terlihat pada gambar 5.



**Gambar 3. Skema alat penelitian adsorpsi CO<sub>2</sub>**

Keterangan gambar :

1. Reference cell, 2. Micro filter, 3. Sample cell, 4. Kawat pemanas (heater wire), 5. Rangka, 6. Termokopel,
7. Temperatur controller, 8. Pressure gauge, 9. Gate valve dan safety valve, 10. Vacuum pump, 11. Pressure transducer, 12. Microcontroller, 13. Personal computer,
14. Tabung gas CO<sub>2</sub>, 15. Tabung gas helium

### 2.4. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Batubara ditumbuk pada beberapa ukuran butir yaitu 0,075 mm, 0,15 mm, 0,3 mm, 0,4 mm, 0,6 mm dan 1,0 mm Kemudian dimasukkan ke dalam *sample cell*.

2. Pengaturan temperatur sistem selama proses agar selalu konstan dengan menggunakan *temperature controller* pada 40°C.
3. Proses vakum terhadap sistem dengan menggunakan *vacuum pump* selama 15 menit. Proses vakum dilakukan agar tidak ada gas atau butir lain yang masuk ke dalam *reference cell* dan *sample cell*.
4. Injeksi gas helium ke dalam *reference cell* dengan membuka *valve 1* dan menutup *valve 2*. Gas helium diinjeksikan ke dalam *reference cell* lalu dibiarkan sampai *equilibrium state* selama 15 menit, kemudian dicatat tekanan yang ditunjukkan oleh *pressure transducer* sebagai tekanan *reference cell* ( $P_1$ ).
5. Injeksi gas helium ke *sample cell* dengan membuka *valve 2* sehingga gas helium masuk ke *sample cell*, lalu dibiarkan sampai tercapai *pressure and temperature equilibration* selama 15 menit, kemudian tekanan yang ditunjukkan oleh *pressure transducer* dicatat sebagai tekanan *sample cell* ( $P_2$ ). Injeksi gas helium ini dilakukan untuk mengetahui volume kosong (*void volume* ( $V_{void}$ )). Setelah itu dilakukan proses vakum terhadap sistem selama 15 menit agar sistem dalam kondisi vakum kembali.
6. Injeksi gas CO<sub>2</sub> dengan membuka *valve 1* dan menutup *valve 2* sehingga gas CO<sub>2</sub> masuk ke dalam *reference cell*.
7. Proses *thermal equilibration* selama 45 menit, pada proses ini sistem dibiarkan selama 45 menit sampai terjadi *thermal equilibration* lalu tekanan yang ditunjukkan oleh *pressure transducer* dicatat sebagai tekanan injeksi CO<sub>2</sub>.
8. *Valve 2* dibuka sehingga gas CO<sub>2</sub> yang ada dalam *reference cell* akan berpindah masuk ke dalam *sample cell*, setelah gas CO<sub>2</sub> masuk ke dalam *sample cell*, maka molekul gas CO<sub>2</sub> akan mulai diserap oleh batubara sehingga tekanan akan turun. Lalu penurunan tekanan tersebut dimonitor sampai *pressure equilibration* tercapai. Tekanan yang ditunjukkan oleh *pressure transducer* dicatat sebagai tekanan *equilibrium* CO<sub>2</sub>.
9. Langkah selanjutnya, *valve 2* ditutup, tekanan injeksi gas CO<sub>2</sub> dinaikkan secara bertahap sampai tekanan maksimal yang bisa dicapai, tekanan injeksi ( $P_1$ ) gas CO<sub>2</sub> dinaikkan mulai dari 10 bar, 20 bar, 30 bar, 40 bar, 50 bar dan 60 bar. Penurunan tekanan yang terjadi setiap kenaikan tekanan tersebut dicatat sebagai tekanan *equilibrium* ( $P_2$ ).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

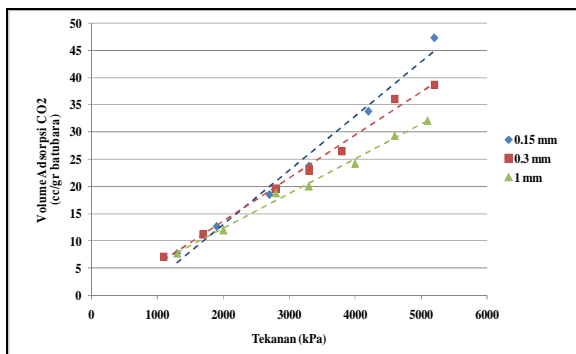
### 3.1. Pengaruh Ukuran Butir Batubara Terhadap Kemampuan Adsorpsi CO<sub>2</sub>

Hubungan antara ukuran butir batubara terhadap



kemampuan adsorpsi CO<sub>2</sub> oleh batubara ditunjukkan pada gambar. Untuk melihat pengaruh ukuran butir batubara terhadap kemampuan adsorpsi CO<sub>2</sub>, maka setiap batubara tersebut dibuat dalam tiga ukuran yaitu 0,15 mm, 0,3 mm dan 1 mm. Hubungan antara ukuran butir batubara terhadap volume adsorpsi CO<sub>2</sub> oleh batubara S1 ditunjukkan pada gambar 4.

Volume adsorpsi CO<sub>2</sub> oleh batubara akan meningkat secara linier pada semua ukuran butir. Volume adsorpsi CO<sub>2</sub> pada ukuran butir terbesar (1 mm) lebih rendah dibandingkan pada ukuran butir 0,3 mm dan 0,15 mm. Volume adsorpsi CO<sub>2</sub> pada ukuran butir terkecil (0,15 mm) adalah paling tinggi. Volume adsorpsi CO<sub>2</sub> oleh batubara S1 pada masing-masing ukuran butir adalah 7,7 – 47,2 cc/gram batubara (ukuran butir 0,15 mm), 7,1 – 38,6 cc/gram batubara (ukuran butir 0,3 mm) dan 7,7 – 31,9 cc/gram batubara (ukuran butir 1 mm).



Gambar 4. Volume Adsorpsi CO<sub>2</sub> oleh batubara pada ukuran butir 0,15 mm, 0,3 mm dan 1 mm

Berdasarkan volume adsorpsi CO<sub>2</sub> oleh masing-masing batubara dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran butir batubara, maka volume adsorpsi CO<sub>2</sub> cenderung menurun. Batubara dengan ukuran butir yang lebih kecil mempunyai kemampuan adsorpsi yang lebih baik sehingga volume adsorpsi CO<sub>2</sub> juga semakin besar. Peningkatan volume adsorpsi CO<sub>2</sub> pada ukuran butir yang lebih kecil disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya *pore structure*, *surface area* dan laju difusi gas karbondioksida.

Daya adsorpsi atau kemampuan adsorpsi (*adsorption capacity*) CO<sub>2</sub> akan menurun jika laju adsorpsi (*adsorption rate*) meningkat atau laju adsorpsi menjadi lebih cepat. Laju adsorpsi meningkat berarti waktu yang dibutuhkan batubara dalam proses adsorpsi CO<sub>2</sub> menjadi lebih singkat. Laju adsorpsi akan meningkat dengan semakin besarnya ukuran butir. Ukuran butir yang besar akan memiliki *pore structure* (struktur pori/lubang) yang kompleks dan banyak. Laju adsorpsi CO<sub>2</sub> oleh batubara yang memiliki banyak *pore structure* akan menjadi lebih cepat (Busch dkk, 2004). *Pore structure*

yang ada dalam batubara dapat berkurang pada saat batubara mengalami proses *grinding*. Proses *grinding* menyebabkan ukuran butir menjadi lebih kecil sehingga jumlah *pore structure* yang ada dalam batubara juga akan berkurang.

Hal yang sama dinyatakan Nandi dan Walker (1975) bahwa terjadi kenaikan laju difusi (*diffusion rate*) akibat pengecilan ukuran butir. *Macropores* akan terbentuk pada saat pengecilan ukuran butir melalui proses *grinding*. Terbentuknya *macropores* akan berdampak positif terhadap laju adsorpsi (*adsorption rate*) karena *macropores* merupakan luasan yang menjadi jalan masuk gas ke dalam *micropores*.

Sifat-sifat fisik batubara juga akan mempengaruhi adsorpsi CO<sub>2</sub>. Salah satu sifat fisik (*physical properties*) batubara yaitu *surface area*. Dengan bertambahnya ukuran butir batubara, maka *pore volume* juga akan semakin banyak. Semakin banyak *pore volume*, maka *surface area* akan semakin berkurang. Berkurangnya *surface area* akan mempengaruhi volume adsorpsi CO<sub>2</sub> karena semakin kecil *surface area*, maka volume adsorpsi CO<sub>2</sub> akan semakin menurun.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan studi literatur yang telah dilakukan, maka dapat dibuat sebuah kesimpulan bahwa kemampuan adsorpsi CO<sub>2</sub> dipengaruhi oleh ukuran butir batubara. Semakin besar ukuran butir batubara, maka kemampuan adsorpsi CO<sub>2</sub> akan semakin menurun.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Airey, E.M., 1968, "Gas Emission from Broken Coal. An Experimental and Theoretical Investigation", Int. J. Rock. Mech. Min. Sci. 5, 475–494.
- [2] Bertand, C., Bruyet, B., Gunther, J., 1970. "Determination of Desorbable Gas Concentration of Coal (Direct Method)", Int. J. Rock. Mech. Min. Sci. 7, 43– 50.
- [3] Busch, A., Gensterblum, Y., Krooss, B.M., 2003b, "Metanae and CO<sub>2</sub> Sorption and Desorption Measurements on Dry Argonne Premium Coals: Pure Components and Mixtures", International Journal of Coal Geology 55, hal:205-224.
- [4] Busch, A., Gensterblum, Y., Krooss, B.M., Littke, R., 2004, "Metanae and Carbon Dioxide Adsorption/Diffusion Experiments on Coal: An Upscaling and Modeling Approach", International Journal of Coal Geology 60, hal: 151-168.



- [5] Busch, A., 2005, "Thermodynamic and Kinetic Processes Associated with CO<sub>2</sub>-Sequestration and CO<sub>2</sub>-Enhanced Coalbed Methane Production from Unminable Coal Seams", PhD-thesis, RWTH Aachen University.
- [6] Busch, A., Gensterblum, Y., Krooss, B.M., Siemons, N., 2006, "Investigation of High-Pressure Selective Adsorption/Desorption Behaviour of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> on Coals: An Experimental Study", *International Journal of Coal Geology* 66, hal: 53-68.
- [7] Cengel, Y.A., 2003, "Heat Transfer : A Practical Approach", 2<sup>nd</sup> ed, Mc Graw-Hill.
- [8] Gasem, K.A.M., Fitzgerald, J.E., Pan, Z., Robinson, R.L.Jr., 2002, "Modelling of Gas Adsorption on Coalbeds", *Proceedings of the Eighteenth Annual International Pittsburgh Coal Conference*, Newcastle, Australia.
- [9] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2005, "Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage", Cambridge University Press, 431.
- [10] Mavor, M.J., Owen, L.B., Pratt, T.J., 1990, "Measurement and Evaluation of Coal Sorption Isotherm Data", *SPE* 20728, hal. 157-170.
- [11] Nandi, S.P., Walker Jr., P.L. 1975. "Activated Diffusion of Methane from Coals At Elevated Pressures", *Fuel* 54, 81– 86.
- [12] Sudibandriyo, M., Fitzgerald, J.E., Pan, Z., Robinson, R.L.Jr., Gasem, K.A.M., 2005, "Adsorption of Methane, Nitrogen, Carbon Dioxide and their Binary on Wet Tiffany Coal", *Fuel* 84, hal: 2351-2363.
- [13] Suuberg, E.M., Otake, Y., Yun, Y., Deevi, S.C., 1993. Role of Moisture in Coal Structure and The Effect of Drying Upon The Accessibility of Coal Structure. *Energy and Fuels* 7, 384-392
- [14] Suzuki, M., 1990, "Adsorption Engineering", Elsevier Science Publisher B.V.
- [15] [www.esdm.go.id](http://www.esdm.go.id)
- [16] [ww.globalwarming.org](http://ww.globalwarming.org)

