

Optimasi Aktivasi Zeolit Alam Untuk Dehumidifikasi

Dian Kusuma Rini (L2C006036) dan Fendy Anthonius L. (L2C006049)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058
Pembimbing: Dr. Moh. Djaeni, S.T., M.Eng

Abstrak

Zeolit merupakan salah satu mineral yang banyak terkandung di bumi Indonesia yang pemanfaatannya belum maksimal. Zeolit alam mempunyai beberapa sifat di antaranya dehidrasi, adsorpsi, penukar ion, katalisator dan separasi. Pada umumnya zeolit alam masih mengandung pengotor-pengotor organik dan anorganik yang menutupi porinya, sehingga untuk meningkatkan kemampuan daya serap zeolit alam harus dilakukan aktivasi terlebih dahulu. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh suhu pemanasan, diameter zeolit, volume dan konsentrasi NaOH terhadap daya adsorpsi uap air oleh zeolit dan mendapatkan karakteristik zeolit dalam menyerap air pada berbagai suhu. Hasil penelitian menunjukkan daya adsorpsi terbesar pada temperatur 400°C yaitu sebesar 9,05 %, pada konsentrasi optimal larutan NaOH 0,75 N yaitu sebesar 6,03 %, pada larutan NaOH dengan volume 150 ml yaitu sebesar 6,36 %, pada diameter 2 mm sebesar 9,48 % pada aktivasi fisik dan 7,23 % pada aktivasi kimia, serta kecepatan adsorpsi terbesar terjadi pada suhu 30°C. RH=100% yaitu sebesar 0,00694 %/menit. Hasil menunjukkan kapasitas adsorpsi menurun seiring kenaikan suhu udara.

Kata kunci: zeolit alam, aktivasi zeolit, daya adsorpsi zeolit, karakteristik zeolite

Abstract

Zeolite is one of minerals in Indonesia that has been not maximally utilized. Natural zeolite has several ability including dehydration, adsorption, ion exchange, catalyst, and separation. Natural zeolites are still containing organic and inorganic impurities covering the pore. Thus to increase absorption capacity it must be firstly activated. The aims of this research are to study the influence of temperature, the diameter of zeolite, the volume and concentration of NaOH on adsorption capacity of zeolite and to obtain zeolite characteristic on adsorption capacity at various temperature. Result in this research show that the greatest adsorption capacity at 400 ° C is equal to 9,05 % ,optimal concentration of 0.75 N NaOH solution that is equal to 6,03 % , in NaOH solution with a volume of 150 ml that is equal to 6,36 % , , at diameter 2 mm is equal to 9,48 % in the physical activation and 7,23 % on chemical activation, and the largest adsorption velocity occurs at 30 ° C , RH= 100% is 0,00694 %/mnt. Result showed the adsorption capacity decreases as air temperature increases.

Keywords : natural zeolite, activated zeolite, adsorption capacity, zeolite characteristic

1. PENDAHULUAN

Nama zeolit berasal dari kata “*zein*” yang berarti mendidih dan “*lithos*” yang artinya batuan, disebut demikian karena mineral ini mempunyai sifat mendidih atau mengembang apabila dipanaskan. Hal ini menggambarkan perilaku mineral ini yang dengan cepat melepaskan air bila dipanaskan sehingga kelihatan seolah-olah mendidih. Zeolit merupakan kristal berongga yang terbentuk oleh jaringan silika alumina tetrahedral tiga dimensi dan mempunyai struktur yang relatif teratur dengan rongga yang di dalamnya terisi oleh logam alkali atau alkali tanah sebagai penyeimbang muatannya. Rongga-rongga tersebut merupakan suatu sistem saluran yang didalamnya terisi oleh molekul air (Ismaryata, 1999).

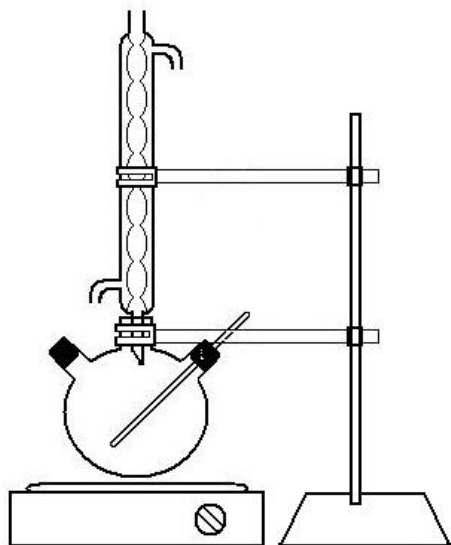
Zeolit alam mempunyai beberapa sifat di antaranya dehidrasi, adsorpsi, penukar ion, katalisator dan separator (Amelia, 2003). Proses dehidrasi mempunyai fungsi utama melepas molekul air dari kerangka zeolit sehingga mempertinggi keaktifan zeolit dengan proses pemanasan. Dehidrasi menyebabkan zeolit mempunyai struktur pori yang sangat terbuka, dan mempunyai luas permukaan internal yang luas sehingga mampu mengadsorpsi sejumlah besar substansi selain air dan mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran molekul dan kepolarannya. Zeolit alam mempunyai struktur rangka, mengandung ruang kosong yang ditempati oleh kation dan molekul air yang bebas sehingga memungkinkan pertukaran ion atau *chemisorptions* (Adamson, 1990). Dengan adanya rongga intra kristalin, zeolit dapat digunakan sebagai katalis. Reaksi katalitik dipengaruhi oleh ukuran mulut rongga dan sistem alur, karena reaksi ini tergantung pada difusi pereaksi dan hasil reaksi.

Sebelum digunakan sebagai adsorben, zeolit alam harus diaktifkan terlebih dahulu agar jumlah pori-pori yang terbuka lebih banyak sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Proses aktivasi zeolit dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu secara fisis dan kimiawi. Aktivasi secara fisis berupa pemanasan zeolit dengan tujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga luas permukaan pori-pori bertambah. Pemanasan dilakukan dalam oven biasa pada suhu 300-400°C (untuk skala laboratorium) atau menggunakan tungku putar dengan pemanasan secara penghampaan selama 3 jam atau penghampaan selama 5 – 6 jam (skala besar). Aktivasi secara kimia dilakukan dengan larutan asam H₂SO₄ atau basa NaOH dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor dan mengatur kembali letak atom yang dipertukarkan. Pereaksi kimia ditambahkan pada zeolit yang telah disusun dalam tangki dan diaduk dalam jangka waktu tertentu. Zeolit kemudian dicuci dengan air sampai netral dan selanjutnya dikeringkan. Zeolit yang cocok untuk adsorben yaitu apabila diaktifkan akan memberikan rasio Si/Al yang tinggi (10-100). Zeolit dengan rasio Si/Al tinggi bersifat *hidrofob* (Sutarti, 1994).

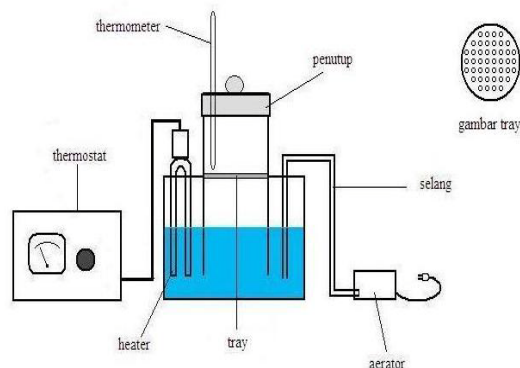
Pada umumnya zeolit alam masih mengandung pengotor-pengotor organik dan anorganik yang menutupi porinya, sehingga untuk meningkatkan kemampuan daya serap zeolit alam harus dilakukan aktivasi terlebih dahulu (Khairinal dan Trisunaryanti, 2000). Penelitian ini akan dilakukan dengan mengamati kemampuan zeolit dalam mengadsorpsi air di udara sehingga kita dapat mengkaji pengaruh aktivasi terhadap performansi zeolit sebagai adsorben air. Selain itu, penelitian ini ditujukan untuk mencari pengaruh suhu, volume, dan konsentrasi NaOH terhadap adsorpsi uap air di udara, serta mendapatkan karakteristik zeolit dalam menyerap air pada berbagai suhu dan kelembaban.

2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batuan zeolit yang harus melalui tahap penghancuran dan pengayakan terlebih dahulu menggunakan screening untuk mendapatkan ukuran zeolit yang diinginkan. Selain itu penelitian ini juga menggunakan NaOH yang digunakan pada aktivasi kimiawi. Peralatan Penelitian yang digunakan adalah furnace, cawan porselin, alat aktivasi kimiawi, dan juga alat *Sorption-Isotherm*.



Gambar 1. Rangkaian Alat Aktivasi Kimiawi



Gambar 2. Rangkaian Alat Sorption-Isotherm

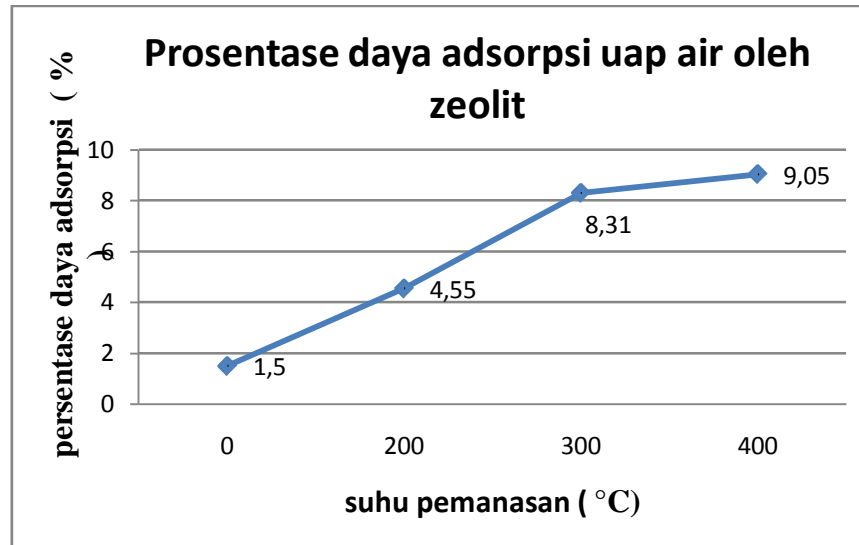
Variabel kendali dalam penelitian ini ukuran dan berat zeolit sebagai adsorber dan juga waktu aktivasi selama 4 jam untuk aktivasi fisik dan 2 jam untuk aktivasi kimiawi. Sedangkan variable berubah dalam penelitian ini adalah suhu aktivasi fisik (tanpa pemanasan, 200°C , 300°C , dan 400°C), normalitas NaOH yang digunakan (0.25 N, 0.5 N, 0.75 N, 1 N, 1.25 N) serta volume larutan NaOH yang digunakan (150 ml, 200 ml, 250 ml, 300 ml, 350 ml, dan 400 ml). Percobaan yang dirancang menggunakan metode deskriptif yaitu dengan membuat tabel dan grafik untuk dapat mengetahui kondisi optimum dari variabel berubah yang digunakan.

Prosedur kerja proses diawali dengan tahap penghancuran, serpihan zeolit kemudian diayak menggunakan screening untuk mendapatkan ukuran zeolit yang diinginkan yaitu 4,75 mm dan 2 mm. Setelah mendapat ukuran zeolit yang diinginkan, terlebih dahulu dilakukan uji pada zeolit alam tanpa aktivasi sebelumnya, hal ini bertujuan untuk mendapatkan perbandingan antara performa zeolit yang belum diaktivasi dengan zeolit yang sudah diaktivasi. Setelah itu lakukan aktivasi fisik dengan memanaskan zeolit dalam furnace selama 4 jam dan aktivasi kimiawi menggunakan larutan NaOH selama 2 jam. Lakukan uji lingkungan dan uji menggunakan alat sorption-isotherm (pada berbagai kelembaban) untuk hasil aktivasi, amati perubahan berat zeolit tiap interval waktu 2 jam selama 6 jam.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Suhu Pemanasan terhadap Proses Adsorpsi Uap Air oleh Zeolit

Meningkatnya daya adsorpsi uap air oleh zeolit seiring dengan kenaikan suhu pemanasan pada saat aktivasi fisik, dapat di lihat pada Grafik 1. Dari ketiga suhu yang digunakan, terlihat jelas bahwa pada suhu 400°C telah menjadikan zeolit memiliki kemampuan adsorpsi uap air terbesar dibandingkan dengan suhu lainnya yaitu pada suhu 200°C dan 300°C .



Grafik 1 . Pengaruh Suhu Pemanasan dengan Daya Adsorpsi Zeolit

Berdasar penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa pada suhu 400°C, semakin banyak air bebas di dalam kristal zeolit yang teruapkan, sehingga membuat struktur pori zeolit menjadi sangat terbuka dan memiliki luas internal yang luas yang mampu mengadsorpsi sejumlah besar substansi seperti uap air. Hal ini menyebabkan zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan.

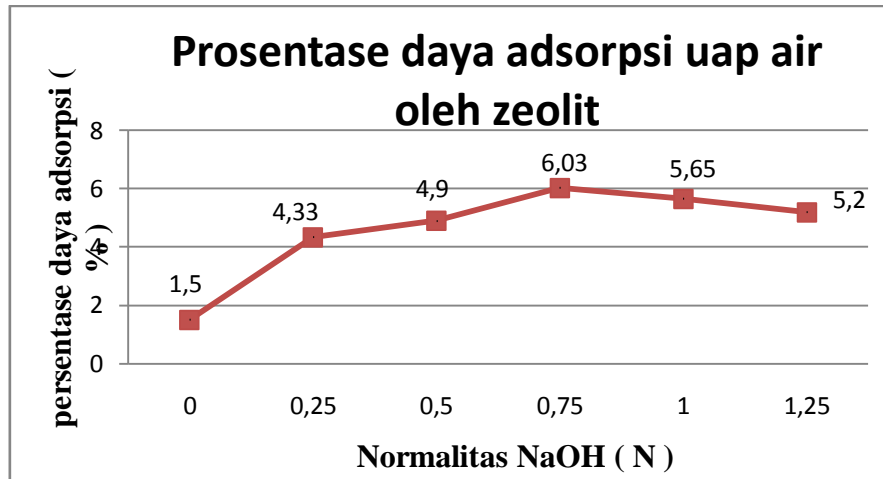
Bila kita melihat grafik di atas pula, dapat kita ketahui bahwa daya adsorpsi zeolit tanpa aktivasi fisik sangat kecil yaitu sebesar 1,5 %. Hal tersebut disebabkan karena rongga-rongga kristal di dalam zeolit, sebagian sudah berisikan air. Hal ini membuat keadaan zeolit mendekati keadaan jenuh akan air sehingga kemampuan zeolit sendiri untuk menyerap uap air dari lingkungan jelas akan sangat kecil bila dibandingkan dengan zeolit yang sebagian besar air yang berada di dalam rongga-rongga tersebut sudah dikeluarkan (Kirk Othmer, 1998)

Aktivasi fisik dengan pemanasan memiliki temperatur maksimal, tetapi temperatur tersebut masih tergantung dari type zeolit itu sendiri. Untuk type zeolit yang paling rendah yang memiliki rasio Si/Al-nya, dan biasa termasuk zeolit alam, rata-rata memiliki temperatur maksimal > 600°C. Bila dipanaskan lebih dari temperatur maksimalnya maka akan merusak struktur zeolit itu sendiri. Dengan rusaknya struktur di dalam kristal zeolit akan mengakibatkan berkurangnya ruang-ruang hampa udara di dalam zeolit dan akhirnya akan mengurangi daya adsorpsi zeolit (Kirk Othmer, 1998)

Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap proses adsorpsi uap air oleh zeolit

Peningkatan konsentrasi NaOH akan meningkatkan pula daya adsorpsi zeolit. Tapi terdapat batas konsentrasi yang paling optimal yang dapat digunakan dalam langkah aktivasi kimiawi menggunakan larutan basa, dalam kasus ini menggunakan NaOH.

Dapat dilihat pada Grafik 2. bahwa konsentrasi NaOH yang paling optimal yang menjadikan zeolit memiliki kemampuan adsorpsi uap air terbesar; sebesar 6,03 %; adalah pada konsentrasi 0,75 N (Volume larutan NaOH untuk tiap konsentrasi tetap = 300 ml). Aktivasi kimiawi menggunakan larutan basa mampu melarutkan pengotor yang dapat larut dalam basa (misalnya silika dan alumina) yang berada di bagian luar kerangka kristal dan yang menutupi pori-pori permukaan zeolit.



Grafik 2. Pengaruh Konsentrasi NaOH dengan Daya Adsorpsi Zeolit

Dapat dilihat pula pada grafik tersebut bahwa telah terjadi penurunan daya adsorpsi uap air oleh zeolit pada konsentrasi 1,00 N, dan terjadi penurunan yang lebih lagi pada saat menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 1,25 N. Pengaruh dari konsentrasi NaOH yang melebihi konsentrasi optimalnya, larutan NaOH tersebut selain dapat melarutkan unsur-unsur di sisi luar permukaan kristal juga dapat melarutkan sisi-sisi kristal sehingga menyebabkan luas permukaan kristal zeolit berkurang dan tentu saja menyebabkan pengurangan daya adsorpsi zeolit itu sendiri.

$$D_{AB}^{\circ} = \frac{(117,3 \times 10^{-18})(\varphi M_B)^{0,5} T}{\mu v_A^{0,6}}$$

Keterangan :

D_{AB}° = difusifitas A pada solven B, m²/s

M_b = Berat molekul solen, kg/kmol

T = temperatur, K

μ = viskositas larutan, kg/m.s

v_A = molal volume solute pada titik didih normal, m³/kmol

φ = faktor asosiasi solvent

Dari rumus di atas dapat di lihat bahwa difusifitas dan viskositas larutan memiliki hubungan berbanding terbalik, $D_{AB}^{\circ} \sim \frac{1}{\mu}$.

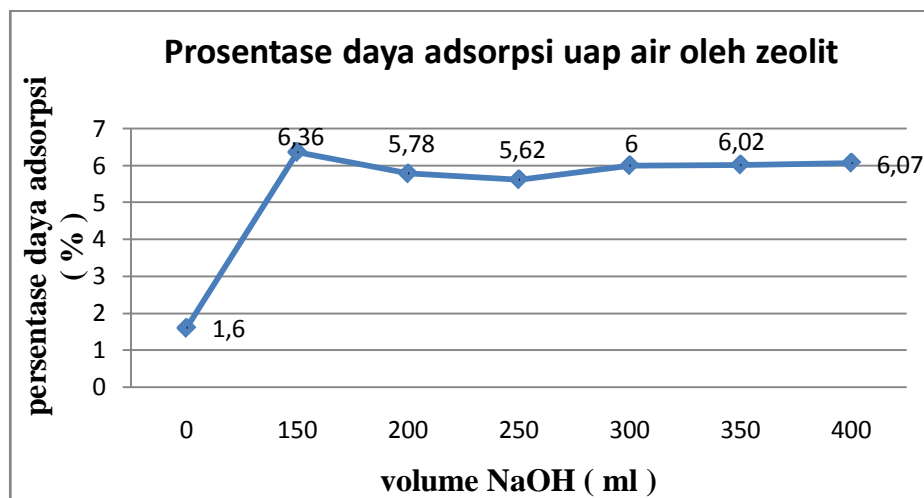
Dari hasil penelitian kami dapat di lihat bahwa pada konsentrasi 0,75 N adalah konsentrasi yang paling optimal untuk melarutkan pengotor-pengotor di sisi permukaan kristal zeolit sekaligus konsentrasi yang paling optimal agar larutan NaOH dapat masuk ke pori-pori kristal zeolit untuk membersihkan pengotor di pori-pori tersebut. Tetapi dengan konsentrasi larutan sebesar 1,0 N dan 1,25 N telah membuat

viskositas larutan NaOH menjadi sangat tinggi, menjadi lebih kental, sehingga difusifitas larutan ke dalam pori-pori pun akan berkurang sesuai dengan persamaan yang ada di atas. Berkurangnya difusifitas larutan NaOH ke dalam pori-pori menyebabkan masih banyaknya pengotor di dalam pori-pori tersebut sehingga luas permukaan kristal pun akan berkurang dan menyebabkan daya adsorpsi zeolit menjadi kecil (Treybal, Robert R, 1981).

Selain itu, konsentrasi NaOH yang melebihi konsentrasi optimalnya dapat pula menyebabkan pengurangan kandungan unsur Al menjadi senyawa $Al(OH)_3$. Hal tersebut menyebabkan struktur dasar zeolit berubah sehingga mengakibatkan pengurangan daya adsorpsi uap air.

Pengaruh Volume Larutan NaOH terhadap Proses Adsorpsi Uap Air oleh Zeolit

Daya adsorpsi uap air terbesar yang dimiliki zeolit terjadi pada saat zeolit mendapat aktivasi kimiawi menggunakan larutan NaOH 0,75 N dengan volume 150 ml dapat dilihat pada Grafik 3. (konsentrasi NaOH sama untuk semua volume = 0,75 N).



Grafik 3. Pengaruh Volume Larutan NaOH terhadap Daya Adsorpsi Zeolit

Volume yang semakin kecil akan meningkatkan difusifitas suatu larutan. Seperti yang dinyatakan oleh persamaan di bawah ini (pendekatan menggunakan persamaan *Diffusivity of liquid*):

$$D_{AB}^{\circ} = \frac{(117,3 \times 10^{-18})(\varphi M_B)^{0,5} T}{\mu v_A^{0,5}}$$

Keterangan :

D_{AB}° = difusifitas A pada solven B, m^2/s

M_b = Berat molekul solen, $kg/kmol$

T = temperatur, K

μ = viskositas larutan, $kg/m.s$

v_A = molal volume solute pada titik didih normal, $m^3/kmol$

φ = faktor asosiasi solvent

Dapat dilihat pada persamaan di atas bahwa D_{AB}° dan v_A memiliki hubungan berbanding terbalik ($D_{AB}^{\circ} \sim \frac{1}{v_A}$), sehingga bila semakin besar volumenya maka difusifitas akan semakin kecil.

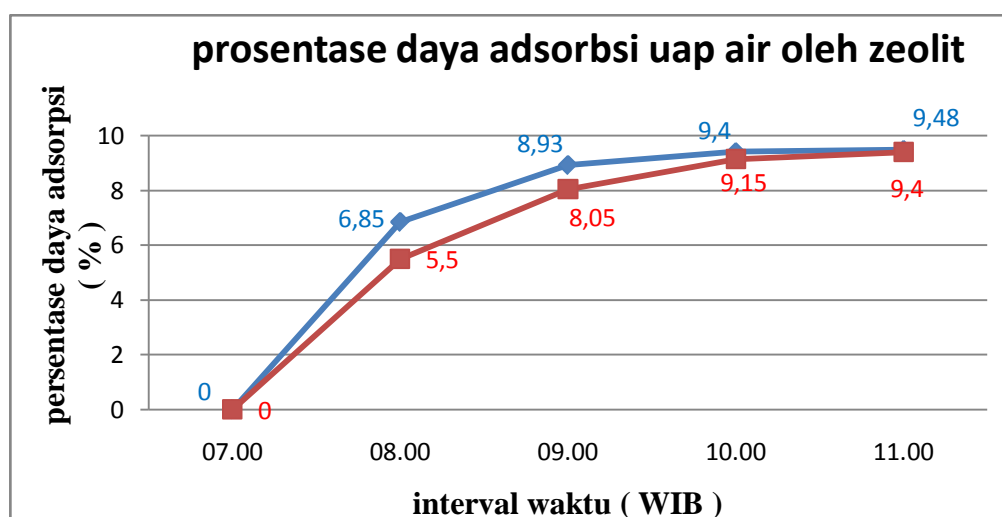
Dalam penelitian kami, pada volume 150 ml dihasilkan zeolit yang memiliki daya adsorpsi terbesar. Hal ini disebabkan karena pada volume 150 ml (paling kecil diantara volume NaOH yang lain) menghasilkan difusifitas terbesar yang mengakibatkan larutan NaOH lebih efisien dan lebih baik dalam

melarutkan pengotor di permukaan kristal zeolit dan pengotor di dalam pori-pori zeolit itu sendiri. Dengan demikian, permukaan zeolit semakin luas dan mengakibatkan semakin tingginya daya adsorpsi uap air oleh zeolit.

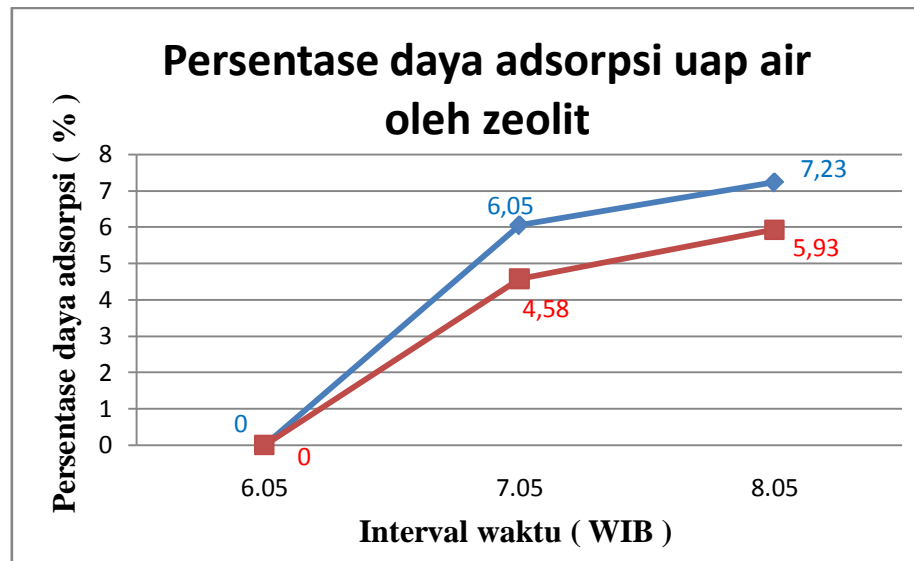
Namun melihat grafik di atas, perbedaan daya adsorpsi zeolit antara yang terkecil 5,62 % dan 6,36 % adalah sangat kecil yaitu sebesar 0,74 % dibandingkan dengan menggunakan variabel normalitas NaOH yang memiliki perbedaan daya adsorpsi terkecil 4,33 % dan yang terbesar 6,03 % yaitu sebesar 1,7 %. Jadi pengaruh variabel volume NaOH lebih kecil dibandingkan pengaruh konsentrasi NaOH (Treybal, Robert R, 1981).

Pengaruh Diameter Zeolit terhadap Proses Adsorpsi Uap Air oleh Zeolit

Baik zeolit yang telah diaktivasi fisik maupun kimiawi, prosentase adsorpsi uap air terbesar oleh zeolit terjadi pada ukuran diameter 2.00 mm, yaitu sebesar 9,48 % dan 7,23 % , dapat dilihat pada Grafik 4 dan Grafik 5. Hal ini disebabkan karena semakin kecil ukuran diameter zeolit maka luas bidang permukannya semakin besar. Dengan luas bidang permukaan yang besar menyebabkan ruang hampa dan pori-pori yang dimiliki zeolit akan semakin banyak. Ruang hampa pada zeolit berfungsi sebagai tempat menampung uap air yang teradsorpsi, dan pori-pori pada zeolit berfungsi sebagai tempat jalur masuknya uap air yang teradsorpsi. Sehingga ruang hampa dan pori-pori yang semakin banyak inilah yang membuat zeolit mampu mengadsorpsi uap air semakin banyak pula (Axens, 2002).



Grafik 4. Perbandingan Ukuran Zeolit terhadap Daya Adsorpsi Zeolit (pada Aktivasi Fisik dengan Suhu pemanasan 400°C)



Grafik 5. Perbandingan Ukuran Zeolit terhadap Daya Adsorpsi Zeolit (pada Aktivasi Kimiawi menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 0,75 N dan volume 150 ml)

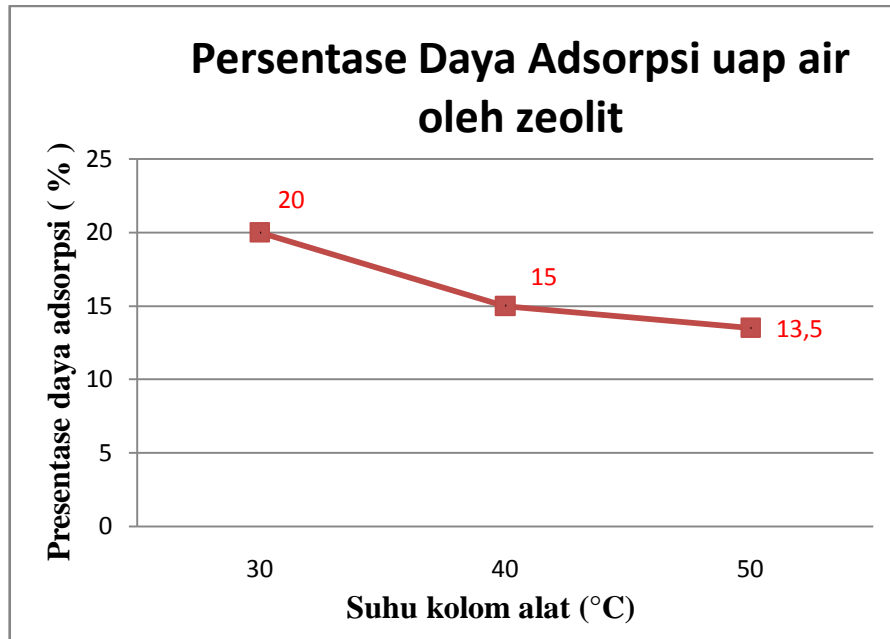
Pengujian Daya Adsorpsi Uap Air oleh Zeolit pada Alat Sorption Isotherm Setelah mendapat Aktivasi Fisik dan Kimiawi

Dapat dilihat pada Grafik 6. bahwa daya adsorpsi uap air terbesar oleh zeolit terjadi pada saat suhu kolom alat sorption isotherm mencapai 30°C yaitu sebesar 0,00694 %/menit, sedangkan bila suhu kolom dinaikkan menjadi 40°C dan 50°C maka daya adsorpsi akan mengalami penurunan.

Penurunan yang terjadi diakibatkan oleh proses desorpsi uap air yang terjadi pada zeolit, selain dari terjadi proses adsorpsi. Proses desorpsi uap air adalah proses pelepasan uap air yang telah berada di dalam kristal zeolit menuju ke lingkungan. Proses ini berkaitan erat dengan temperatur. Semakin tinggi temperatur kolom maka semakin kecil peristiwa adsorpsi terjadi karena dengan temperatur yang tinggi berarti temperatur tersebut akan mendekati titik didih air. Tetapi sistem ini berkebalikan dengan peristiwa desorpsi, karena semakin tinggi temperatur maka akan semakin tinggi pula peristiwa desorpsi. Dengan melihat grafik tersebut, pada suhu 50°C, proses adsorpsi uap air tetap terjadi tetapi kemampuan adsorpsinya lebih kecil dibandingkan pada suhu 30°C, tetapi berkebalikan dengan peristiwa desorpsi, pada suhu 50°C peristiwa desorpsi semakin tinggi bila dibandingkan pada suhu 40°C sehingga berat akhir zeolit setelah selang waktu beberapa jam hingga berat zeolit konstan lebih kecil dibandingkan yang suhu kolomnya 30°C dan 40°C (Ronald, 1979).

Dari Grafik 6 akan dapat kita dapatkan salah satu karakteristik zeolit yaitu kemampuan adsorpsi per satuan waktu :

- Suhu 30°C : 0,00139 gram H₂O/menit
- Suhu 40°C : 0,00104 gram H₂O/menit
- Suhu 50°C : 0,00094 gram H₂O/menit



Grafik 6. Pengujian daya adsorpsi uap air oleh zeolit pada alat sorption isotherm setelah mendapat aktivasi fisik pada suhu 400°C dan kimiawi dengan konsentrasi 0,75 N dan volume 150 ml dengan diameter 4,75 mm

4. KESIMPULAN

Daya adsorpsi terbesar pada temperatur 400°C yaitu sebesar 9,05 %. Hal ini menunjukkan peningkatan temperatur pada waktu aktivasi fisik akan meningkatkan daya adsorpsi uap air oleh zeolit.

Daya adsorpsi terbesar pada konsentrasi optimal larutan NaOH dengan normalitas 0,75 N dan volume 300 ml yaitu sebesar 6,03 %. Hal ini menunjukkan peningkatan konsentrasi larutan NaOH akan meningkatkan daya adsorpsi uap air oleh zeolit.

Daya adsorpsi terbesar pada volume optimal larutan NaOH dengan volume 150 ml dan konsentrasi 0,75 N yaitu sebesar 6,36 %. Hal ini menunjukkan peningkatan volume larutan NaOH akan menurunkan daya adsorpsi uap air oleh zeolit.

Daya adsorpsi terbesar pada ukuran diameter 2 mm setelah mendapat perlakuan aktivasi fisik dan aktivasi kimia adalah 9,48 % dan 7,23 %. Hal ini menunjukkan diameter ukuran zeolit yang semakin kecil akan meningkatkan daya adsorpsi uap air oleh zeolit.

Sedangkan semakin tinggi temperatur akan menurunkan kecepatan adsorpsi uap air oleh zeolit. Kecepatan adsorpsi terbesar terjadi pada suhu 30°C yaitu sebesar 0,00694 %/menit

DAFTAR NOTASI

T	= Temperature (°C)
N	= normalitas (N)
D_{AB}°	= difusifitas A pada solven B, m ² /s
Mb	= Berat molekul solen, kg/kmol
T	= temperatur, K
μ	= viskositas larutan, kg/m.s
v_A	= molal volume solute pada titik didih normal, m ³ /kmol
φ	= faktor asosiasi solvent

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A.W..1990. *Physical Chemistry of Surface*. California: John Wiley&Sons, Inc.
- Anonymous. Activated Alumina and Molecular Sieves. Axens IFP Group Technologies. (2002) .
<http://www.axens.net> (last accesed May 20,2010
- Anonymous. *Siliporite data*. CECA and ATO. (2008).
<http://www.cecachemicals.com/sites/ceca/en/home.page> (last accessed Jan 18, 2010)
- Arnelli, Hermawati, L., dan Ismaryata. 1999. *Kegunaan Zeolit Termodifikasi Sebagai Penyerap Anion*. Laporan Penelitian. Semarang: UNDIP
- Ismaryata. 1999. *The Study of Acidic Washing Temperature and Calcination Effects on Modification Process of Natural Zeolite as an Anion Exchanger*. Laporan Penelitian. Semarang: UNDIP
- John Henri,"*Pengaktifan Zeolit Lampung dengan Berbagai Perlakuan*", Jurnal Sains dan Teknologi vol. 4, no.2, 1998, hal 173-180
- R.A.Day, Jr and A.L. 1992. Underwood,"*Analisis Kimia Kuantitatif*", 5th edition, Erlangga, Jakarta, hal 293 – 295
- Setyowati, Penny. 2002. *Zeolit Sebagai Bahan Pengisi Pada Kompon Karet Ditinjau Dari Sifat Fisika Vulkanisatnya* dalam Majalah Barang Kulit, Karet dan Plastik, Vol. VIII No.2, Tahun 2002. Yogyakarta
- Shigeishi, Ronald A. 1979. 'Solar Energy Storage Using Chemical Potential Changes Associated With Drying of Zeolites'.
- Treybal, Robert E. 1981. *Mass Transfer Operations*, 3rd edition, page 35, Mc Graw –Hill Book Company, Japan

