

OPTIMASI KONDISI PROSES AKTIVASI BENTONIT LOKAL MENGUNAKAN H₂SO₄ SEBAGAI ADSORBEN PADA PROSES DEHIDRASI ETANOL DENGAN *RESPON SURFACE METHODE*

Drastinawati, Ida Zahrina, Yelmida

Laboratorium Pemisahan dan Pemurnian Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya UR Km 12,5 Panam Pekanbaru 28293
Telp. (0761)566937

Abstrak

Bentonit adalah jenis mineral lempung, dengan komposisi kimianya $\pm 80\%$ terdiri dari mineral monmorillonite $(Na.Ca)_{0,33}(Al.Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2(H_2O)_n$. Kebutuhan industri akan bentonit semakin meningkat, sementara cadangan bentonit di Propinsi Riau sangatlah besar, $\pm 3.733.135 M^3$, namun belum banyak dimanfaatkan. Penelitian dilakukan untuk mengamati kemampuan penyerapan bentonit untuk proses dehidrasi etanol. Penelitian ini difokuskan pada optimasi kondisi proses aktivasi bentonit dengan variabel bebas yang digunakan terdiri atas 3 faktor. Faktor – faktor tersebut adalah konsentrasi larutan asam H₂SO₄ (X₁) pada rentang 0,8 – 1,6 M, suhu aktivasi (X₂) pada rentang 51 – 119°C dan waktu aktivasi (X₃) pada rentang 2 – 4,68 jam. Data dianalisa menggunakan pendekatan statistik dengan metode Response Surface Methodology Central Composite Design (RSM-CCD). Dari penelitian ini diperoleh penyerapan optimum pada bentonit untuk konsentrasi, suhu dan waktu adalah 1,3 N: 81 °C: 3 jam 20 menit dengan kemampuan penyerapan sebesar 93.25%. Variabel konsentrasi merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap penyerapan adsorben dengan persamaan model:

$$\% \text{ Penyerapan} = 90,947 + 6,116X_1 - 3,097X_2 - 14,986X_1^2 - 4,203X_2^2 - 3,451X_3^2$$

Kata kunci: Aktivasi Bentonit ; Dehidrasi Etanol ; RSM-CCD

1. Pendahuluan

Etanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif sebagai pengganti gasolin/bensin. Etanol dapat dicampur dengan bensin dalam kuantitas yang bervariasi untuk mengurangi konsumsi bahan bakar minyak bumi dan juga untuk mengurangi polusi udara. Etanol yang dipakai untuk campuran premium harus merupakan etanol dengan kemurnian yang sangat tinggi yaitu minimal sebesar 99,9 persen yang dikenal dengan etanol kering (Friedl, *et al.*, 2004). Pemurnian etanol/bioetanol biasanya dilakukan dengan destilasi, namun untuk memperoleh kemurnian etanol hingga 99,9 persen, proses destilasi mempunyai kelemahan karena adanya azeotrop (Benson, 2003). Hal ini menyebabkan kesulitan pada perancangan alat

dan besarnya energi yang dibutuhkan, yang berpengaruh langsung terhadap biaya produksi. Untuk mengatasi hal tersebut maka pemurnian etanol di atas 95,6 persen biasanya dilakukan dengan proses adsorpsi, karena handal dan murah (Friedl, 2004).

Propinsi Riau merupakan daerah yang kaya akan bahan alam, salah satunya adalah batuan bentonit. Cadangan bahan galian bentonit terbesar di Riau berada di daerah Desa Gema, Kecamatan Kampar Kiri Hulu, Kabupaten Kampar sebanyak 3.733.135 M³. Selama ini bentonit tersebut belum banyak dimanfaatkan, padahal jumlahnya cukup besar. Bahan galian bentonit Desa Gema adalah jenis Ca-bentonit, karena kadar Ca lebih besar dari kadar Na (Dinas Pertambangan dan Energi Propinsi Riau, 2004). Karena itu, perlu dilakukan suatu proses pengaktifan terhadap bentonit tersebut sehingga akan meningkatkan daya jerap bentonit.

Afrizal (2008) telah melakukan penelitian tentang aktivasi bentonit sebagai adsorben pada proses dehidrasi etanol. Untuk meningkatkan daya jerap bentonit, Afrizal (2008) melakukan pengaktifan terhadap bentonit menggunakan asam nitrat. Bentonit yang telah diaktifkan dengan asam nitrat memberikan penjerapan yang optimal terhadap etanol, yaitu sebesar 16,77 % pada konsentrasi aktivasi 0,88 N, suhu aktivasi 85°C dan waktu aktivasi 3 jam 20 menit. Asam sulfat adalah asam kuat yang memiliki keasaman lebih besar dari asam nitrat (Riyanto, 1992). Karena itu perlu dipelajari daya jerap bentonit yang diaktifasi dengan asam nitrat pada proses dehidrasi etanol.

Untuk mendapatkan kemampuan penjerapan terbaik dari suatu adsorben maka perlu dilakukan optimasi proses aktivasi. Salah satu pendekatan untuk mengoptimasi secara simultan pada beberapa variabel adalah pendekatan secara statistik menggunakan *Response Surface Method-Central Composite Design* (RSM-CCD).

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan kondisi aktivasi optimum dengan mempelajari pengaruh suhu, konsentrasi H₂SO₄ dan waktu aktivasi bentonit terhadap kemampuan jerapnya pada proses dehidrasi etanol menggunakan pendekatan RSM-CCD.

2. Tinjauan Pustaka

Bentonit

Bentonit adalah jenis lempung, dengan komposisi kimianya $\pm 80\%$ terdiri dari mineral *monmorillonite* $(\text{Na.Ca})_{0,33}(\text{Al.Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_n$ (Sneanabrezovska, *et al.*, 2004). Berdasarkan sifat fisiknya bentonit dibedakan atas Na-Bentonit dan Ca-Bentonit. Na-bentonit memiliki kandungan Na^+ yang besar pada antar lapisnya, memiliki sifat mengembang dan akan tersuspensi bila didispersikan ke dalam air. Pada Ca-bentonit, kandungan Ca^{2+} dan Mg^{2+} relatif lebih banyak bila dibandingkan dengan kandungan Na^+ . Ca-bentonit bersifat sedikit menyerap air dan jika didispersikan ke dalam air akan cepat mengendap atau tidak terbentuk suspensi.

Bentonit mempunyai sifat mengadsorpsi, karena ukuran partikel koloidnya sangat kecil dan memiliki kapasitas permukaan yang tinggi (Teplitskiy, 2005). Bahan mineral ini mempunyai struktur berlapis dengan kemampuan mengembang (*swelling*) di dalam air, karena adanya penggantian isomernya pada lapisan oktoedral (ion Mg oleh ion Al) dalam mengimbangi adanya kelebihan muatan diujung kisi-kisinya. Adanya gaya elektrostatis yang mengikat kristal pada jarak $4,5 \text{ \AA}^0$ dari permukaan unit-unitnya, dan akan tetap menjaga unit itu untuk tidak saling merapat. Pada pencampuran dengan air, adanya pengembangan membuat jarak antara setiap unit makin melebar dan lapisannya menjadi bentuk serpihan, serta mempunyai permukaan luas jika dalam zat peng suspensi (Sneanabrezovska, *et al.*, 2004).

Bentonit alam memiliki kemampuan adsorpsi yang tidak begitu tinggi dan modifikasi bentonit sampai saat ini belum banyak dilakukan sehingga nilai jualnya masih rendah dan belum dapat dimanfaatkan secara optimal, akan tetapi jika diolah, seperti diaktivasi dengan asam seperti H_2SO_4 pada suhu tertentu, maka kemampuan adsorpsinya lebih tinggi dibandingkan sebelum diaktivasi. Adapun tujuan dari proses aktivasi ini antara lain meningkatkan daya jerap bentonit.

Potensi bahan galian bentonit diperoleh dari Desa Gema, Kec. Kampar Kiri Hulu, Kab. Kampar, Riau (Distamben Propinsi Riau, 2004). Dari Tabel 1 menunjukkan karakteristik bentonit Riau khususnya di Kabupaten Kampar dapat diketahui bahwa secara fisik bentonitnya berwarna kuning keabuan, bersifat lunak. Kandungan Ca-nya lebih tinggi dari kadar Na-nya, sehingga bentonit ini dikategorikan sebagai Ca-bentonit. Proses pembentukan bentonit ini

berasal dari proses pelapukan secara alamiah yang ditandai oleh komposisi kandungan magnesiumnya relatif kecil yaitu 1,26%.

Tabel 1 Data Hasil Karakterisasi Bentonit Riau

No	Parameter	Karakteristik (%)
1	SiO ₂	63,50 - 68,24
2	Al ₂ O ₃	3,49 - 9,58
3	Fe ₂ O ₃	0,79 - 2,34
4	CaO	1,81 - 2,12
5	Na ₂ O	1,50 - 2,90
6	MgO	0,78 - 1,86
7	Kadar Air	0,75
8	Warna	Abu-abu
9	pH	Netral

Sumber : Laporan penyelidikan potensi bahan galian, Dinas Pertambangan dan Energi Propinsi Riau, 2004.

Proses Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses akumulasi suatu zat pada bidang batas (*interface*) diantara dua fase. Fase-fase ini dapat berupa kombinasi antara cairan-cairan, cairan-padatan, gas-cairan ataupun gas-padatan. Proses adsorpsi yang umum dilakukan adalah fase gas-padat dan fase cair-padat. Komponen-komponen yang terdapat di dalam proses adsorpsi adalah adsorbat dan adsorben [Noll, 1992].

Secara umum proses adsorpsi merupakan proses pemisahan suatu senyawa (adsorbat) dari campuran gas atau cairan dengan menggunakan bahan penjerap berupa padatan (adsorben), bahan yang akan dipisahkan ditarik oleh permukaan adsorben dan diikat oleh gaya-gaya yang bekerja pada permukaan adsorben tersebut, sehingga akan mengubah komposisi larutan tersebut.

Berdasarkan kuat atau lemahnya interaksi antara adsorben dan adsorbat, maka adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua tipe [Treybal, 1981] :

1. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika adalah adsorpsi yang terjadi akibat gaya interaksi tarik-menarik antara molekul adsorben dengan molekul adsorbat. Adsorpsi ini melibatkan gaya-gaya *Van Der*

Walls (sebagai kondensasi uap). Jenis proses ini cocok untuk proses adsorpsi yang membutuhkan proses regenerasi karena zat yang teradsorpsi tidak larut dalam adsorben tapi hanya sampai permukaan saja.

2. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang terjadi akibat interaksi kimia antara molekul adsorben dengan adsorbat. Proses ini pada umumnya menurunkan kapasitas dari adsorben karena gaya adhesinya yang kurang kuat sehingga proses ini tidak reversibel.

Adsorpsi pada antar muka padat-cair menggambarkan masalah yang kompleks dimana adsorpsi ini sangat dipengaruhi oleh sifat dari substansi yang diadsorpsi, sifat dari adsorben padat dan cair dari medium cair (Cheremisinoff, 1978).

Aktivasi Adsorben

Kebanyakan adsorben adalah bahan yang mempunyai porositas yang tinggi untuk menempatkan adsorbat pada dinding pori. Pemilihan adsorben berdasarkan pada kapasitas, selektifitas, kecepatan penjerapan, tidak mengandung pencemar berbahaya, murah harganya dan mudah regenerasinya. Dalam proses penjerapan, permukaan adsorben yang sifatnya organik akan mengikat molekul yang sifatnya organik dan permukaan adsorben anorganik akan mengikat molekul yang sifatnya anorganik (Bernasconi, 1995).

Untuk dapat digunakan sebagai adsorben yang dapat menyerap dengan baik, adsorben harus diaktivasi terlebih dahulu. Aktivasi adsorben dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara fisika atau cara kimia. Cara fisika dilakukan dengan cara pemanasan. Aktivasi secara kimia dilakukan dengan cara asam atau basa, bahan-bahan pengaktif tersebut antara lain: HNO_3 , H_2SO_4 , dan HCl (Rosita, *et al.*, 2004). Aktivasi bentonit dilakukan untuk menaikkan kapasitas adsorpsi dan mendapatkan sifat bentonit yang diinginkan. Dalam keadaan awal, bentonit memiliki kemampuan adsorpsi yang rendah tetapi melalui aktivasi (penambahan asam dan pemanasan) daya adsorpsinya akan meningkat. Selain itu bentonit juga bisa diaktifkan dengan menggunakan uap air dengan suhu yang tinggi (Setyanto, 2008)

3. Metode Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsentrasi larutan H_2SO_4 (X_1) pada rentang 0,8 – 1,6 M, suhu pemanasan aktivasi (X_2) pada rentang 51 – 119°C, dan waktu (X_3) yang dibutuhkan untuk aktivasi (2 – 4,68 jam). Ketiga variabel ini disebut dengan variabel bebas/independent. Sedangkan penjerapan adsorben (Y) yang akan diperoleh dinamakan dengan variabel tidak bebas/dependent.

Persiapan dan aktivasi bentonit

Bentonit yang dipakai pada penelitian ini berasal dari Desa Gema Kecamatan Kampar Kiri Hulu Kabupaten Kampar. Mula-mula bentonit dibersihkan dan dikeringkan kemudian digiling dengan menggunakan *crusher* dan diayak (*screening*) untuk memperoleh ukuran distribusinya 20-40 mesh. Kemudian proses aktivasi dilakukan sebagai berikut :

1. Bentonit dipanaskan pada suhu 80°C selama 3 jam.
2. Masing-masing bentonit di timbang seberat 5 gram untuk diaktivasi.
3. Pada masing-masing bentonit tersebut ditambahkan larutan H_2SO_4 dengan normalitas yang telah ditetapkan (variabel 1).
4. Campuran tersebut diaduk dengan menggunakan *mechanical stirrer* dengan kecepatan pengadukan 150 rpm (Gambar 1), pada suhu yang ditetapkan (variabel 2) dan selama waktu yang telah ditetapkan (variabel 3).
5. Setelah proses pemanasan selesai bentonit kemudian dibilas dengan akuades sampai pH bentonit netral.
6. Bentonit tersebut dikeringkan pada suhu 110 °C selama 4 jam hingga bentonit benar-benar kering.

Pelaksanaan Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan pada kondisi atmosferik. Rangkaian penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Labu didih diisi dengan etanol sebanyak 500 ml, lalu ukur kadarnya terlebih dahulu dengan menggunakan alkoholmeter. Pada kolom adsorpsi yang tingginya 15 cm dan

diameter 2,5 cm ($H/D = 6$), dimasukkan 5 gram bentonit yang telah diaktifkan. Kemudian kolom adsorpsi dipasang pada salah satu lubang seperti pada Gambar 2. Labu yang berisi etanol dipanaskan dalam mantel untuk menguapkan etanol dan air pada suhu 80°C .

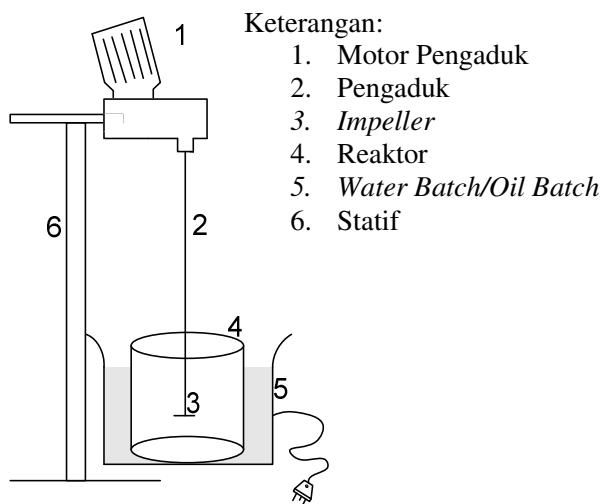
2. Uap etanol kemudian dialirkan ke kondenser dan kondensatnya ditampung dalam erlenmeyer bersih.
3. Panas dihentikan jika tidak ada kondensat menetes lagi di erlenmeyer.
4. Etanol di dalam erlenmeyer kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur 100 ml untuk diukur kadarnya dengan menempatkan alkoholmeter di gelas tersebut.
5. Penjerapan bentonit dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ Penjerapan Air dalam Etanol} = \left[\frac{C_{A,0} - C_{A,f}}{C_{A,0}} \right] \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

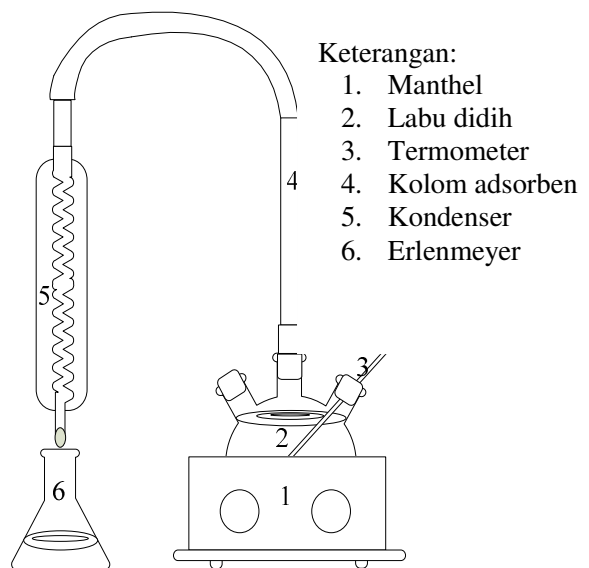
Keterangan :

$C_{A,f}$ = Persentase air setelah penjerapan

$C_{A,0}$ = Persentase etanol sebelum penjerapan



Gambar 1. Peralatan Aktivasi Bentonit



Gambar 2 Susunan Peralatan Proses Adsorpsi

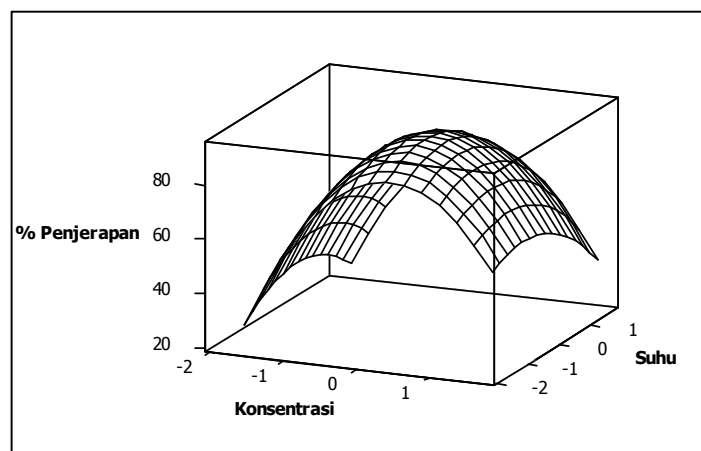
4. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data melalui Minitab 14 dan beberapa ulasan di atas dapat diperoleh dan ditetapkan model yang menggambarkan hubungan antara penjerapan (*yield*) dengan variabel bebas konsentrasi asam, suhu, dan waktu aktivasi adalah :

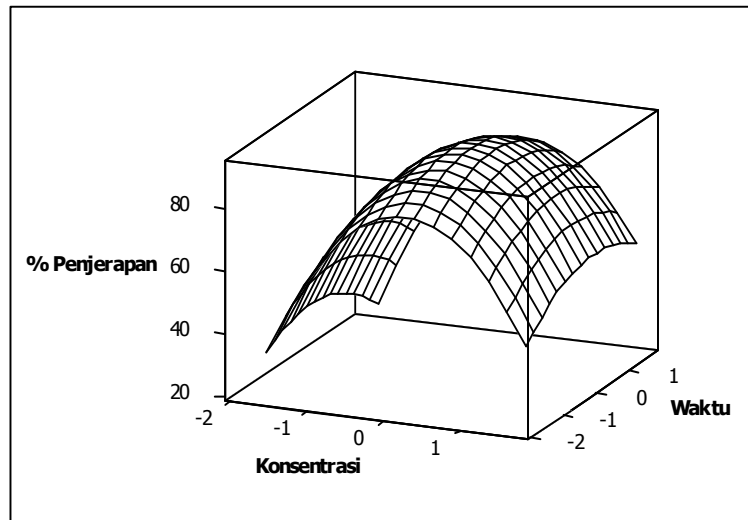
$$\% \text{ jerap} = 90,947 + 6,116X_1 - 3,097X_2 - 14,986X_1^2 - 4,203X_2^2 - 3,451X_3^2$$

Dari persamaan di atas terlihat bahwa nilai variabel waktu (X_3), interaksi konsentrasi dengan suhu (X_1X_2), interaksi konsentrasi dengan waktu (X_1X_3), dan interaksi suhu dengan waktu (X_2X_3) tidak dimasukkan pada model di atas. Hal ini disebabkan karena variabel-variabel tersebut baik *p-value* dan uji t-nya pada uji regresi menerima H_0 artinya variabel tersebut tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap model. Pada persamaan di atas konsentrasi (X_1) memberikan efek terbesar pada penjerapan bentonit terhadap etanol.

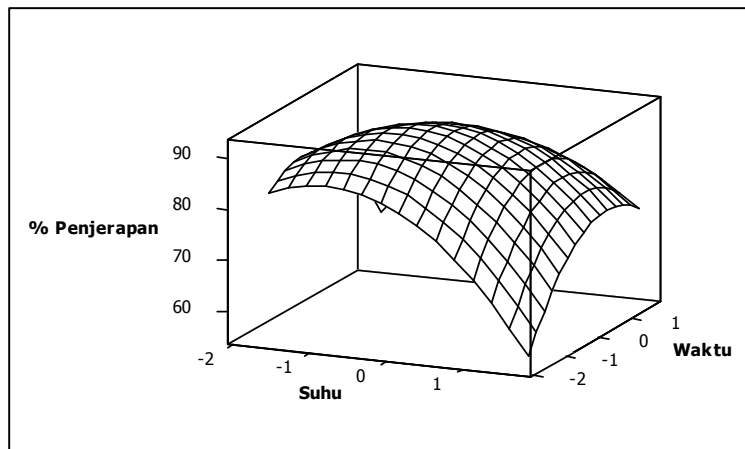
Untuk melihat visualisasi pengaruh masing-masing variabel terhadap penjerapan secara lebih jelas beserta optimasinya pada RSM-CCD ini disajikan dalam bentuk plot respon permukaan. Gambar plot respon permukaan disajikan pada Gambar 3, 4 dan 5.



Gambar 3. Respon permukaan pengaruh konsentrasi dan suhu terhadap % penjerapan



Gambar 4. Respon permukaan pengaruh konsentrasi dan waktu terhadap % penjerapan



Gambar 5. Respon permukaan pengaruh suhu dan waktu terhadap %penjerapan

Sehingga nilai variabel aktivasi untuk penjerapan optimum bentonit untuk konsentrasi (X_1), suhu (X_2) dan waktu (X_3) adalah 1,3 M: 81 °C: 3 jam 20 menit dengan kemampuan penjerapan sebesar 93.25%.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa konsentrasi H_2SO_4 yang optimum pada aktivasi bentonit sebagai penjerap air dalam etanol adalah 1,3 M, suhu aktivasi $81^{\circ}C$, sedangkan waktu aktivasi 3 jam 20 menit, dimana berdasarkan model yang diperoleh, hasil persentase penjerapan air maksimum dalam etanol sebesar 93,25%.

Daftar Pustaka

- Afrizal, 2008, Aktivasi Bentonit Lokal Sebagai Adsorben Pada Proses Dehidrasi Etanol, Universitas Riau.
- Benson, T.J., 2003, Dehydration of an Ethanol/Water Mixture using Lignocellulosic Based Adsorbents, *Thesis*, Chemical Engineering, Mississippi State University.
- Bernasconi, G., Gerster, H., 1995, *Teknologi Kimia*, vol. 2, Penerbit PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Cheremisinoff, F. A., 1978, *Carbon Adsorption Handbook*, Ann Arbor Science Publisher Ind, Michigan, hal. 4-7.
- Dinas Pertambangan dan Energi Propinsi Riau, 2004, *Laporan Akhir Penyelidikan Bahan Galian Bentonit, Batu Gamping, Dan Timah Di Kabupaten Singingi dan Kampar Propinsi Riau*, PT. Riodila Bumi Persada Konsultan teknik, Pekanbaru.
- Friedl, A., Pfeffer, M., and Wukovits, W., 2004, *Optimation of The Demand of Bioethanol Production by Process Integration*, Vienna University of Technology, afried@mail.zserv.tuwien.ac.at, 19 Februari 2007.
- Noll, K.E., Gaurnaris, V., Hou, W. S., 1992, *Adsorption Technology for Air and Water Pollution Control*, pp 1-8, Lewis Publisher Inc, Michigan.
- Rosita, T.E., dan Moegihardjo, M., 2004, “Pengaruh Perbedaan Metode Aktivasi Terhadap Efektivitas Zeolit Sebagai Adsorben”, *Majalah Farmasi Airlangga*, Vol.4 No.1
- Setyanto, A., 2007, *Aktivasi Bentonit*, adhi_setyanto@asianagri.com, 10 maret 2008.
- Sneanabrezovska, Biljanamarina, Biljanapanova, and Burevski, D., 2004, The Adsorption Characteristics and Porous Structure of Bentonite Adsorbents as Determined from the Adsorption Isotherms of Benzene Vapor, *Journal Serbian Chem.Soc.*, 69(2)145–155.
- Teplitskiy, A., et al, 2005, *Aplication of Physical-Chemical Properties of Utilized In Construction, as viewed Through the TRIZ Prism*, TRIZ Journal USA, <http://www.triz-journal.com>, 28 September 2007.
- Treybal, R. E., 1981, *Mass Transfer Operation*, 3 ed., McGraw-Hill, Kogakusha Ltd., Tokyo, hal. 565-568.