

Potensi Zeolit Alam sebagai Adsorben Air pada Alat Pengering

L. Kurniasari

Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik
Universitas Wahid Hasyim
Semarang
Jl Menoreh Tengah X/22
Semarang

Proses pengeringan merupakan salah satu proses yang banyak digunakan di industri. Proses ini membutuhkan energi yang cukup tinggi dan dapat menyebabkan kerusakan pada produk akibat penggunaan suhu tinggi. Salah satu alternatif pengembangan proses pengeringan adalah pengering dengan sistem adsorpsi. Proses ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi serta menghindari pemakaian suhu tinggi. Adapun adsorben yang dapat digunakan adalah silika gel, alumina aktif serta zeolit. Zeolit merupakan senyawa aluminosilikat terhidrasi yang terdiri dari ikatan SiO_4 dan AlO_4 tetrahidra yang dihubungkan oleh atom oksigen untuk membentuk kerangka. Ada dua jenis zeolit jika dilihat dari asalnya, yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolit alam banyak terdapat di alam dengan harga yang lebih murah bila dibandingkan dengan zeolit sintetis. Namun sebelum digunakan zeolit alam harus diaktivasi untuk meningkatkan sifat-sifat khususnya sebagai adsorben serta menghilangkan pengotor. Ada tiga proses aktivasi pada zeolit alam, yaitu aktivasi dengan asam, basa dan panas. Bila akan digunakan sebagai adsorben air, maka pilihan proses aktivasi yang dapat digunakan adalah aktivasi dengan basa atau panas.

Kata kunci : adsorpsi, aktivasi, zeolit alam

Proses pengeringan merupakan salah satu proses yang banyak dilakukan di industri kimia, industri makanan maupun industri obat-obatan. Khususnya pada industri makanan, proses pengeringan merupakan salah satu cara pengawetan makanan disamping untuk memudahkan proses transportasi. Sebagai salah satu proses yang banyak digunakan, operasi pengeringan pada industri pangan dan obat masih menghadapi beberapa kendala, diantaranya adalah kebutuhan energi yang cukup tinggi, sekitar 15-20% dari total kebutuhan energi serta kerusakan bahan pangan yang terjadi akibat penggunaan suhu yang tinggi.

Beberapa penelitian telah mengkaji model modifikasi pengering untuk mengatasi kendala-kendala diatas, diantaranya adalah pengering model vakum, pengering berhawa dingin (freeze dryer) serta kombinasi microwave dan oven. Namun untuk jenis-jenis pengering ini biaya investasi, operasi dan perawatannya cukup tinggi (Ratti, 2001)

Salah satu alternatif lain untuk pengembangan proses pengeringan adalah proses pengeringan adsorpsi (*adsorption drying*). Pada proses ini, uap air dalam udara dijerap oleh adsorben, sehingga udara menjadi lebih kering. Pada saat yang bersamaan, suhu udara akan naik karena adanya panas adsorpsi yang dilepaskan. Proses pengeringan adsorpsi ini terbukti dapat mengurangi konsumsi energi sekitar 16-20% (Djaeni, 2008). Proses pengeringan adsorpsi ini juga merupakan solusi atas kebutuhan proses

pengeringan pada suhu rendah, khususnya untuk bahan-bahan yang mudah rusak pada suhu tinggi.

Sebagai adsorben digunakan bahan-bahan berpori. Bahan berpori ini dipilih karena mereka mempunyai luas permukaan dalam yang jauh lebih besar dibandingkan dengan luas permukaan luarnya (Ulku dan Cakicioglu, 1991). Agar bahan berpori mempunyai kapasitas adsorpsi yang besar, maka bahan tersebut harus mempunyai luas area spesifik yang besar, yang menunjukkan struktur berpori dengan adanya mikropori. Beberapa adsorben yang secara komersial telah dipakai diantaranya adalah karbon aktif, silika gel dan zeolit.. Silika gel, alumina dan karbon aktif termasuk dalam kelompok adsorben amorp (*amorphous adsorbent*), sementara zeolit merupakan adsorben kristal (*crystalline adsorbent*).

Kelompok adsorben amorph mempunyai kisaran luas area yang cukup besar, antara 200-1000 m^2/gr . Luas area yang terlalu besar ini akan menyebabkan berkurangnya kekuatan fisik bahan, sehingga membatasi pemanfaatannya. Luas area yang besar juga menyebabkan banyaknya mikropori, dimana mikropori ini akan menghambat adsorpsi molekul-molekul berukuran besar. Distribusi ukuran pori kelompok adsorben ini juga sangat luas, dari ukuran nanometer hingga mikrometer. Sementara pada kelompok adsorben kristal, dimensi dan ukuran pori ditentukan oleh kerangka kristal, sehingga distribusi ukuran pori tidak terlalu luas.

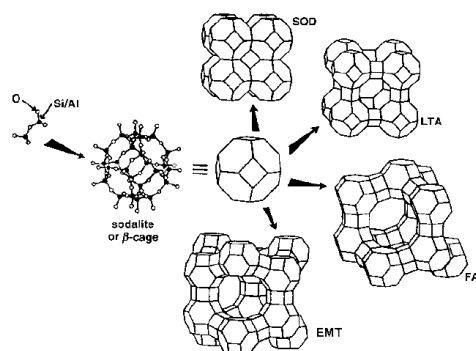
Pada alat pengering dengan adsorben, fungsi utama adsorben adalah untuk menyerap uap air yang ada di udara pengering. Air merupakan molekul kecil dan polar, sehingga akan terjerap kuat pada permukaan yang polar juga. Oleh karena itu, pada alat pengering adsorpsi dibutuhkan adsorben yang bersifat polar. Kelompok adsorben yang bersifat polar diantaranya adalah silika gel, alumina aktif dan zeolit dengan kadar Al tinggi. Kelompok adsorben ini akan menyerap air lebih kuat dibandingkan molekul organik, sehingga sering pula disebut sebagai adsorben hidrofil. Adapun kelompok adsorben yang bersifat nonpolar dan lebih mudah menyerap molekul organik disebut adsorben hidrofob.

Kapasitas bahan padat berpori untuk menyerap fluida dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah geometri sistem pori serta sifat-sifat kimia yang menggambarkan interaksi antara fluida dengan adsorben. Pada geometri sistem pori, termasuk didalamnya adalah luas total permukaan internal, distribusi ukuran pori serta bentuk dan sambungan pori.

Diantara jenis-jenis adsorben yang ada, zeolit merupakan material yang memiliki bentuk kristal sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah dan menjadikan luas permukaan zeolit sangat besar sehingga sangat baik digunakan sebagai adsorben (Suardana, 2008). Zeolit, baik sintetis maupun alami, dapat menyerap dalam jumlah yang cukup besar meskipun pada konsentrasi rendah. Khususnya bila diaplikasikan sebagai adsorben pada alat pengering, zeolit mempunyai afinitas yang tinggi terhadap uap air (Igbokwe dkk., 2008), serta menyerap air dengan melepas panas laten penyerapan yang cukup tinggi (Ulku dan Cakicioglu, 1991).

Zeolit merupakan senyawa aluminosilikat terhidrasi yang terdiri dari ikatan SiO_4 dan AlO_4 tetrahedra yang dihubungkan oleh atom oksigen untuk membentuk kerangka. Pada kerangka zeolit, tiap atom Al bersifat negatif dan akan dinetralkan oleh ikatan dengan kation yang mudah dipertukarkan. Kation yang mudah dipertukarkan yang ada pada kerangka zeolit ini akan berpengaruh dalam proses adsorpsi dan sifat-sifat thermal zeolit (Ozkan dan Ulku, 2008). Selain jenis kation, kemampuan adsorpsi zeolit juga dipengaruhi oleh perbandingan Si/Al dan geometri pori-pori zeolit, termasuk luas

permukaan dalam, distribusi ukuran pori dan bentuk pori (Gruszkiewicz dkk., 2005). Zeolit berkadar silika rendah bersifat hidrofilik, sedangkan zeolit berkadar silika tinggi bersifat hidrofobik. Peralihan dari sifat hidrofilik menjadi hidrofobik terjadi pada rasio Si/Al sekitar 10 (Payra dan Dutta, 2003). Contoh kerangka zeolit dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Konstruksi empat kerangka zeolit yang berbeda dari sodalite atau β cage (Payra dan Dutta, 2003)

Jika dilihat dari asalnya, zeolit terbagi menjadi dua kelompok, yaitu zeolit sintetis dan zeolit alam. Zeolit sintetis dapat dihasilkan dari kristalisasi hidrotermal alkali reaktif berbasis aluminosilikat pada suhu rendah ($<100^\circ\text{C}$) dan akan menghasilkan zeolit dengan rasio Si/Al rendah. Jika ingin mendapatkan zeolit dengan kadar silika tinggi, maka ditambahkan suatu zat organik pada suhu diatas 100°C . Jenis zeolit sintetis yang banyak diproduksi diantaranya adalah zeolit A, X, Y dan ZSM. Diantara jenis zeolit sintetis itu, yang cocok digunakan sebagai adsorben air adalah zeolit A. Zeolit ini mempunyai rasio Si/Al rendah dan bersifat hidrofilik.

Adapun zeolit alam terdapat secara alami di bumi. Mineral zeolit alam yang pertama ditemukan adalah stilbite. Saat ini ada sekitar 40 zeolit alam yang sudah ditemukan (Butland, 2008). Sebagian besar zeolit alam mempunyai perbandingan Si/Al yang rendah, karena ketiadaan bahan organik yang berfungsi penting untuk pembentukan silika.

Bila dibandingkan dengan zeolit alam, zeolit sintetis strukturnya lebih teratur dan dapat diprediksi dari senyawa-senyawa penyusunnya. Impuritas yang ada pun dapat diminimalkan, sehingga penggunaannya akan lebih baik bila dibandingkan dengan zeolit alam. Namun zeolit alam tetap mempunyai peranan penting terutama karena ketersediaannya yang melimpah di alam,

khususnya di Indonesia (Senda dkk., 2006) serta harganya yang relatif lebih murah bila dibandingkan dengan zeolit sintetis.

Mengingat struktur zeolit alam yang bervariasi serta besarnya kemungkinan impuritas yang ada, maka sebelum digunakan zeolit alam membutuhkan suatu perlakuan awal yang sering disebut sebagai proses aktivasi. Proses aktivasi ini diperlukan untuk meningkatkan sifat khusus zeolit sebagai adsorben dan menghilangkan unsur pengotor (Rosita dkk., 2004). Proses aktivasi juga dapat merubah jenis kation, perbandingan Si/Al serta karakteristik zeolit agar sesuai dengan bahan yang akan dijerap.

Secara umum, ada tiga proses aktivasi yang bisa dilakukan terhadap zeolit alam, yaitu aktivasi secara fisis dengan pemanasan, aktivasi secara kimia dengan asam dan aktivasi secara kimia dengan basa. Proses aktivasi dengan panas dapat dilakukan pada suhu antara 200-400°C selama beberapa jam (Rosita dkk., 2004). Sementara aktivasi dengan basa dapat dilakukan dengan larutan NaOH, dimana penurunan rasio Si/Al akan terjadi pada aktivasi dengan pH tinggi (Jozefaciuk dan Bowanko, 2002). Aktivasi zeolit alam Turki dengan menggunakan larutan HCl pada berbagai konsentrasi dan suhu memberikan hasil bahwa aktivasi dengan HCl menyebabkan terjadinya proses dealuminasi zeolit (Ozkan dan Ulku, 2005). Dari proses aktivasi zeolit baik secara asam maupun basa, diperoleh hasil bahwa zeolit yang diaktivasi dengan basa akan menjadi lebih polar bila dibandingkan dengan zeolit yang diaktivasi dengan asam (Jozefaciuk dan Bowanko, 2002). Perlakuan dengan asam terhadap zeolit juga terbukti akan menyebabkan zeolit menjadi lebih hidrofob sehingga daya adsorpsinya terhadap air akan berkurang (Sumin dkk., 2009). Semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan maka daya adsorpsi zeolit terhadap uap air menjadi semakin kecil (Ozkan dan Ulku, 2005).

Pada alat pengering adsorpsi dengan adsorben zeolit alam, proses aktivasi zeolit diarahkan terutama agar zeolit mempunyai kemampuan menyerap uap air yang tinggi. Sehingga pilihan proses aktivasi zeolit alam yang dapat dilakukan adalah aktivasi secara fisis dengan pemanasan atau aktivasi secara kimia dengan basa.

Kesimpulan

Proses pengeringan dengan sistem adsorpsi merupakan salah satu model pengembangan proses pengeringan. Proses ini terbukti mampu

meningkatkan efisiensi energi serta menghindari pemakaian suhu tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan pada produk. Salah satu alternatif adsorben yang dapat digunakan adalah zeolit alam. Adsorben ini banyak terdapat di alam dengan harga yang lebih murah bila dibandingkan dengan zeolit sintetis. Namun sebelum digunakan zeolit alam harus diaktivasi untuk meningkatkan sifat-sifat khususnya sebagai adsorben serta menghilangkan pengotor. Bila akan digunakan sebagai adsorben air, maka pilihan proses aktivasi yang dapat digunakan adalah aktivasi dengan basa atau panas.

DAFTAR PUSTAKA

Butland, T.D., 2008, Adsorption Removal of Tertiary Butyl Alcohol from Wastewater by Zeolite, Thesis of Worcester Polytechnic Institute.

Djaeni, M., 2008, Energy Efficient Multistage Zeolite Drying for Heat Sensitive Products, PhD Thesis of Wageningen University, The Netherlands.

Gruszkiewics, M.S., Simonson, J.M., Burchell, T.D., Cole, D.R., 2005, Water Adsorption and Desorption on Microporous Solids at Elevated Temperature, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 81, 609-615.

Igbokwe, P.K., Okolomike, R.O., Nwokolo, S.O., 2008, Zeolite for Drying of Ethanol-Water and Methanol-Water Systems from Nigerian Clay Resource, *Journal of The University of Chemical Technology and Metallurgy*, 43, I, 109-112.

Jozefaciuk, G., Bowanko, G., 2002, Effect of Acid and Alkali Treatments on Surface Areas and Adsorption Energies of Selected Minerals, *Journal Clays and Clay Minerals*, 50 No. 6, 771-783.

Ozkan, F.C., Ulku, S., 2005, The Effect of HCl Treatment on Water Vapor Adsorption Characteristics of Clinoptilolite Rich Natural Zeolite, *Journal Microporous and Mesoporous Materials* 77, 47-53.

Ozkan, F.C., Ulku, S., 2008, Diffusion Mechanism of Water Vapour in A Zeolitic Tuff Rich in Clinoptilolite, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 94, 699-702.

Payra, P., Dutta, P.K., 2003, Zeolites : A Primer, in Auerbach, S.M., Carrado, K.A., Dutta, P.K.,(Ed.). Handbook of Zeolite Science and Technology, Marcel Dekker New York, pp 1-19.

Ratti C, 2001, Hot Air and Freeze Drying of High Value Foods : A review,. Journal of Food Engineering Vol. 49, pp. 311-319.

Rosita, N., Erawati, T., Moegihardjo, M., 2004, Pengaruh Perbedaan Metode Aktivasi Terhadap Efektivitas Zeolit sebagai Adsorben, Majalah Farmasi Airlangga, 4 No. 1, 20-25.

Senda, S.P., Saputra, H., Sholeh, A., Rosjidi, M., Mustafa, A., 2006, Prospek Aplikasi Produk Berbasis Zeolit untuk Slow Release Substances (SRS) dan Membran, Artikel Badan Pengkajian

dan Penerapan Teknologi Indonesia, ISSN 1410-9891.

Suardana, I.N., 2008, Optimalisasi Daya Adsorpsi Zeolit Terhadap Ion Kromium(III), Jurnal Penelitian dan Pengembangan Sains & Humaniora Lembaga Penelitian Undiksha, Vol. 2(1), 17-33.

Sumin, L., Youguang, M.A., Chunying, Z., Shuhua, S., Qing, H.E., 2009, The Effect of Hydrophobic Modification of Zeolites on CO₂ Absorption Enhancement, Chinese Journal of Chemical Engineering, 17(1), 36-41.

Ulku, S., Cakicioglu, F., 1991, Energy Recovery in Drying Application, Renewable Energy, 1 No. 5/6, 695-698.