

Adsorpsi Isosterik CO₂ Bertekanan Tinggi Pada Karbon Aktif dengan Persamaan Model Tóth

Awaludin Martin^a, Bambang Suryawan^b, Muhammad Idrus Alhamid^b, Nasruddin^b

^aJurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Kampus Bina Widya,
 Jl. H.R. Subrantas km 12.5 Pekanbaru, 28293, Indonesia

^bLaboratorium Teknik Pendingin dan Pengkondisian Udara, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas
 Indonesia, Kampus Baru UI, Depok, 16424, Indonesia

Abstract

High Pressure Adsorption Isosteric CO₂ on Activated Carbon by Tóth Equation Model. Adsorption Isostere Carbon dioxide (CO₂) on Activated Carbon were found using Tóth equation model, cause the Tóth equation model have lower deviation value than Langmuir equation model. Adsorption isostere data will be use to predict the value of pressure and isotherm of temperature for adsorb the amount of CO₂. In this research the maximum adsorption isostere CO₂ on activated carbon is 35% from mass of activated carbon.

Keywords: Adsorption Isosteric, Adsorption capacity, Carbon dioxide Tóth Model

PENDAHULUAN

Emisi gas karbon dioksida (CO₂) dari hasil pembakaran bahan bakar fosil pada kendaraan, industri, pembangkit listrik, dan lain-lain, yang terakumulasi di atmosfer adalah salah satu penyebab terjadinya pemanasan global [1]. Mengurangi jumlah emisi gas karbon dioksida sebagai usaha mengontrol jumlah karbon dioksida di atmosfer telah menjadi prioritas utama dunia saat ini melalui Protokol Kyoto (Kyoto Protocol) [2].

Program konversi penggunaan bahan bakar minyak ke bahan bakar gas adalah sebagai salah satu upaya pemerintah Republik Indonesia dalam mengurangi penggunaan bahan bakar minyak, hal tersebut selain untuk mengurangi besaran subsidi yang diberikan, jumlah cadangan bahan bakar minyak yang semakin terbatas juga karena bahan bakar minyak memiliki potensi melepaskan emisi gas karbon dioksida dalam jumlah yang besar. Program konversi penggunaan bahan bakar minyak ke bahan bakar gas juga dikarenakan bahwa Indonesia memiliki potensi bahan bakar gas dalam jumlah yang sangat besar, namun gas alam yang dieksplorasi dan yang dihasilkan masih memiliki kandungan karbon dioksida.

Karbon dioksida yang masih terkandung dalam gas alam menyebabkan penurunan nilai kalor pembakaran, penyebab terjadinya karat pada saat proses distribusi (pipanisasi dan tangki bertekanan) dan membentuk kristal pada proses kriogenik gas alam [3]. Sehingga dibutuhkan suatu proses pemisahan atau pemurnian (purifikasi) yang dapat

mengurangi jumlah kandungan karbon dioksida pada gas alam.

Saat ini proses pemurnian atau pemisahan gas alam dari karbon dioksida adalah dengan cara proses absorpsi (absorpsi kimia dan fisika), proses pemisahan dengan cara fisika (membran dan kriogenik) dan proses pemisahan dengan campuran bahan kimia (campuran *solvent*) dan proses adsorpsi [3].

Teknologi yang saat ini digunakan untuk mengurangi kandungan karbon dioksida pada bahan bakar gas membutuhkan energi yang cukup besar dan mahal, sehingga perlu dicarikan metode alternatif yang dapat mengurangi kandungan karbon dioksida pada bahan bakar gas yang relatif tidak memerlukan energi yang besar dan murah [4].

Sistem adsorpsi adalah salah satu sistem yang saat ini telah banyak digunakan pada proses pemisahan dan pemurnian gas [5]. Pada rancangan untuk aplikasi pemisahan atau pemurnian gas, disamping data karakteristik material berpori (adsorben), data penyerapan (kinetik dan termodinamika) juga dibutuhkan [6].

Data adsorpsi isothermal CO₂ pada karbon aktif telah didapat pada penelitian sebelumnya dan disimpulkan bahwa korelasi dengan menggunakan persamaan model Tóth lebih akurat dibanding dengan menggunakan persamaan model Langmuir [7].

Penelitian ini menghasilkan data adsorpsi isosterik CO₂ pada karbon aktif pada tekanan sampai dengan





3,5 MPa dengan menggunakan metoda tak langsung (metoda volumetrik) pada temperatur isothermal 27, 35, 45 dan 65°C . Data adsorpsi isosterik diperoleh dengan menyelesaikan data adsorpsi isothermal dengan menggunakan persamaan model Tóth.

METODE PENELITIAN

Pada sistem adsorbat-adsorben, jumlah adsorbat yang terserap pada kondisi equilibrium adalah merupakan fungsi dari tekanan dan temperatur [8];

$$x/m = f(p, T) \quad (1)$$

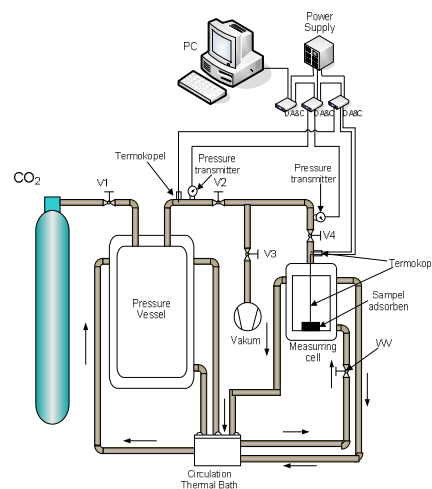
dengan x/m adalah jumlah adsorbat yang terserap per unit massa adsorben pada tekanan equilibrium dan pada temperatur adsorpsi. Adsorpsi equilibrium dapat didekati dalam tiga cara yaitu adsorpsi isothermal, adsorpsi isobar dan adsorpsi isosterik.

Data kapasitas penyerapan adsorbat pada adsorben biasanya dihasilkan dari proses adsorpsi isothermal, hal tersebut dikarenakan investigasi proses adsorpsi pada temperatur konstan adalah cara atau metode yang paling mudah. Dikarenakan data adsorpsi isothermal adalah merupakan fungsi equilibrium, maka dimungkinkan untuk menghasilkan atau mendapatkan satu parameter dengan menggunakan parameter dari salah satunya [8].

3.1 Bahan

Adsorben yang digunakan pada penelitian ini adalah karbon aktif berbahan dasar batubara Kalimantan Timur yang diproduksi dengan menggunakan metode aktivasi fisika (CO₂). Luas permukaan karbon aktif (karbon aktif KT) adalah 668 m²/g dan volume pori nya 0,47 ml/g. Karbon dioksida (CO₂) yang digunakan adalah karbon dioksida *high purity* dengan kemurnian 99,9% [7].

Data adsorpsi isothermal diperoleh pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan metode volumetrik (Gambar 1), dimana pengukuran didasarkan pada tekanan, temperatur dan volume



Gambar 1. Skema Alat Uji Adsorpsi Isothermal

2.2 Persamaan Model Tóth

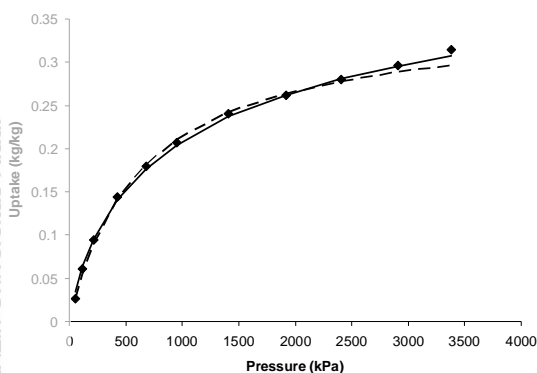
Pada adsorpsi isosterik dimana jumlah adsorbat yang terserap per unit massa adsorben adalah konstan dan temperatur divariasikan sehingga tekanan menjadi fungsi yang sangat penting untuk menjaga x/m tetap konstan [8].

$$p = f(T) \quad \left[\frac{x}{m} = \text{konstan} \right] \quad (2)$$

Dengan data adsorpsi isothermal yang diperoleh pada penelitian sebelumnya dan dengan menyelesaikan persamaan model yang tersedia, maka data adsorpsi isosterik dapat diperoleh.

Pada penelitian sebelumnya didapat bahwa persamaan model Tóth adalah persamaan model yang memiliki nilai deviasi yang lebih kecil yaitu 1.7% [7] dibandingkan dengan persamaan model Langmuir yaitu 3.4%. Seperti terlihat pada Gambar 2, garis regresi persamaan model Tóth lebih rapat dengan data eksperimen dibanding dengan garis regresi model Langmuir.

Sehingga pada penelitian ini persamaan model Tóth adalah persamaan model yang cocok digunakan untuk menghitung data adsorpsi isosterik CO₂ pada karbon aktif.



Gambar 2. Adsorpsi isothermal CO₂ pada karbon aktif pada temperature 270C; _ regresi dengan persamaan model Tóth; --- regresi dengan persamaan model Langmuir

Persamaan model Tóth adalah persamaan model yang mengasumsikan bahwa permukaan adsorben adalah heterogen seperti pada karbon aktif disamping juga dapat digunakan pada tekanan rendah maupun pada tekanan tinggi [9].

Model persamaan Tóth adalah sebagai berikut [10,11]

$$\frac{C}{C_0} = \frac{k_0 \cdot \exp(h_{st} / RT) P}{\left[(1 + k_0 \exp(h_{st} / RT) P)^t \right]^{1/t}}$$

Dengan C adalah kapasitas penyerapan adsorbat pada karbon aktif, C_0 adalah kapasitas penyerapan maksimum, h_{st} adalah panas adsorpsi isosterik, k_0 adalah konstanta equilibrium, P adalah tekanan proses adsorpsi dan t adalah parameter yang mengindikasikan heterogenitas adsorben.

Dengan mengganti,

$$k_0 \cdot \exp(h_{st} / R.T) = b \quad \text{maka,}$$

$$\left(\frac{C}{C_0} \right)^t = \frac{b}{1 + (b.P)^t} \quad (4)$$

sehingga,

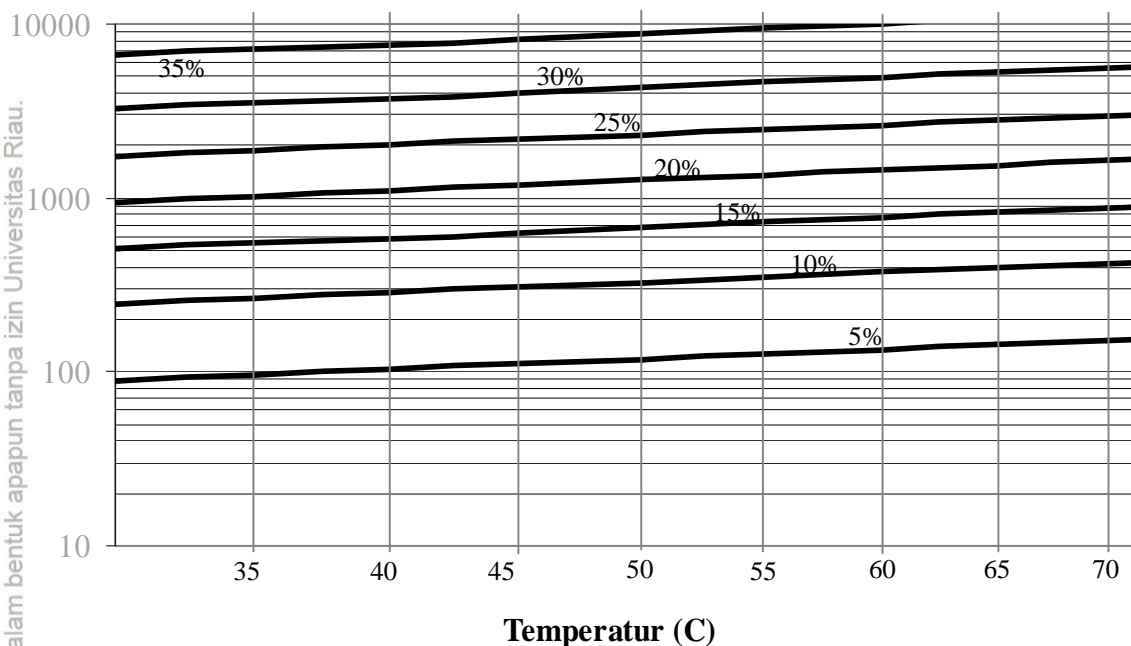
$$P = \left[\frac{1}{\left(\frac{b}{C/C_0} \right)^t - b^t} \right]^{1/t} \quad (5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data adsorpsi isosterik CO₂ pada karbon aktif didapat dengan menggunakan persamaan model Tóth dengan asumsi temperatur sampai dengan 75°C. Pada Gambar 4 terlihat bahwa dengan jumlah adsorbat yang terserap konstan, pada temperatur isothermal yang lebih tinggi dibutuhkan dengan yang lebih tinggi juga. Hal tersebut dikarenakan *driving force* proses adsorpsi adalah tekanan dan temperatur. Semakin besar tekanan yang diberikan pada proses adsorpsi dan semakin rendah temperatur isothermal yang dikondisikan, maka kapasitas penyerapan adsorbat pada adsorben juga semakin besar.

Grafik adsorpsi isosterik seperti terlihat pada Gambar 4 dibutuhkan pada aplikasi pemisahan gas CO₂ dari zat lainnya. Dengan grafik tersebut dapat diprediksi tekanan yang harus diberikan dan temperatur isothermal yang harus dikondisikan untuk menyerap CO₂ dengan jumlah tertentu.





Gambar 3. Adsorpsi isosterik CO₂ pada karbon aktif

PENYIMPULAN

Pada penelitian ini adsorpsi Isosterik CO₂ pada karbon aktif telah dilakukan dengan menggunakan persamaan model Tóth.

Adsorpsi isosterik digunakan untuk memprediksi tekanan yang dibutuhkan dan temperatur operasi yang harus dikondisikan untuk menyerap pada jumlah tertentu. Pada penelitian ini kapasitas penyerapan maksimum adsorpsi isosterik karbon aktif adalah 35% dari masa karbon digunakan sebagai adsorben.

TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional melalui proyek Penelitian Hibah Bersaing dengan nomor kontrak 239AT/DRPM-UI/N14/2008.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jong-Seok Lee, Jong-Hwa Kim, Jin-Tae Kim, Jeong-Kwon Suh, Jung-Min Lee, and Chang-Ha Lee, 2002, *J. Chem. Eng. Data*, 47, 1237-1242
- [2] Krooss, B.M., F. van Bergen, Y. Gensterblum, N. Siemons, H.J.M. Pagnier, P. David, 2002, *International Journal of Coal Geology*, 51 69–92
- [3] Salako Abiodun Ebenezer, Prof. J. S. Gudmundsson, 2005, Removal of carbon dioxide from natural gas For lng production, Institute of Petroleum Technology Norwegian University of Science and Technology
- [4] Siriwardane Ranjani V., Ming-Shing Shen, Edward P. Fisher, and James A. Poston, 2001, *Energy & Fuels*, 15, 279-284
- [5] Ruthven, D. M., 1984, *Principles of Adsorption and Adsorption Processes*; John Wiley & Sons: New York,
- [6] Belmabkhout, Y., M Fr`ere and G DeWeireld, 2004, *Meas. Sci. Technol.* 15, 848–858
- [7] Martin, Awaludin, Bambang Suryawan, M. Idrus Alhamid, Nasruddin, 2010, *Jurnal Makara Seri Teknologi*, Vol. 14, No. 2,: 128-132
- [8] Keller, Jürgen U, Reiner Staudt, 2005, Gas adsorption equilibria; Experimental methods and





Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

- Adsorptive isotherms, *Springer Science + Business Media, Inc.*, Boston, United States of America,
- [9] Shuji Himeno, Toshiya Komatsu, and Shoichi Fujita, 2005, *J. Chem. Eng. Data*, 50, 369-376.
- [10] Kazi Afzalur Rahman, Wai Soong Loh, Anutosh Chakraborty, Bidyut Baran Saha and Kim Choon Ng, 2009, Proceedings of the 2nd Annual Gas Processing Symposium, Elsevier
- [11] Wang, Xiaolin, James French, Srinivasan Kannadai, and Hui Tong Chua, 2010, *J. Chem. Eng. Data*, Publication Date (Web).