

## **ADSORPSI NITROGEN DARI URIN DENGAN ZEOLIT**

**Oleh**

**M. Pranjoto Utomo, Endang Widjajanti, Kun Sri Budiasih**  
**Staf Pengajar FMIPA UNY**

### ***Abstract***

*The aims of the research were to determine the nitrogen contained in human urine before and after applying zeolyte and to determine the influence of MgO to nitrogen contained in human urine.*

*The determination of zeolyte adsorption capacity to nitrogen contained in human urine included 3 steps: activation of natural zeolyte, nitrogen adsorption, total nitrogen determination by Kjeldahl test. Zeolyte activation was done by soaking zeolyte into 0.1 M HCl, HNO<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> for 1 hour and calcinated for 4 hours at 400°C. The adsorption proses was done by adding inactivated and activated zeolyte with and without MgO adding.*

*The optimum mass of zeolyte was 3 grams. The adsorption capacities of inactivated zeolytes without and with MgO adding were 0.007809% and 0.0102% per gram zeolyte, respectively. The adsorption capacities of activated zeolyte by HCl, HNO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> without MgO adding were 0.00604% , 0.00664% and 0.00917% per gram zeolyte. The adsorption capacities of activated zeolyte by HCl, HNO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> with MgO adding were 0.00839% , 0.0104% dan 0.011% per gram zeolyte. The activation and MgO adding increased the adsorption capacity of zeolyte to nitrogen contained in human urine.*

*Keywords: nitrogen, urin, zeolyte, adsorption capacity*

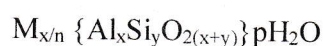
### **PENDAHULUAN**

Pengertian adsorpsi secara umum adalah suatu proses penyerapan suatu zat oleh adsorben. Adsorpsi terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik antar atom atau molekul zat padat. Energi potensial permukaan akan turun dengan mendekatnya molekul ke permukaan. Adsorpsi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya adalah pH, medium elektrolit, temperatur, sifat dan konsentrasi sorbat, sifat dan konsentrasi sorben dan keberadaan ion pengompleks.

Banyaknya zat yang teradsorpsi tergantung pada sifat adsorben, tekanan atau konsentrasi gas dan suhu adsorpsi. Sifat adsorben ditentukan oleh bagaimana adsorben tersebut diaktifkan. Penggunaan zat kimia atau larutan pengaktif pada proses aktivasi ditujukan untuk menghilangkan pengotor yang ada pada adsorben terutama yang berasal dari alam. Sedangkan pemanasan yang dilakukan pada proses pengaktifan akan menyebabkan terbukanya pori-pori akibat pelepasan molekul air yang terikat pada zeolit dari abu sekam. Pemanasan yang dilakukan haruslah tidak menyebabkan

perubahan struktur kimia zeolit, tetapi mampu melepaskan semua molekul H<sub>2</sub>O yang terikat, sehingga diperlukan pemilihan suhu aktivasi yang tepat.

Zeolit alam merupakan mineral yang jumlahnya banyak tetapi distribusinya tidak merata. Klinolit, mordenit, phillipsit, chabazit, laumontit merupakan zeolit alam yang banyak ditemukan. Zeolit alam yang banyak terdapat di Indonesia adalah mordenit, yaitu zeolit alam yang berukuran kecil tetapi mempunyai struktur yang kompleks. Komposisi zeolit tergantung pada substansi kerangka (*frame work*) isomorf, pertukaran kation, impregnasi dan interkalasi (Smith, 1992). Tsitsishvilli (1992) mengemukakan rumus umum untuk zeolit alam:



Dengan M: kation (Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> atau Ca<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Ba<sup>2+</sup>); y/x: bernilai 1 sampai dengan 6; p/x bernilai 1 sampai dengan 4; {}: kerangka aluminosilikat.

Zeolit adalah padatan aluminosilikat dengan struktur yang berdasarkan pada kerangka dasar polimer tiga dimensi dengan pembangun utama adalah tetrahedron dengan pusat atom silikon dan aluminium. Pusat atom silikon atau aluminium (sebagai atom T) mengikat empat atom O pada sudut-sudutnya secara bergantian dan dengan berbagai cara satuan tetrahedral ini

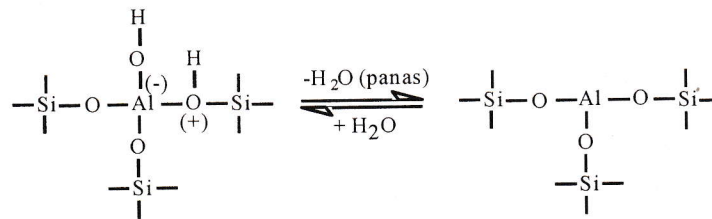
bergabung bersama-sama melalui ikatan T-O-T membentuk struktur kristal zeolit.

Zeolit mempunyai struktur berongga dimana biasanya rongga yang memiliki ukuran tertentu ini ditempati oleh air atau kation-kation yang dapat dipertukarkan. Rongga-rongga atau ruang kosong pada zeolit dapat membentuk kanal atau saluran yang memungkinkan suatu molekul terdifusi ke dalam kristal zeolit. Menurut Othmer dkk. (1983), reaksi kimia terjadi pada permukaan saluran tersebut. Oleh sebab itu, zeolit dapat dimanfaatkan sebagai pengemban dan sekaligus sebagai katalisator (katalis bifungsi). Smith (1992) mengemukakan bahwa zeolit sebagai katalis bifungsi karena sebagai pengemban mempunyai situs yang bersifat asam sedangkan logam akan memberikan aktivitas hidrogenasi.

Sifat asam pada zeolit disebabkan adanya situs asam Bronsted dan asam Lewis yang terdapat dalam struktur kristalnya. Pada zeolit, ion aluminium (III) akan digantikan oleh ion silikon (4+), sehingga muatan negatifnya akan dinetralkan oleh ion positif yang berdekatan. Hal ini terjadi karena adanya disosiasi air yang membentuk gugus hidroksil pada atom aluminium. Struktur yang dihasilkan adalah asam Bronsted, dimana Al dan Si keduanya berkoordinasi tetrahedral. Bila dipanaskan, maka air akan terbentuk kembali dan situs asam Bronsted

akan berubah menjadi situs asam Lewis. Struktur situs Asam Bronsted – Asam Lewis

pada zeolit disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Situs Asam Bronsted-Asam Lewis pada Zeolit

Zeolit banyak digunakan sebagai pengemban karena memiliki aktivitas yang tinggi dan tidak menunjukkan selektifitas yang signifikan dalam reaksinya (Satterfield, 1980).

Urin merupakan hasil samping metabolisme yang harus dibuang dari dalam tubuh manusia dan hewan. Dalam satu hari, manusia dan hewan mengeluarkan urin sampai beberapa kali. Urin manusia mengandung nitrogen, fosfor dan kalium. Nitrogen, fosfor dan kalium yang terkandung dalam air buangan domestic masing-masing sebesar 80%, 50% dan 60%. Berdasar hal itu, maka urin bisa digunakan sebagai sumber nitrogen, fosfor dan kalium yang tidak terbatas ketersediaannya dan gratis.

Salah satu komponen penting dalam urin yang dapat mengendap adalah *struvite*  $[Mg(K,NH_4)(PO_4) \cdot 6H_2O]$ , yang terbentuk dari reaksi magnesium dengan fosfat dalam keberadaan ion amonium. Selama dalam penyimpanan, amonium urin terjadi karena

reaksi hidrolisis urea (Adamsson dan Dave, 1996). Urin manusia mengandung ion amonium yang relatif lebih banyak daripada fosfat, tetapi lebih sedikit dibanding magnesium. Pada pH 4,8 – 6,6, sebagian besar fosfat dalam urin berada sebagai ion  $H_2PO_4^-$  dan  $HPO_4^{2-}$ . Dengan penambahan MgO, pH akan meningkat dan keseimbangan fosfat akan bergeser ke arah pembentukan  $PO_4^{3-}$ , sementara magnesium menyebabkan terjadinya pengendapan *struvite*. *Struvite* juga dikenal sebagai pupuk yang terbentuk secara perlahan-lahan. *Struvite* (pupuk) sangat mungkin dibuat dari urin sebagai material dasar dengan cara mereduksi kandungan N dan P dalam urin.

Sifat fisik urin adalah sebagai berikut:

- Warna. Umumnya urin berwarna kuning kecoklatan (tergantung dari konsentrasi urin). Semakin banyak minum akan menyebabkan konsentrasi urin menurun sehingga warnanya menjadi lebih muda.

- Bau. Bau dari urin bisa mengidentifikasi kesehatan seseorang. Urin dari seorang penderita diabetes akan berbau agak manis karena keberadaan senyawa organik yakni keton. Urin yang baru saja diekskresikan biasanya berbau tidak menyengat, tetapi yang sudah lama berbau menyengat, seperti bau amonia.
- Keasaman. Urin normal mempunyai kisaran harga pH dari 4,6 – 8. Umumnya pH urin sekitar 6.
- Kerapatan (densitas). Urin normal mempunyai kisaran harga kerapatan (densitas) sebesar 0,001 – 0,0035 gram/cm<sup>3</sup>.

Beberapa keuntungan yang didapat pada pemakaian urin sebagai pupuk organik cair adalah:

- Urin sebagai pupuk cair mempunyai komposisi ideal bagi tanaman
- Biaya pemupukan menjadi lebih murah, karena pupuk cair tersedia secara gratis.
- Selalu tersedia material dasar (urin) pada pembuatan pupuk.

Salah satu senyawa yang bisa digunakan sebagai pupuk organik cair alami adalah urin. Besarnya kandungan nitrogen, fosfor dan kalium dalam urin menyebabkan kandungan unsur-unsur tersebut dalam tanah akan meningkat. Peningkatan kandungan nitrogen, fosfor dan kalium dalam tanah justru akan menghambat pertumbuhan tanaman. Berdasarkan hal tersebut, perlu di-

lakukan perlakuan tertentu untuk mengontrol kandungan nitrogen, fosfor dan kalium dalam urin sebelum digunakan sebagai pupuk organik cair. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi kandungan nitrogen dalam urin adalah dengan cara mengadsorpsi unsur-unsur tersebut menggunakan zeolit sebagai adsorben. Penelitian ini bertujuan untuk mengadsorpsi nitrogen dari urin dengan menggunakan zeolit, sehingga urin dapat digunakan sebagai pupuk organik cair alami yang siap pakai.

#### **METODE PENELITIAN**

Subjek penelitian ini adalah urin, sedangkan objeknya adalah daya adsorpsi zeolit terhadap kadar nitrogen dalam urin manusia.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah asam aktivator, dan variabel terikat adalah daya adsorpsi zeolit terhadap kadar nitrogen dalam urin manusia.

Alat yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi peralatan gelas, Neraca analitik AND HF-400, pH Meter Uchida KT-1A, *Muffle furnace* Uchida IMF-72 dan seperangkat alat Kjeldahl. Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah urin manusia (laki-laki dan perempuan), zeolit alami, MgO (p.a. Merck), HNO<sub>3</sub> 0,1 M (p.a. Merck), NaOH-Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (p.a. Merck), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat (p.a. Merck), asam borat 4 % (p.a

Merck), indikator MR BCG (Metil Red Brom Crystal Green) (p.a Merck), HCl 0,02 N (p.a. Merck) dan katalis N ( $\text{SeO}_2$ :  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ :  $\text{CuSO}_4$  = 2,5: 100: 20)

Data penelitian dikumpulkan dengan cara memvariasi massa zeolit, MgO, urin dan asam pengaktivasi zeolit. Dari data tersebut ditentukan daya adsorpsi zeolit terhadap kadar nitrogen dalam urin manusia.

Sebanyak 500 gram butiran zeolit dimasukkan dalam gelas beker lalu dicuci dengan air hingga bersih. Setelah itu dikeringkan di bawah terik matahari.

Sebanyak 300 gram kristal zeolit dimasukkan ke dalam gelas beker. Ke dalam gelas beker ditambahkan 200 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1 M, kemudian direndam selama 1 jam. Selanjutnya kristal dicuci hingga pH netral (pH mendekati 7). Setelah itu kristal disaring dan dikalsinasi pada suhu  $400^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Aktivasi zeolit juga dilakukan dengan  $\text{HNO}_3$  dan HCl dengan konsentrasi masing-masing 0,1 M.

Sebanyak 800 ml urin manusia dilarutkan dengan air 800 ml, kemudian dimasukkan ke dalam botol tertutup dan disimpan pada suhu  $8^\circ\text{C}$  selama 3 hari. Setelah 3 hari, larutan dikeluarkan dari pendingin kemudian dimasukkan dalam botol tertutup.

a. Adsorpsi dengan Zeolit Tak Teraktivasi

Botol A1 dan A2 hanya berisi urin. Botol A3 dan A4 berisi urin dan zeolit tak

teraktivasi. Botol B1 dan B2 berisi urin dan 0,1 gram MgO. Botol B3 dan B4 berisi urin, zeolit tak teraktivasi dan 0,1 gram MgO.

b. Adsorpsi dengan Zeolit Teraktivasi

Botol C1 dan C2 berisi urin dan zeolit teraktivasi  $\text{HNO}_3$ . Botol C3 dan C4 berisi urin dan zeolit teraktivasi HCl. Botol C5 dan C6 berisi urin dan zeolit teraktivasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Botol D1 dan D2 berisi urin, zeolit teraktivasi  $\text{HNO}_3$  dan 0,1 gram MgO. Botol D3 dan D4 berisi urin, zeolit teraktivasi HCl dan 0,1 gram MgO. Botol D5 dan D6 berisi urin, zeolit teraktivasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan 0,1 gram MgO.

Semua botol ditutup rapat dan disimpan pada suhu ruang selama 72 jam dan sesekali diaduk secara manual. Setelah itu sampel dianalisis menggunakan uji Kjeldahl. Selain itu juga dibuat larutan blanko dengan prosedur yang sama tetapi tanpa sampel.

Sebanyak 1 ml sampel dimasukkan dalam labu Kjeldahl 50 ml kemudian ditambahkan 4 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dan  $\pm 0,7$  gram katalis N. Larutan didestruksi hingga jernih. Setelah dingin, dinding dalam labu Kjeldahl dicuci dengan aquades dan dididihkan lagi selama 30 menit. Sebanyak 5-10 ml aquades ditambahkan ke dalam labu Kjeldahl yang telah didinginkan kemudian ditambahkan dengan 20 ml larutan  $\text{NaOH-Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Ke-

mudian larutan didestilasi, destilat ditampung sebanyak 50-60 ml dalam erlenmeyer yang berisi 5 ml larutan jenuh asam borat dan beberapa tetes indikator MR-BCG. Destilat dititrasi dengan 0,02 N HCl.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, pada bab ini akan dibahas

daya adsorpsi zeolit baik yang tak teraktivasi maupun yang teraktivasi terhadap nitrogen dalam urin manusia. Aktivasi zeolit dilakukan dengan penambahan asam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan kalsinasi. Dari hasil penelitian diperoleh data volume HCl hasil titrasi. Dari volume HCl yang diperoleh akan didapatkan persentase kadar nitrogen dalam urin manusia dengan menggunakan persamaan berikut

$$\text{Jumlah nitrogen total (\%)} = \frac{\text{ml HCl} \times \text{N HCl}}{\text{mg contoh}} \times 14,008 \text{ mg/ml} \times 100 \%$$

Setelah kadar nitrogen dihitung maka daya adsorpsi zeolit (persen kadar nitrogen yang teradsorpsi) dapat diketahui dengan mencari

selisih antara persentase kadar nitrogen yang diberi zeolit (N<sub>B</sub>) dengan tanpa diberi zeolit (N<sub>A</sub>) yaitu dengan

$$\% \text{ daya adsorpsi} = \frac{\text{jumlah } N_A - \text{jumlah } N_B}{\text{massa adsorben}}$$

Kandungan nitrogen dalam urin teradsorpsi zeolit tak teraktivasi dan nitrogen dalam urin yang teradsorpsi zeolit teraktivasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,

HNO<sub>3</sub> dan HCl dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2

Tabel 1. Kandungan Urin Teradsorpsi Zeolit Tak Teraktivasi

Botol	Massa Zeolit (gram)	Massa MgO (gram)	pH Awal	pH Akhir	Massa Sampel (mg)	Volume HCl (ml)	%N teradsorpsi	Rata-rata %N teradsorpsi
A1	0	0	5,9	7,4	1267,7	13,2	0,3385	0,3333
A2	0	0	5,9	7,4	1248,6	12,6	0,3281	
A3	3,027	0	5,9	7,1	1236,7	12,0	0,3155	0,3150
A4	3,017	0	5,9	7,1	1230,6	11,9	0,3144	
B1	0	0,1	6,9	8,9	1065,6	11,5	0,3509	0,3430
B2	0	0,1	6,9	8,9	1115,9	11,5	0,3351	
B3	3	0,1	7,1	8,8	1238,1	11,6	0,3046	0,3124
B4	3	0,1	7,0	8,8	1218,6	12,0	0,3202	

Tabel 2. Kandungan Urin Teradsorp Zeolit Teraktivasi

No	Asam aktivator zeolit	Massa Zeolit (gram)	Massa MgO (gram)	Massa sampel (mg)	Volum HCl (ml)	%N Teradsorp	Rata-rata %N teradsorp
C1	HNO <sub>3</sub>	3,019	0	1245,9	12,2	0,3184	0,3133
C2	HNO <sub>3</sub>	3,012	0	1192,0	11,3	0,3082	
C3	HCl	3,011	0	1277,2	12,5	0,3182	0,3151
C4	HCl	3,017	0	1239,3	11,9	0,3122	
C5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,025	0	1208,3	10,9	0,2933	0,3058
C6	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,013	0	1246,1	12,2	0,3183	
D1	HNO <sub>3</sub>	3,022	0,100	1240,5	12,0	0,3145	0,3126
D2	HNO <sub>3</sub>	3,022	0,101	1235,2	11,8	0,3106	
D3	HCl	3,022	0,101	1218,0	11,8	0,3150	0,3178
D4	HCl	3,025	0,103	1237,1	12,2	0,3206	
D5	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,013	0,100	1138,8	10,8	0,3083	0,3098
D6	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,021	0,101	1211,0	11,6	0,3114	

Berdasar pada Tabel 1 dan Tabel 2 dapat ditentukan besarnya persentase nitrogen teradsorpsi pada zeolit.

1. Daya adsorpsi zeolit tak teraktivasi

- a. Tanpa penambahan MgO = 0,007809% / gram zeolit
- b. Dengan penambahan MgO = 0,0102% / gram zeolit

2. Daya adsorpsi zeolit teraktivasi

- a. Tanpa penambahan MgO
  - 1) Aktivator HCl = 0,00604% / gram zeolit
  - 2) Aktivator HNO<sub>3</sub> = 0,00664% / gram zeolit
  - 3) Aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 0,00917% / gram zeolit
- b. Dengan Penambahan MgO
  - 1) Aktivator HCl = 0,00839% / gram zeolit

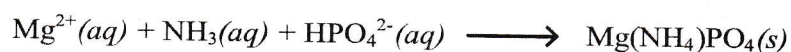
- 2) Aktivator HNO<sub>3</sub> = 0,0104% / gram zeolit
- 3) Aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 0,011% / gram zeolit

Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya adsorpsi zeolit terhadap nitrogen dalam urin akan semakin meningkat dengan adanya perlakuan aktivasi. Pada zeolit tak teraktivasi memberikan daya adsorpsi 0,007809% / gram zeolit, sedangkan pada zeolit teraktivasi HCl, HNO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> masing-masing adalah = 0,00604; 0,00664 dan 0,00917% / gram zeolit.

Daya adsorpsi dengan zeolit teraktivasi lebih besar karena aktivasi zeolit dengan asam-asam mineral bertujuan untuk mengurangi efek hambatan dari pertukaran kation dengan cara pencucian kation. Pemberian asam mineral pada zeolit yang kaya silika menyebabkan Al pada struktur zeolit

akan terlepas membentuk hidrogen zeolit, serta membuka saluran dari struktur zeolit. Asam-asam mineral akan melarutkan komponen  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ , dan  $\text{MgO}$  yang ada dalam pori-pori zeolit, sehingga menambah luas permukaan adsorben. Larutan asam klorida dapat mengusir keluar aluminium dalam kerangka zeolit karena asam klorida dapat bereaksi dengan aluminium (Didi Supriadi, 2002: 17).

Kekuatan asam mineral yang digunakan dalam proses aktivasi zeolit juga berpengaruh terhadap daya adsorpsi zeolit yang digunakan pada proses adsorpsi nitrogen dalam urin. Semakin kuat asam mineral akan semakin kuat asam tersebut mencuci kation, sehingga akan didapatkan luas permukaan katalis (zeolit) yang semakin besar. Semakin luas permukaan zeolit, semakin pula daya adsorpsi yang dihasilkan.



Endapan  $\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sedikit larut dalam air dan kelarutannya bertambah karena terjadi reaksi hidrolisis dalam air:



Adanya amonia yang dibebaskan dari endapan *struvite* akan meningkatkan daya adsorpsi zeolit terhadap nitrogen dalam urin.

Penambahan  $\text{MgO}$  juga berpengaruh terhadap daya adsorpsi zeolit terhadap nitrogen dalam urin. Hal itu dapat dilihat dari besarnya daya adsorpsi yang dihasilkan pada proses adsorpsi. Daya adsorpsi zeolit tak teraktivasi tanpa penambahan  $\text{MgO}$  adalah 0,007809% / gram zeolit, sedangkan daya adsorpsi zeolit tak teraktivasi dengan penambahan adalah zeolit 0,0102% / gram.

Banyaknya nitrogen dalam urin manusia yang diadsorpsi oleh zeolit selain dapat dipengaruhi oleh penambahan zeolit tak aktivasi dan zeolit teraktivasi, juga dipengaruhi oleh penambahan 0,1 gram  $\text{MgO}$ . Magnesium oksida yang ditambahkan dalam urin bereaksi dengan  $\text{NH}_3$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$  membentuk endapan kristalin putih magnesium amonium fosfat (*struvite*) dengan reaksi sebagai berikut:

Daya adsorpsi zeolit terhadap nitrogen dalam urin semakin besar dengan adanya proses aktivasi zeolit dan penambahan  $\text{MgO}$ . Hal itu dapat dilihat dari daya adsorpsi zeolit



teraktivasi HCl, HNO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan penambahan MgO, masing-masing adalah = 0,00839%, 0,0104% dan 0,011% / gram zeolit.

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Daya adsorpsi zeolit tak teraktivasi
  - a. Tanpa penambahan MgO = 0,007809% / gram zeolit
  - b. Dengan penambahan MgO = 0,0102% / gram zeolit
2. Daya adsorpsi zeolit teraktivasi
  - a. Tanpa penambahan MgO
    - 1) Aktivator HCl = 0,00604% / gram zeolit
    - 2) Aktivator HNO<sub>3</sub> = 0,00664% / gram zeolit
    - 3) Aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 0,00917% / gram zeolit
  - b. Dengan Penambahan MgO
    - 1) Aktivator HCl = 0,00839% / gram zeolit
    - 2) Aktivator HNO<sub>3</sub> = 0,0104% / gram zeolit
    - 3) Aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 0,011% / gram zeolit
3. Aktivasi zeolit dengan HCl, HNO<sub>3</sub>, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> meningkatkan daya adsorpsi zeolit terhadap nitrogen dalam urin.
4. Penambahan MgO meningkatkan daya adsorpsi zeolit terhadap nitrogen dalam urin.

## DAFTAR PUSTAKA

Atkins, P.W., (1990). *Physical Chemistry*. London: Oxford University Press.

Othmer, K. 1983, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Volume 5, A Willey Interscience Pub., New York.

Satterfield, C.N., 1980, *Heterogeneous Catalyst in Practice*, Mc Graw Hill Book Company, New York.

Smith, K., 1992, *Solid Support and Catalyst in Organik Synthesis*, Ellis Horwood PTR, Prentice Hall, London.

Tsitsishvilli, G.V., Andronikashvilli, T.G., Kirov, G.N.L.D., 1992, *Natural Zeolites*, Ellis Horwood Ltd., Chicester, England.

<http://ezinearticles.com/?Using-Human-Urין-As-A-Liquid-Fertilizer&id=392596> diakses pada tanggal 2 Maret 2009

[http://www.ivy-rose.co.uk/Topics/Urinary\\_System\\_Composition\\_Urין.php](http://www.ivy-rose.co.uk/Topics/Urinary_System_Composition_Urין.php) diakses pada tanggal 2 Maret 2009

[http://www.bloodindex.org/view\\_learning\\_master.php?id=21](http://www.bloodindex.org/view_learning_master.php?id=21) diakses pada tanggal 2 Maret 2009

<http://answers.google.com/answers/threadview/id/771485.html> diakses pada tanggal 2 Maret 2009