

SKRIPSI

OPTIMASI AKTIVASI ZEOLIT ALAM UNTUK DEHUMIDIFIKASI



Oleh :

Dian Kusuma Rini

L2C0 06036

Fendy Anthonius Lingga

L2C0 06049

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2010

Halaman Pengesahan

Laporan Penelitian

Nama/ NIM : Dian Kusuma Rini L2C0 06036
Nama/ NIM : Fendy Anthonius Lingga L2C0 06049
Judul : Optimasi aktivasi zeolit alam untuk dehumidifikasi

Semarang, 27 mei 2010

Telah menyetujui

Dosen Pembimbing,

Dr. Mohamad Djaeni, ST, M.Eng
NIP. 19710207 199512 1 001

RINGKASAN

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.

Dalam penelitian ini ada 2 macam aktivasi, yaitu aktivasi fisik dengan cara dipanaskan di dalam furnace dan aktivasi kimia dengan cara direndam dalam NaOH. 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.

SUMMARY

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.

On this research there are two kind of activation, physical activation which will be warm up in furnace and chemical activation which will be submerged in NaOH solution. 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.

PRAKATA

Kami memanjatkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Optimasi aktivasi zeolit alam untuk dehumidifikasi”.

Skripsi ini kami susun untuk memenuhi Tugas Akhir studi S1 Teknik Kimia Universitas Diponegoro.

Pada kesempatan ini, kami juga ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Mohamad Djaeni, ST, M.Engselaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan proposal ini.
2. Ir. Abdullah, M.S. Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro.
3. Ir. Agus Hadiyanto, M.T. selaku Penanggung Jawab Laboratorium Penelitian dan Pengolahan Limbah.
4. Bapak Untung, selaku laboran Laboratorium Penelitian dan Pengolahan Limbah.
5. Keluarga, sahabat, dan teman-teman tercinta.
6. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan motivasi.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik dari berbagai pihak sangat penyusun harapkan demi penyempurnaan skripsi ini di masa yang akan datang.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya khususnya bagi penyusun dan pihak-pihak yang membutuhkan pada umumnya.

Semarang, 30 Mei 2010

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman judul.....	i
Halaman pengesahan.....	ii
Ringkasan	iii
Summary	iv
Prakata	v
Daftar isi.....	vi
Daftar tabel.....	viii
Daftar gambar.....	ix
Bab I Pendahuluan.....	1
I. 1. Latar Belakang	1
I. 2. Perumusan Masalah	2
I. 3. Tujuan Penelitian	2
Bab II Tinjauan Pustaka.....	3
II. 1. Pengertian umum zeolit.....	3
II. 2. Teori Adsorpsi.....	11
II. 3. Mekanisme Adsorpsi oleh Zeolit.....	14
Bab III Metodologi Percobaan.....	16
III.1. Rancangan Percobaan	16
III.2. Bahan dan Alat yang digunakan	18

III.3. Gambar Rangkaian Alat	18
III.4. Prosedur	20
Bab IV : Pembahasan.....	25
Bab V : Penutup.....	33
Daftar Pustaka	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1Komposisi Zeolit Alam	7
--------------------------------------	---

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tetrahedral Alumina dan Silika pada Struktur Zeolit.....	4
Gambar 2.2. Struktur Zeolit.....	5
Gambar 3.3. Skema Rancangan percobaan	15
Gambar 3.4. Rangkaian Alat Aktivasi Kimiawi.....	19
Gambar 3.5. Rangkaian Alat Sorption-Isotherm.....	19
Gambar 4.1. Hubungan suhu pemanasan aktivasi fisik dengan prosentase daya adsorpsi uap air oleh zeolit	25
Gambar 42. Hubungan konsentrasi NaOH dalam aktivasi kimia dengan prosentase daya adsorpsi uap air oleh zeolit	26
Gambar 43. Hubungan volume NaOH dalam aktivasi kimia dengan prosentase daya adsorpsi uap air oleh zeolit	28
Gambar 4.4. Hubungan diameter ukuran zeolit setelah mendapat perlakuan aktivasi fisik dengan prosentase daya adsorpsi uap air oleh zeolit	30
Gambar 4.5. Hubungan diameter ukuran zeolit setelah mendapat perlakuan aktivasi kimia dengan prosentase daya adsorpsi uap air oleh zeolit	30
Gambar 4.6. Hubungan temperatur alat sorption isotherm dengan prosentase daya adsorpsi uap air oleh zeolit	31

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Zeolit merupakan salah satu mineral yang banyak terkandung di bumi Indonesia yang pemanfaatannya belum maksimal. Zeolit pertama kali ditemukan oleh Baron Axel Frederick C pada tahun 1756 di alam untuk jenis kristal dengan struktur yang berongga. Mineral zeolit terbentuk diberbagai tempat di bumi, termasuk juga di dasar laut. Bentuk kristal zeolit relatif teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah menyebabkan permukaan zeolit menjadi sangat luas sehingga baik bila digunakan sebagai adsorben (Arnelli dkk, 1999).

Zeolit alam (*natural zeolit*) banyak dijumpai di beberapa propinsi di Indonesia antara lain : Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jogjakarta. Zeolit alam tersebut sampai saat ini hanya digunakan untuk pakan ternak dan sebagian kecil untuk industri, sehingga harganya sangat murah. Zeolit alam mempunyai beberapa sifat di antaranya dehidrasi, adsorpsi, penukar ion, katalisator dan separator (Amelia, 2003). 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).

Dalam penelitian ini akan dilakukan aktivasi zeolit alam terlebih dahulu dengan larutan NaOH dan pemanasan. Aktivasi ini bertujuan untuk menyeragamkan ukuran rongga (pori) dan menghilangkan pengotor. Diharapkan zeolit yang diaktivasi ini akan mampu mengganti atau menjadi alternatif adsorben air yang sedang ada (seperti silika gel, alkali, H₂SO₄, dll) untuk proses industri seperti pengeringan gas dan udara.

I.2. Perumusan Masalah

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.

I.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian kami adalah:

Tujuan Instruksional Umum:

- Mengetahui potensi zeolit alam sebagai adsorbatuap air dalam udara
- Memanfaatkan dan memberdayakan sumber daya alam Indonesia

Tujuan Instruksional Khusus:

- Mengetahui pengaruh suhu pemanasan, diameter zeolit, volume dan konsentrasi NaOH terhadap adsorpsi uap air di udara
- Mendapatkan karakteristik zeolit dalam menyerap air pada berbagai suhu

I.4. Manfaat Penelitian

- Memberi nilai tambah pada zeolit alam
- Memberikan informasi tentang pengaruh suhu, volume, dan konsentrasi NaOH terhadap performansi zeolit sebagai adsorben air

BAB II

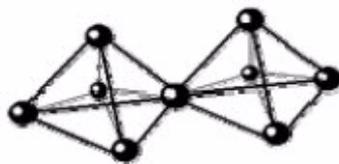
TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Pengertian Umum Zeolit

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. Zeolit merupakan batuan atau mineral alam yang secara kimiawi termasuk golongan mineral silika dan dinyatakan sebagai alumina silikat terhidrasi, berbentuk halus, dan merupakan hasil produk sekunder yang stabil pada kondisi permukaan karena berasal dari proses sedimentasi, pelapukan maupun aktivitas hidrotermal (Sutarti, 1994).

Mineral zeolit dikenal sebagai bahan alam dan umumnya dalam bentuk batuan *clinoptilolite*, *mordenite*, *barrerite*, *chabazite*, *stilbite*, *analcimedan* dan *laumonlite*, sedangkan *offerite*, *paulingite*, dan *mazzite* hanya sedikit dan jarang dijumpai. Zeolit merupakan senyawa alumina silika (Si/Al) yang mempunyai pori dan luas permukaan yang relatif besar, sehingga mempunyai sifat adsorpsi yang tinggi. Zeolit dengan kandungan Si yang tinggi seperti *clinoptilolite*, *mordenite*, dan *ferrierite* dikelompokkan sebagai batuan *acidic* (Setyowati, 2002).

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 di dalamnya terisi oleh molekul air (Ismaryata, 1999).



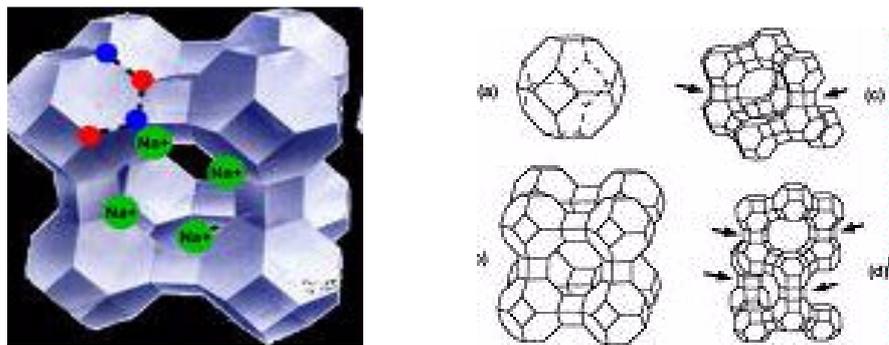
Gambar 1. Tetrahedral alumina dan silika pada struktur zeolit (Las, 2004)

Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral $(AlO_4)^5-$ dan $(SiO_4)^4-$ yang saling berhubungan melalui atom oksigen dan di dalam struktur tersebut Si^{4+} dapat diganti Al^{3+} dengan substitusi isomorfik. Formula untuk satuan sel zeolit adalah $M_{x/n} \{(AlO_2)_x (SiO_2)_y\} \cdot z H_2O$, dimana M merupakan kation alkali / alkali tanah, n merupakan valensi logam alkali / alkali tanah, { } merupakan kerangka alumina, z merupakan jumlah molekul air yang terhidrat, serta x dan y merupakan jumlah tetrahedron per unit sel (Martin, 2000). Biasanya y/x bernilai 1 - 5, tetapi zeolit dengan silika tinggi harga y/x dibuat hingga 10 – 100 atau bahkan lebih tinggi (Flanigen, 1991).

Struktur kerangka zeolit mengandung saluran atau hubungan rongga yang berisi kation dan molekul air (Weller, 1994). Kation aktif bergerak dan umumnya bertindak sebagai ion exchange. Air dapat dihilangkan secara reversible yang secara umum dilakukan dengan pemberian panas.

Polaritas muatan zeolit menyebabkan kristal zeolit memiliki afinitas terhadap molekul-molekul polar, seperti air. Semua zeolit yang ditemukan di alam selalu mengandung air. Air merupakan molekul polar yang sangat mudah teradsorpsi di permukaan zeolit. Karena ukurannya kecil, air akan mengisi seluruh saluran dan rongga-rongga dalam kristal zeolit. Air teradsorpsi ini dapat didesorbsikan dengan cara pemanasan atau pemvakuman. Adsorpsi kembali terjadi bila zeolit dikontakkan dengan air / uap air. Jenis dan konsentrasi kation dalam kristal zeolit sangat berpengaruh pada ukuran saluran bebas, makin besar kation makin kecil ukuran saluran saluran. Dalam praktik, pengaruh ukuran kation ini dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan sifat ayakan molekul. Konsentrasi kation yang ekuivalen dengan konsentrasi Al dapat menghasilkan medan listrik elektrostatik, yang kekuatannya

dipengaruhi juga oleh jenis dan distribusinya. Sifat yang ditimbulkan ini berpengaruh pada selektivitas adsorpsi permukaan zeolit.



Gambar 2. Struktur Zeolit (CECA, 2008)

Karakteristik struktur zeolit antara lain :

1. Sangat berpori, karena kristal zeolit merupakan kerangka yang terbentuk dari jaring tetrahedral SiO_4 dan AlO_4 .
2. Pori-porinya berukuran molekul, karena pori zeolit terbentuk dari tumpukan cincin beranggotakan 6, 8, 10, atau 12 tetrahedral.
3. Dapat menukarkan kation, karena perbedaan muatan Al^{3+} dan Si^{4+} menjadikan atom Al dapat kerangka kristal bermuatan negatif dan membutuhkan kation penetral. Kation penetral yang bukan menjadi bagian kerangka ini mudah diganti dengan kation lainnya.
4. Dapat dijadikan padatan yang bersifat asam, karena penggantian kation penetral dengan proton-proton menjadikan zeolit padatan asam Bronsted.
5. Mudah dimodifikasi karena setiap tetrahedral dapat dikontakkan dengan bahan-bahan pemodifikasi.

Banyak kristal zeolit baru telah disintesis dan memenuhi beberapa fungsi penting dalam industri kimia, minyak bumi dan juga dipakai sebagai produk seperti detergen. Ada sekitar 150 tipe zeolit sintetik dan 40 mineral zeolit. Umumnya bijih zeolit kualitas tinggi ditambang dengan proses penghancuran, pengeringan, pembubukan, dan penyaringan.

Menurut Barrer (1982) dan Breck (1974), zeolit dikelompokkan menjadi 4 yaitu :

- a. Zeolit yang terbentuk pada suhu tinggi, dimana masing-masing temperature tertentu akan terbentuk jenis zeolit tertentu pula.
- b. Zeolit yang terbentuk di dekat permukaan lingkungan sedimentasinya dengan perubahan kimia.
- c. Zeolit yang terbentuk pada suhu rendah pada lingkungan pengendapan laut.
- d. Zeolit yang terbentuk sebagai akibat dari terbentuknya “eraters” di lingkungan dasar laut yang menghasilkan fast hydrothermal zeolitization dari gelas vulkanik.

Kekuatan zeolit sebagai penjerap, katalis, dan penukar ion sangat tergantung dari perbandingan Al dan Si, sehingga dikelompokkan menjadi 3 (Sutarti, 1994) :

1. Zeolit dengan kadar Si rendah

Zeolit jenis ini banyak mengandung Al (kaya Al), berpori, mempunyai nilai ekonomi tinggi karena efektif untuk pemisahan atau pemurnian dengan kapasitas besar. Volume porinya dapat mencapai $0,5 \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$ volume zeolit. Kadar maksimum Al dicapai jika perbandingan Si/Al mendekati 1 dan keadaan ini mengakibatkan daya penukaran ion maksimum.

2. Zeolit dengan kadar Si sedang

Kerangka tetrahedral Al dari zeolit tidak stabil terhadap pengaruh asam dan panas. Jenis zeolit mordenit mempunyai perbandingan Si/Al = 5 sangat stabil.

3. Zeolit dengan kadar Si tinggi

Zeolit ini mempunyai perbandingan Si/Al =10-100 sehingga sifat permukaannya tidak dapat diperkirakan lebih awal. Sangat higroskopis dan menyerap molekul non-polar sehingga baik digunakan sebagai katalisator asam untuk hidrokarbon.

Zeolit mempunyai sifat adsorpsi dan pertukaran ion. Efektifitas penyerapannya bergantung pada sifat spesies yang diserap, kemampuan pertukaran ion, keasaman padatan zeolit dan kelembaban system. Komposisi dari zeolit alam disajikan pada table 2.1

Komposisi	% berat
SiO ₂	78,83
Al ₂ O ₃	12,50
Fe ₂ O ₃	1,50
K ₂ O	2,27
Na ₂ O	1,07
MgO	1,95
CuO	2,14

Tabel 2.1 . Komposisi Zeolit Alam

II.1.1. Sifat-sifat Zeolit

Zeolit mempunyai beberapa sifat diantaranya (Amelia, 2003) :

a. Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses yang bertujuan untuk melepaskan molekul-molekul air dari kisi kristal sehingga terbentuk suatu rongga dengan permukaan yang lebih besar dan tidak lagi terlindungi oleh sesuatu yang berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Proses dehidrasi mempunyai fungsi utama melepas molekul air dari kerangka zeolit sehingga mempertinggi keaktifan zeolit. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume yang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal zeolit tersebut dipanaskan. Dehidrasi molekul air dapat terjadi karena proses pemanasan zeolit sampai 350°C sehingga memungkinkan adsorpsi reversible molekul-molekul yang lebih kecil dari garis tegak saluran itu.

b. Adsorpsi

Pada keadaan normal, ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada di sekitar kation. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu sekitar $300\text{-}400^{\circ}\text{C}$ air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. 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.

c. Penukar Ion

Penukar ion di dalam zeolit adalah proses dimana ion asli yang terdapat dalam intra kristalin diganti dengan kation lain dari larutan. Zeolit mempunyai struktur angka tiga dimensi yang terdiri dari tetrahedral SiO_2 dan AlO_4 , trivalent Al^{3+} dalam posisi tetrahedralnya membutuhkan adanya penambahan muatan listrik, biasanya menggunakan Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , atau Ca^{2+} . Dalam struktur rangka zeolit, kation-kation tersebut tidak terikat pada posisi yang tepat, tapi dapat bergerak bebas dalam rangka zeolit dan bertindak sebagai "counter ion" yang dapat dipertukarkan dengan kation-kation lain.

d. Katalisator

Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang luas dan juga memiliki sisi aktif. Dengan adanya rongga intrakristalin, 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.

e. Penyaring / pemisah

Zeolit mampu memisahkan berdasarkan perbedaan ukuran, bentuk dan polaritas dari molekul yang disaring. Zeolit dapat memisahkan molekul gas atau zat dari suatu campuran tertentu karena mempunyai rongga yang cukup besar dengan garis tengah yang bermacam-macam (antara 2-3 Å). Volume dan ukuran garis tengah ruang kosong dalam kristal-kristal ini menjadi dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring molekul. Molekul yang berukuran lebih kecil dapat masuk ke dalam pori, sedangkan molekul yang berukuran lebih besar dari pori akan tertahan.

Untuk mendapatkan kandungan aluminium yang optimum pada zeolit dapat dilakukan dengan metode dealuminasi. Dealuminasi dapat digunakan untuk mengontrol aktivitas keasaman dan ukuran pori-pori zeolit yang berhubungan dengan fungsi zeolit sebagai penyerap (Khairinal dan Trisunaryanti, 2000).

II.1.2. Sifat fisik dan kimia zeolit

Zeolit memiliki sifat fisik dan kimia yaitu (Sutarti, 1994) :

- a. Hidrasi derajat tinggi
- b. Ringan
- c. Penukar ion yang tinggi
- d. Ukuran saluran yang uniform
- e. Menghantar listrik
- f. Mengadsorpsi uap dan gas

- g. Mempunyai sifat katalitik

Karakteristik zeolit meliputi :

- a. Density : 1,1 gr/cc
- b. Porositas : 0,31
- c. Volume berpori : 0,28-3 cc/gr
- d. Surface area : 1-20 m²/gr
- e. Jari-jari makropori : 30-100 nm
- f. Jari-jari mikropori : 0,5 nm

Zeolit yang diperoleh dari proses penyiapan telah dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Akan tetapi daya serap, daya tukar ion maupun daya katalis dari zeolit tersebut belum maksimal. Untuk memperoleh zeolit dengan kemampuan yang tinggi diperlukan beberapa perlakuan, antara lain preparasi, aktivasi dan modifikasi(Sutarti , 1994).

- a. Preparasi

Tahap ini bertujuan untuk memperoleh ukuran produk yang sesuai dengan tujuan penggunaan.Preparasi ini terdiri dari tahap peremukan (crushing) sampai penggerusan (grinding).

- b. Aktivasi

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 H_2SO_4 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.

c. Modifikasi

Di dalam proses pengolahan air, zeolit hasil aktivasi telah mampu menyerap ion logam berat yang berbentuk kation. Agar zeolit dapat juga menyerap logam berat yang berupa anion, mikroorganisme serta zat organik lain maka zeolit perlu dimodifikasi. Cara modifikasi ialah dengan jalan melapisi zeolit dengan polimer organik vinil piridin, polimer organik alam atau dengan mangan.

II.2. Teori Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu peristiwa fisik pada permukaan suatu bahan yang tergantung dari spesifik affinity (gaya gabung) antara adsorben dan zat yang diadsorpsi (Ketaren, 1986).

Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan pada permukaan suatu adsorben, misalnya adsorpsi zat padat terhadap gas atau zat cair. Zat yang teradsorpsi disebut sebagai adsorbat dan zat pengadsorpsi disebut adsorben (Kasmadi, 2002).

Peristiwa adsorpsi dapat terjadi pada adsorbent yang pada umumnya beberapa zat padat. Adsorpsi oleh zat padat dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi fisis (*fisisorpsi*) dan adsorpsi khemis (*chemisorpsi*). Adsorpsi fisik disebabkan oleh gaya *van der Waals*. Pada adsorpsi fisik, molekul-molekul teradsorpsi pada permukaan dengan ikatan yang lemah. Adsorpsi fisik umumnya terjadi pada temperatur rendah dan dengan bertambahnya temperatur jumlah adsorpsi berkurang dengan mencolok (Adamson, 1990).

Antaraksi *van der Waals* mempunyai jarak yang jauh, tetapi lemah, dan energi yang dilepaskan jika partikel terfisisorpsi mempunyai orde besaran yang sama dengan entalpi kondensasi. Entalpi fisisorpsi dapat diukur dengan mencatat kenaikan temperatur sampel dengan kapasitas kalor yang diketahui, dan nilai khasnya berada sekitar -20 kJ/mol. Perubahan entalpi yang kecil ini tidak cukup untuk menghasilkan pemutusan ikatan, sehingga molekul yang terfisisorpsi tetap mempertahankan identitasnya, walaupun molekul itu dapat terdistorsi dengan adanya permukaan (Atkins, 1990).

Pada adsorpsi khemis, molekul-molekul yang teradsorpsi pada permukaan bereaksi secara kimia, sehingga terjadi pemutusan dan pembentukan ikatan (Adamson, 1990). Ikatan antara adsorben dan adsorbat dapat cukup kuat sehingga spesies aslinya tidak dapat ditemukan kembali. Adsorpsi ini bersifat *irreversibel* dan diperlukan energi yang besar untuk melepas adsorbat kembali dalam proses adsorpsi. Pada peristiwa *chemisorpsi*, umumnya kapasitas adsorpsi akan bertambah dengan bertambahnya temperatur. Kenaikan temperatur yang cukup tinggi memungkinkan terjadinya perubahan adsorpsi fisis menjadi adsorpsi khemis (Triyatno, 2004).

Macam-macam isoterm adsorpsi, antara lain:

1. Isoterm Langmuir

Isoterm Langmuir merupakan isoterm paling sederhana yang didasarkan pada asumsi bahwa setiap tempat adsorpsi adalah ekuivalen, dan kemampuan partikel untuk terikat di tempat itu, tidak bergantung pada ditempati atau tidaknya tempat yang berdekatan (Atkins, 1990).

2. Isoterm BET

Dalam isoterm BET, volume total yang teradsorpsi sebanding dengan jumlah partikel teradsorpsi (Atkins, 1990).

3. Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich adalah satu dari beberapa persamaan awal yang diusulkan untuk menghubungkan jumlah bahan teradsorpsi terhadap konsentrasi bahan dalam larutan, yang dirumuskan dalam persamaan dibawah ini (Wahyuni, 2003).

$$m = k \cdot C^{1/n}$$

keterangan:

m = massa zat teradsorpsi per satuan massa adsorben

C = konsentrasi larutan

k dan n adalah tetapan.

Karena molekul-molekul dalam zat padat tiap-tiap arah sama maka gaya tarik menarik antara satu molekul dengan yang lain di sekelilingnya adalah seimbang. Sebab daya tarik yang satu akan dinetralkan oleh yang lain yang letaknya simetris atau kata lain, resultan gayanya sama dengan nol. Lain halnya yang ada dipermukaan, gaya-gaya tersebut tidak seimbang karena pada suatu arah di sekeliling tersebut tidak ada molekul lain yang menariknya. Akibatnya zat tersebut akan mempunyai sifat menarik molekul-molekul gas atau solute ke permukaannya. Fenomena ini disebut adsorpsi .

Faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah (Anonim, 2009) :

1. Jenis adsorben

Tiap adsorben mempunyai karakteristik tersendiri. Adsorben yang baik untuk mengadsorpsi zat yang satu, belum tentu baik untuk zat yang lain.

2. Macam zat yang diadsorpsi

Zat yang bersifat asam akan mudah di adsorpsi dengan adsorben basa, demikian pula sebaliknya karena asam dan basa akan saling tarik-menarik.

3. Konsentrasi masing-masing zat

Semakin tinggi konsentrasi, makin besar solute / adsorbat yang dapat teradsorpsi. Jika konsentrasi solute tinggi, kemungkinan adsorpsi bersentuhan dengan adsorben makin besar, dengan demikian solute yang teradsorpsi makin besar pula.

4. Luas permukaan

Semakin luas permukaan adsorben , makin besar kemampuan menarik adsorban.

5. Temperature

Jika suhu dinaikkan , molekul adsorben akan bergerak lebih cepat sehingga sulit menangkap dan mengadsorpsi molekul.

Untuk adsorben dengan luas permukaan dan berat tertentu, zat yang diadsorpsi tergantung pada konsentrasi solute di sekitar solvent. Makin tinggi

konsentrasinya, makin besar pula zat yang diadsorpsi. Proses adsorpsi ada dalam keadaan setimbang. Apabila kecepatan suatu zat ditambah atau dikurangi maka akan terjadi keadaan setimbang yang baru.

Syarat – syarat adsorben yang baik, antara lain :

1. Mempunyai daya serap yang besar
2. Berupa zat padat yang mempunyai luas permukaan yang besar
3. Tidak boleh larut dalam zat yang akan diadsorpsi
4. Tidak boleh mengadakan reaksi kimia dengan campuran yang akan dimurnikan
5. Dapat diregenerasi kembali dengan mudah
6. Tidak beracun

II.3. Mekanisme Adsorpsi oleh Zeolit Alam

Zeolit alam memiliki struktur rangka mengandung ruang kosong yang ditempati oleh kation dan molekul air yang bebas sehingga memungkinkan pertukaran ion atau *chemisorption* (Adamson, 1990) .

Sebelum digunakan sebagai adsorben, zeolit alam harus diaktifkan terlebih dahulu agar jumlah pori-pori yang terbuka lebih banyak sehingga luas permukaan pori-pori bertambah . 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) .

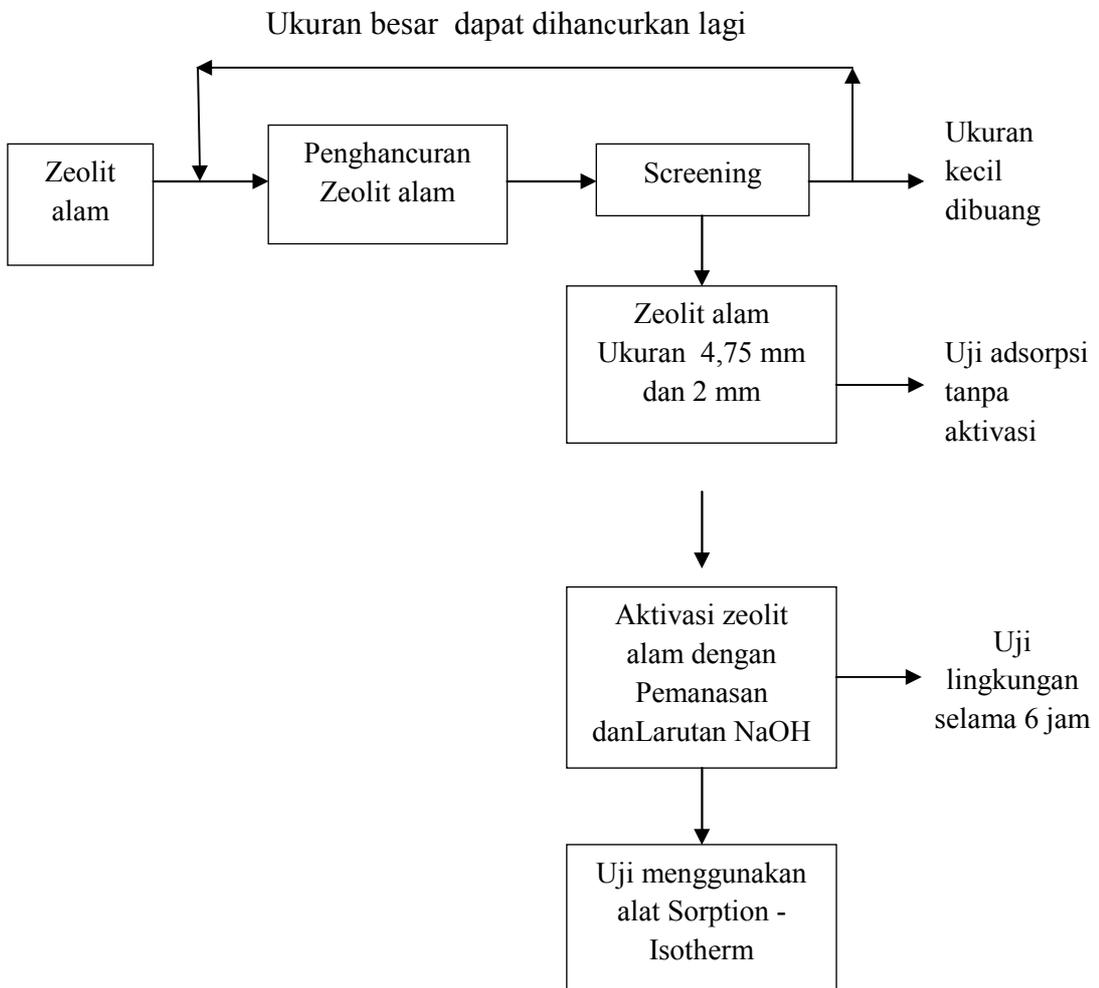
Agar kapasitas adsorpsi zeolit tidak mengalami penurunan, molekul-molekul air harus dikeluarkan dari dalam rongga zeolit, yaitu dengan cara pemanasan hingga temperatur 150 °C. Adsorpsi dapat terjadi karena adanya interaksi antara gaya pada permukaan padatan adsorben dengan molekul-molekul adsorbat (Kasmadi, 2002). Dari hasil penelitian sebelumnya dapat diketahui bahwa mineral zeolit mampu menyerap gas-gas CO₂ , H₂S , dan H₂O sebanyak 25% (Sutarti, 1994).

BAB III

METODOLOGI PERCOBAAN

III. 1. Rancangan percobaan

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan zeolit alam dengan kemampuan mengadsorpsi uap air di udara, yang akan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :



Gambar 3.3. Skema Rancangan percobaan

III.2. Preparasi dan Uji Bahan Baku

Setelah melalui 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.

III.3. Aktivasi Zeolit Alam

III. 3. 1. Penetapan variabel

1. Variabel tetap

- Ukuran diameter zeolit alam : 4,75 mm dan 2,0 mm
- Waktu pemanasan aktivasi fisik : 4 jam
- Waktu pemanasan aktivasi kimiawi : 2 jam
- Massa zeolit alam : 50 gr

2. Variabel berubah

- Suhu aktivasi : 200°C, 300°C, 400°C
- Normalitas NaOH : 0,25 N, 0,5 N, 0,75 N, 1 N, dan 1,25 N
- Volume larutan NaOH : 150 ml, 200 ml, 250 ml, 300 ml, 350 ml, dan 400ml

III. 3. 2. Metode yang digunakan

Metode yang digunakan adalah metode deskriptif yaitu dengan membuat tabel dan grafik dari hasil optimasi zeolit alam, baik dengan aktivasi fisik maupun kimia aktivasi kimia, sehingga dapat diketahui kondisi optimumnya.

III. 3. 3. Respon atau Pengamatan

Respon yang diambil dari penelitian ini adalah kadar air zeolit alam dan laju rata-rata adsorpsi uap air dalam udara oleh zeolit alam.

III. 4. Analisa Percobaan

1. Analisa kadar air

Catat selisih berat zeolit alam setelah dilaksanakan aktivasi, baik fisik maupun kimia, dan setelah pengujian pada lingkungan

$$\% \text{ kadar air} = \frac{\text{selisih berat} \times 100\%}{\text{Berat awal setelah aktivasi}}$$

Berat awal setelah aktivasi

2. Analisa laju adsorpsi

Mencatat pertambahan berat zeolit alam selama pengujian tiap satuan waktu pada alat sorption isotherm

$$\text{Laju adsorpsi} = \frac{\text{pertambahan berat zeolit}}{\text{menit}}$$

III. 5. Bahan dan Alat yang digunakan

III. 5. 1. Bahan

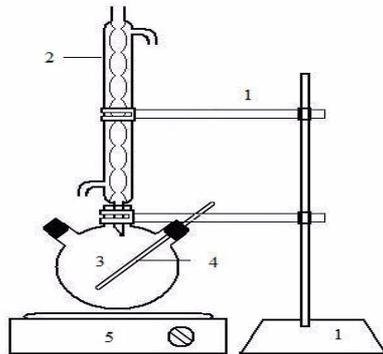
- Zeolit alam
- NaOH padat
- Aquadest

III. 5. 2. Alat

- Cawan porselin
- furnace
- Timbangan digital
- thermometer
- Pengaduk mekanik
- thermostat
- Screening
- beaker glass
- Palu
- oven listrik
- Alat sorption isotherm
- panci pemanas
- Statip dan klem

III. 6. Gambar rangkaian alat

III.6.1. Rangkaian alat aktivasi kimiawi

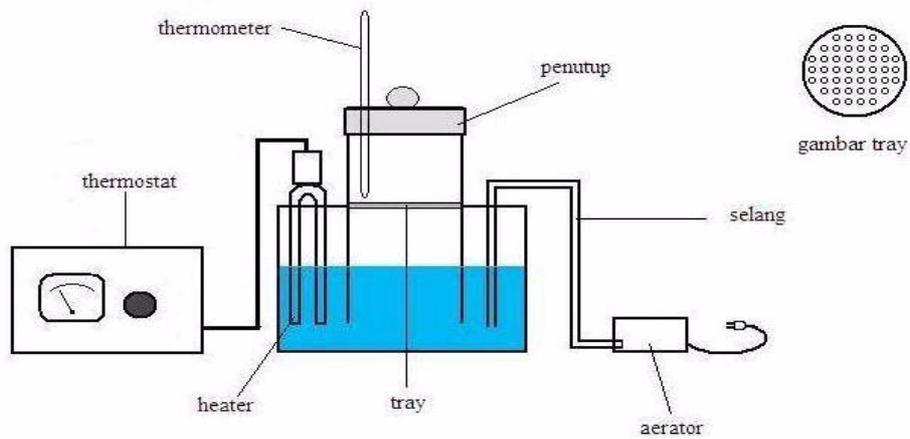


keterangan :

1. statip dan klem
2. pendingin balik
3. labu leher tiga
4. thermometer
5. kompor listrik

Gambar 3.4. Rangkaian Alat Aktivasi Kimiawi

III.6.2. Rangkaian alat sorption-isotherm



Gambar 3.5. Rangkaian Alat Sorption-Isotherm

III.7. Prosedur Percobaan

1. Aktivasi fisis I

- a. Siapkan 50 gr zeolit berdiameter 4,75 mm ke dalam cawan porselen
- b. Masukkan ke dalam furnace dan panaskan hingga suhu 200°C selama 4 jam
- c. Setelah 4 jam, keluarkan lalu timbang berat zeolit setelah pemanasan, lalu simpan di tempat kedap udara
- d. Lakukan langkah a - c untuk variabel suhu pada furnacelainnya :
300°C, 400°C

2. Aktivasi kimiawiA

- a. Merangkai alat
 - i. Siapkan panci, pengaduk mekanik, statip + klem, beaker glass, dan heater + thermostat
 - ii. Pasang statip + klem bersama beaker glass dan pengaduk mekanik di atasnya
 - iii. Letakan panci pemanas yang telah diisi air di bawah beaker glass
 - iv. Pasang heater + thermostat ke dalam panci pemanas
- b. Pengaktifan
 - i. Buat larutan NaOH dengan normalitas 0,25 N dan volumenya 300 ml
 - ii. Siapkan 50 gr zeolit berdiameter 4,75 mm
 - iii. Masukkan larutan NaOH bersama zeolit ke dalam beaker glass yang telah tersedia
 - iv. Aduk dan panaskan larutan NaOH hingga mencapai suhu 90°C selama 2 jam

- v. Setelah 2 jam, cuci zeolit dengan aquadest dan keringkan memakai oven
- vi. Timbang berat zeolit setelah pengaktifan
- vii. Simpan di dalam tempat yang kedap udara
- viii. Lakukan langkah i – vii untuk variabel normalitas NaOH lainnya yaitu : 0,5 N, 0,75 N, 1 N, dan 1,25 N

3. Pengujian pada kondisi lingkungan

- a. Siapkan 2 thermometer di atas meja di tempat terbuka untuk mengukur dry bulb dan wet bulb udara lingkungan sekitar
- b. Letakanzeolit setelah proses aktivasi fisik di atas meja
- c. Catat perubahan berat dari masing-masing zeolit beserta dry bulb dan wet bulb udara dalam tentang waktu 4 jam selama 24 jam
- d. Setelah 24 jam, simpan kembali zeolit dalam tempat kedap udara
- e. Lakukan langkah a – d untuk zeolit dengan aktivasi kimiawi I.A

4. Aktivasi kimiawi I.B

- a. Pengamatan terhadap hasil aktivasi kimiawi I.A
 - 1. Amati perbandingan berat dan laju absopsi dehumidifikasi oleh zeolit hanya untuk zeolit setelah aktivasi kimiawi I.A
 - 2. Pilih salah satu yang memiliki kemampuan menyerap paling baik dari 5 variabel normalitas larutan NaOH di atas
- b. Pengaktifan
 - i. Buat larutan NaOH dengan normalitas yang paling baik (sesuai dengan kondisi pada langkah 5.a.ii) dengan volume 150 ml
 - ii. Siapkan 50 gr zeolit berdiameter 4,75 mm

- iii. Masukkan larutan NaOH bersama zeolit ke dalam beaker glass yang telah tersedia
- iv. Aduk dan panaskan larutan NaOH hingga mencapai suhu 90°C selama 2 jam
- v. Setelah 2 jam, cuci zeolit dengan aquadest dan keringkan memakai oven
- vi. Timbang berat zeolit setelah pengaktifan
- vii. Simpan di dalam tempat yang kedap udara
- viii. Lakukan langkah i – vii untuk variabel volume larutan NaOH sebagai berikut : 200 ml, 250 ml, 300 ml, 350 ml dan 400 ml

5. Peninjauan terhadap variabel lain berupa diameter ukuran zeolit

- a. Lakukan pengujian pada kondisi lingkungan untuk zeolit setelah diaktivasi fisik dan yang telah diaktivasi kimiawi I.A dan I.B , pilih salah satu yang paling baik dalam hal dehumidifikasi
- b. Aktivasi fisik II
 - i. Siapkan 50 gr zeolit berukuran 2,00 mm di dalam cawan porselin
 - ii. Masukkan ke dalam furnace dan panaskan hingga mencapai suhu $xxx^{\circ}\text{C}$ (sesuai dengan kondisi pada langkah 6. a)
 - iii. Setelah 4 jam, keluarkan lalu timbang berat zeolit setelah pemanasan, lalu simpan di tempat kedap udara
 - iv. Amati hasilnya dan bandingkan dengan zeolit yang berdiameter 4,75 mm
- c. Aktifasi kimiawi II. A
 - i. Siapkan 50 gr zeolit berukuran 2,00 mm dan masukan ke dalam beaker glass (rangkaian alat sama seperti pada langkah 3.a)

- ii. Masukkan larutan NaOH dengan normalitas x N (sesuai dengan kondisi pada langkah 6.a) bersama zeolit ke dalam beaker glass yang telah tersedia
 - iii. Aduk dan panaskan larutan NaOH hingga mencapai suhu 90°C selama 2 jam
 - iv. Setelah 2 jam, cuci zeolit dengan aquadest dan keringkan memakai oven
 - v. Timbang berat zeolit setelah pengaktifan
 - v. Amati hasilnya dan bandingkan dengan zeolit yang berdiameter 4,75 mm
- d. Aktifasi kimiawi II. B
- i. Siapkan 50 gr zeolit berukuran 2,00 mm dan masukan ke dalam beaker glass (rangkaian alat sama seperti pada langkah 3.a)
 - ii. Masukkan larutan NaOH dengan normalitas x N dan volume xx ml (sesuai dengan kondisi pada langkah 6.a) bersama zeolit ke dalam beaker glass yang telah tersedia
 - iii. Aduk dan panaskan larutan NaOH hingga mencapai suhu 90°C selama 2 jam
 - iv. Setelah 2 jam, cuci zeolit dengan aquadest dan keringkan memakai oven
 - v. Timbang berat zeolit setelah pengaktifan
 - vi. Amati hasilnya dan bandingkan dengan zeolit yang berdiameter 4,75 mm

6. Skill-up percobaan untuk berat zeolit yang lebih besar

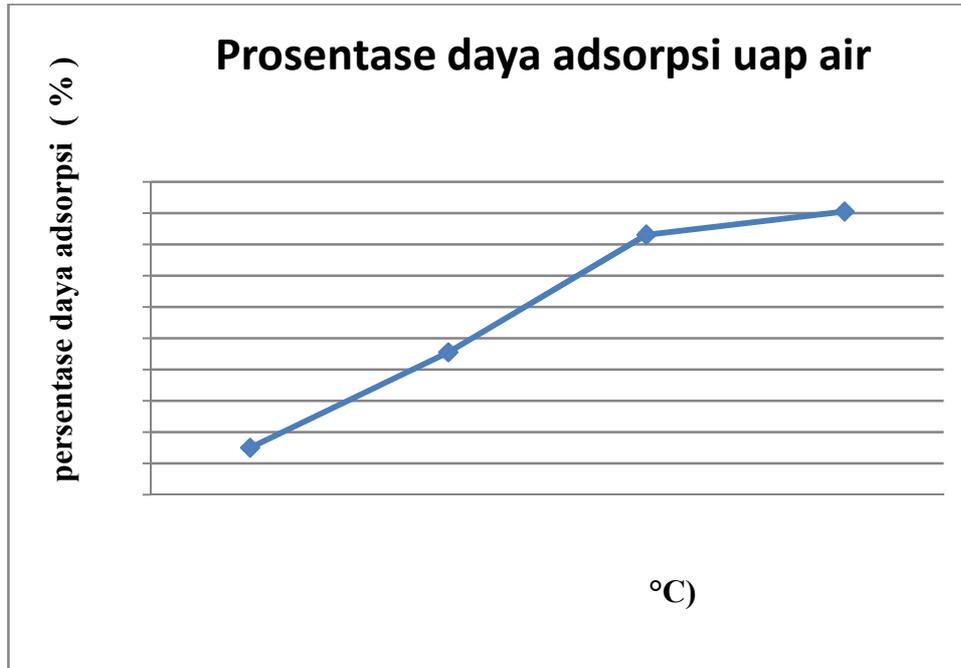
- a. Pilih salah satu dari 2 ukuran diameter zeolit yang paling baik dalam proses dehumidifikasi

- b. Aktifasi fisik III
 - i. Siapkan 200 gr zeolit berdiameter xx mm (sesuai dengan kondisi pada langkah 7.a)
 - ii. Lakukan sama seperti pada langkah 6.c.ii - iii
- c. Aktifasi kimiawi III. A
 - i. Siapkan 200 gr zeolit berdiameter xx mm (sesuai dengan kondisi pada langkah 7.a dan rangkaian alat sama seperti pada langkah 3.a)
 - ii. Lakukan sama seperti pada langkah 6.d.ii – v
- d. Aktifasi kimiawi III.B
 - i. Siapkan 200 gr zeolit berdiameter xx mm (sesuai dengan kondisi pada langkah 7.a dan rangkaian alat sama seperti pada langkah 3.a)
 - ii. Lakukan sama seperti pada langkah 6.e.ii – v
- e. Pengujian sorption isotherm
 - i. Letakan 200 gr zeolit yang telah diaktivasi fisik pada langkah 7.b ke dalam alat sorption isotherm
 - ii. Hidupkan alatnya dan atur suhu pemanasan air pada suhu 50°C
 - iii. Amati perubahan berat zeolit tiap interval waktu 1 jam selama 8 jam
 - iv. Setelah selesai, simpan zeolit dalam tempat kedap udara
 - v. Lakukan langkah 7.e.i – v untuk zeolit hasil aktivasi kimiawi III. A dan aktivasi kimiawi III.B

BAB IV

PEMBAHASAN

1. Pengaruh suhu pemanasan terhadap proses adsorpsi uap air oleh zeolit



Dapat di lihat pada grafik di atas, terjadi peningkatan daya adsorpsi uap air oleh zeolit seiring dengan kenaikan suhu pemanasan pada saat aktivasi fisik. Dari ketiga suhu yang digunakan, terlihat jelas bahwa pada suhu 400°C telah menjadikan zeolit memiliki kemampuan adsorpsi uap air terbesar yaitu sebesar 9,05 % dibandingkan dengan suhu lainnya yaitu pada suhu 200°C dan 300°C dengan persentase 4,55 % dan 8,31 %

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

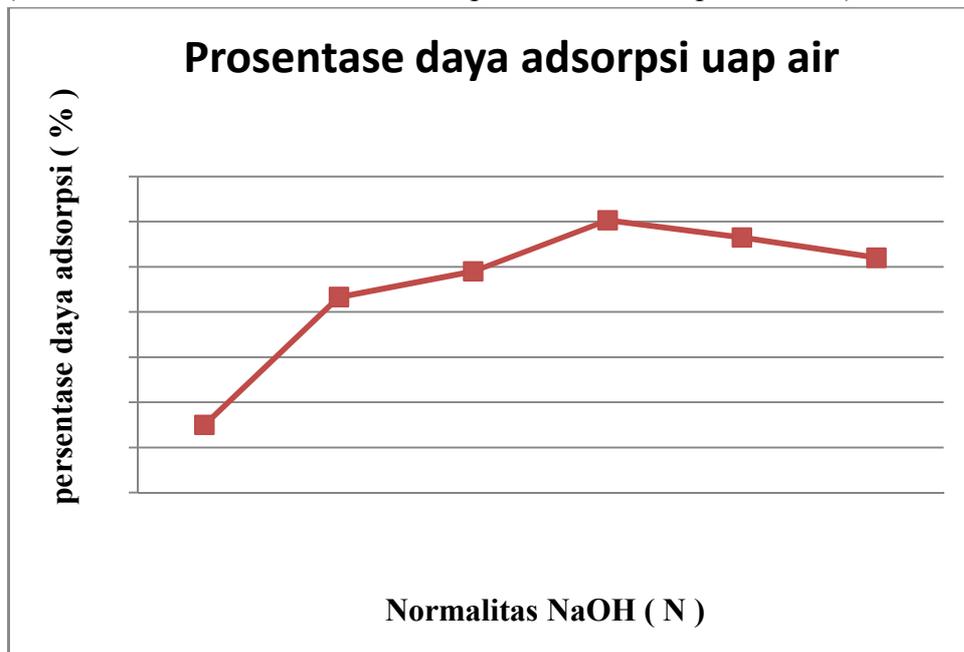
sebagian besar air yang berada di dalam rongga-rongga tersebut sudah dikeluarkan.

(Kirk Othmer,2998)

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 $> 600^{\circ}\text{C}$. 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,2998)

2. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap proses adsorpsi uap air oleh zeolit
(□ Volume larutan NaOH untuk tiap konsentrasi tetap = 300 ml)



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 di atas bahwa konsentrasi NaOH yang paling optimal yang menjadikan zeolit memiliki kemampuan adsorpsi uap air

terbesar; sebesar 6,03 %; adalah pada konsentrasi 0,75 N. 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.

Dapat dilihat pula pada grafik di atas 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 tetntu saja menyebabkan pengurangan daya adsorpsi zzeolit itu sendiri.

Keterangan :

= difusifitas A pada solven B, m^2/s

M_b = Berat molekul solen, $kg/kmol$

T = temperatur, K

μ = viskosita larutan, $kg/m.s$

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

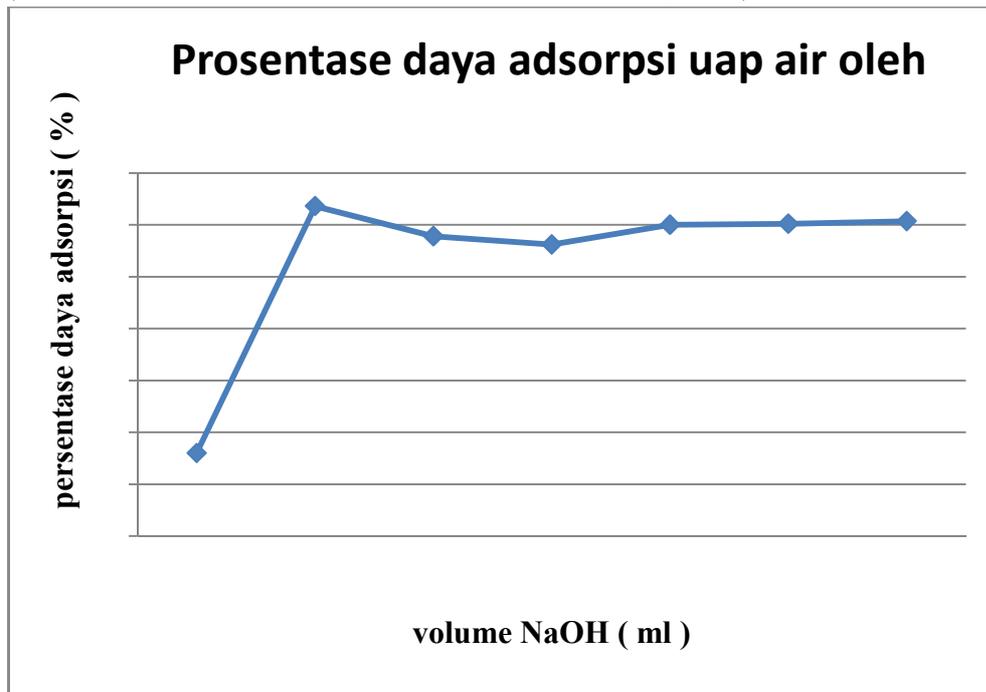
= faktor asosiasi solvent

Dari rumus di atas dapat di lihat bahwa difusifitas dan viskositas larutan memiliki hubungan berbanding terbalik, $\sim -$. 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.

3. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap proses adsorpsi uap air oleh zeolit (konsentrasi NaOH sama untuk semua volume = 0,75 N)



Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa persentase 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, yaitu sebesar 6,36 %

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

Keterangan :

= 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, $m^3/kmol$

= faktor asosiasi solvent

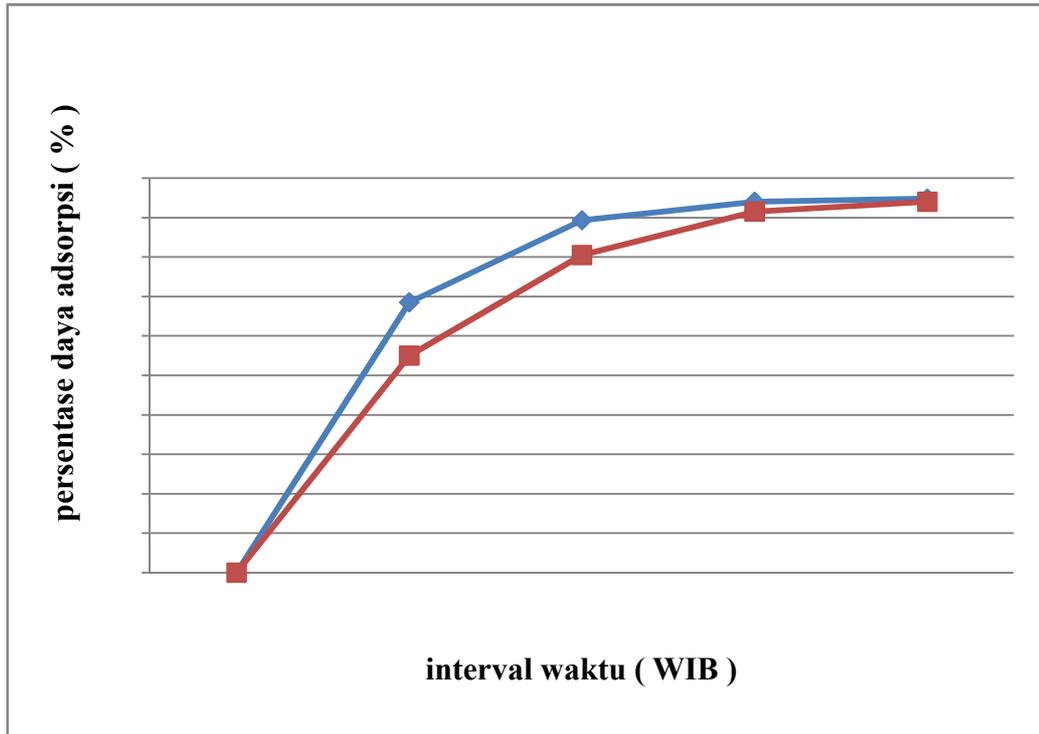
Dapat dilihat pada persamaan di atas bahwa v_A dan v_A memiliki hubungan berbanding terbalik ($\sim \frac{1}{v_A}$), sehingga bila semakin besar volumenya maka difusifitas akan semakin kecil.

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.

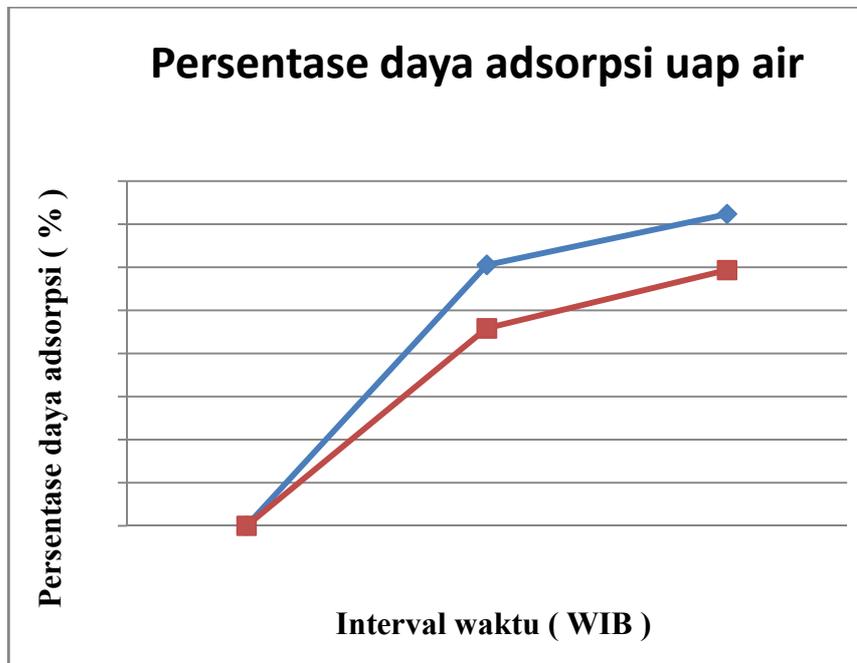
Namun melihat grafik di atas, perbedaan persentase daya adsorpsi zeolit antara yang terkecil 5,62 % dan 6,36 % adalah sangat kecil yaitu sebesar 0,74 % dibandingkan dengan menggunakan variabel normalitas NaOH yang memiliki perbedaan daya adsorpsi terkecil 4,33 % dan yang terbesar 6,03 % yaitu sebesar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

(Treybal, Robert R, 1981)

4. Pengaruh diameter zeolit terhadap proses adsorpsi uap air oleh zeolit
 - a. Zeolit telah diaktivasi fisik dengan pemanasan pada furnace dengan suhu pemanasan 400°C



- b. Zeolit telah diaktivasi kimiawi menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 0,75 N dan volume 150 ml



Dapat dilihat pada 2 buah grafik di atas, baik zeolit yang telah diaktivasi fisik maupun kimiawi, bahwa prosentase adsorpsi uap air terbesar oleh zeolit terjadi pada ukuran diameter 2.00 mm, yaitu sebesar 9,48 dan 7,23%. Hal ini disebabkan karena semakin kecil ukuran diameter zeolit maka luas bidang permukaannya 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.

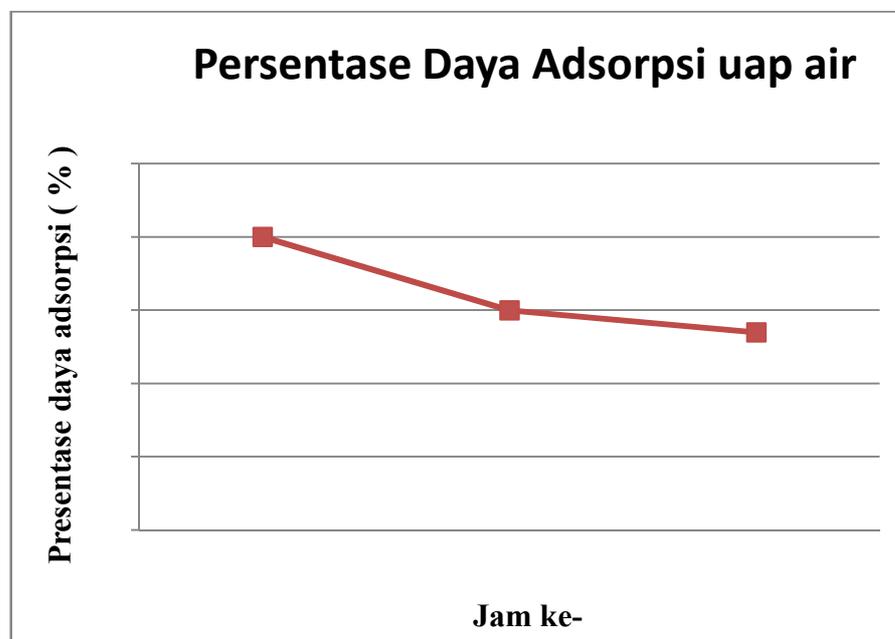
(Axens, 2002)

5. Pengujian daya adsorpsi uap air oleh zeolit pada alat sorption isotherm setelah mendapat aktivasi fisik dan kimiawi

Aktivasi fisik : pemanasan pada suhu 400°C

Aktivasi kimiawi : Perendaman pada larutan NaOH dengan konsentrasi 0,75 N dan volume 150 ml

Diameter ukuran : 4,75 mm



Dari grafik di atas akan dapat kita dapatkan salah satu karakteristik zeolit yaitu kemampuan adsorpsi per satuan waktu :

- Suhu 30°C : 0,00694 %/menit
- Suhu 40°C : 0,00 521 %/menit

➤ Suhu 50°C : 0,00469 %/menit

Dan dapat dilihat pada grafik di atas pula bahwa daya adsorpsi uap air terbesar oleh zeolit terjadi pada saat suhu kolom alat sorption isotherm mencapai 30°C yaitu sebesar 0,00 521 %/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 di atas, 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)

BAB V

KESIMPULAN

V. I. Kesimpulan

1. Peningkatan temperatur pada waktu aktivasi fisik akan meningkatkan daya adsorpsi uap air oleh zeolit. Daya adsorpsi terbesar pada temperatur 400°C yaitu sebesar 9,05 %.
2. Peningkatan konsentrasi larutan NaOH 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 %.
3. Peningkatan volume larutan NaOH akan menurunkan 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 %
4. Diameter ukuran zeolit yang semakin kecil akan meningkatkan 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 %
5. Semakin tinggi temperatur akan menurunkan kecepatan adsorpsi uap air oleh zeolit. Kecepatan adsorpsi terbesar terjadi pada suhu 30°C yaitu sebesar 0,00694 %/menit

V. I. Saran

1. Cuci bersih zeolit menggunakan air bersih setelah dilakukan aktivasi kimiawi menggunakan NaOH
2. Setelah cuci bersih, angin-anginkan zeolit sampai terlihat tidak basah lagi baru dikeringkan

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 Jan18, 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 Sainsdan 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

LAMPIRAN

1. Pengaruh suhu pemanasan terhadap proses adsorpsi uap air oleh zeolit

Tabel pertambahan berat zeolit saat proses adsorpsi di lingkungan

	200°C	300°C	400°C	Td	Tw

Tabel perbandingan variabel suhu pemanasan terhadap zeolit

Suhu pemanasan (°C)			
Pertambahan berat setelah aktivasi(gr)			

Perbandingan prosentase daya adsorpsi moisture udara antara zeolit setelah proses aktivasi fisik dengan zeolit tanpa aktivasi

Tanpa aktivasi			
pemanasan T = 200°C			
pemanasan T = 300°C			
pemanasan T = 400°C			

2. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap proses adsorpsi uap air oleh zeolit

Tabel penambahan berat zeolit saat proses adsorpsi di lingkungan

	konsentrasi NaOH (N)					Td (°C)	Tw (°C)

Tabel perbandingan untuk tiap konsentrasi NaOH

konsentrasi NaOH (N)					
Volume NaOH (ml)					
Prosentase penyusutan (%)					
Berat sebelum					
Berat setelah					
Pertambahan berat					

Perbandingan prosentase daya adsorpsi moisture udara antara zeolit setelah proses aktivasi kimia dengan zeolit tanpa aktivasi

Volume NaOH tetap = 300 ml

			adsorpsi
Tanpa aktivasi			
konsentrasi NaOH 0.25			
konsentrasi NaOH 0.50			
konsentrasi NaOH 0.75			
konsentrasi NaOH 1.00			
konsentrasi NaOH 1.25			

3. Pengaruh volume NaOH dengan konsentrasi tetap pada proses adsorpsi uap air oleh zeolit

Tabel pertambahan berat zeolit saat proses adsorpsi di lingkungan

	Volume NaOH (ml)						Td (°C)	Tw (°C)

Tabel perbandingan untuk tiap volume NaOH

volume NaOH (ml)						
konsentrasi NaOH (N)						
Prosentase penyusutan						
Berat						
Berat						
Prosentase						

Perbandingan prosentase daya adsorpsi moisture udara antara zeolit setelah proses aktivasi kimia dengan zeolit tanpa aktivasi

Konsentrasi NaOH tetap = 0.75 N

Tanpa aktivasi			
volume NaOH 150 ml			
volume NaOH 200 ml			
volume NaOH 250 ml			
volume NaOH 300 ml			
volume NaOH 350 ml			
volume NaOH 400 ml			

4. Pengaruh ukuran diameter zeolit dengan aktivasi fisik dan aktivasi kimia terhadap proses adsorpsi zeolit

a. Aktivasi fisik dengan pemanasan pada temperatur 400°C

Tabel pertambahan berat zeolit saat proses adsorpsi di lingkungan

			Td (°C)	Tw (°C)

Tabel perbandingan untuk diameter 2.00 mm dan 4.75 mm

suhu furnace (°C)		

Tabel perbandingan persentase daya adsorpsi uap air oleh zeolit

Pukul (WIB)				
	Berat akhir	Prosentase daya	Berat Akhir	Prosentase daya

- b. Aktivasi kimia dengan konsentrasi NaOH 0.75 N dan volume NaOH 150 ml

Tabel pertambahan berat zeolit saat proses adsorpsi di lingkungan

			Td (°C)	Tw (°C)

Tabel perbandingan untuk diameter 2.00 mm dan 4.75 mm

konsentrasi NaOH (N)		
volume NaOH (ml)		

Perbandingan persentase daya adsorpsi uap air oleh zeolit

Pukul (WIB)			Berat	
	Berat awal	Persentase daya	Berat	Persentase daya

5. Pengujian zeolit alam hasil aktivasi fisik (temperatur = 400°C) dan aktivasi kimia (konsentrasi 0,75 N dan volume 150 ml) pada alat sorption isotherm untuk mengetahui daya adsorpsi uap air

- Pertambahan berat dan prosentase adsorpsi uap air oleh zeolit saat proses adsorpsi di alat sorption isotherm

	c)		

- Tabel perbandingan untuk masing-masing temperatur

Temperatur kolom alat sorption isotherm (°C)			
Suhu pemanasan furnace (°C)			
Lama pemanasan (jam)			
Konsentrasi NaOH (N)			
Volume NaOH (ml)			
Berat awal (gr)			
Berat setelah pemanasan (gr)			
Prosentase penyusutan (%)			
Berat awal pengujian sorption isotherm 9 gr)			
Berat setelah proses adsorpsi (gr)			
Prosentase daya adsorpsi (%)			