

Pemerangkapan Ammonium (NH_4^+) dari Urine Dengan Zeolit Pada Berbagai Variasi Konsentrasi Urine

¹La Ode Sumarlin *, ²Salih Muharam, ²Andhi Vitaria

¹Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Jakarta

²Program Studi Kimia Universitas Muhammadiyah Sukabumi
email : Lamarid@yahoo.com

Abstrak

Urine sebagai limbah yang mengandung nitrogen dapat dimanfaatkan sebagai sumber pupuk. Akan tetapi, pada kondisi tertentu dalam air, urea mempunyai ion ammonium yang dapat berubah menjadi nitrit yang bersifat racun atau berubah menjadi amoniak yang dapat mencemari udara. Untuk mencegah masalah lingkungan tersebut dan efisiensi pupuk maka digunakan zeolit untuk memperlambat dan mencegah perubahan ion ammonium menjadi ion yang bersifat racun. Salah satu sifat zeolit adalah mampu menyerap (adsorpsi) zat organik maupun zat anorganik dan penukar kation (ion exchanger) (Dixon, 1989). Ion ammonium memiliki peluang terbesar untuk terserap dalam zeolit dengan cara penukaran kation. Salah satu metode analisis terhadap daya adsorpsi zeolit adalah metode impregnasi basah, dimana zeolit direndam dalam berbagai konsentrasi urine 0%(Z₀), 5%(Z₁), 10%(Z₂), 15%(Z₃), 20%(Z₄) dan 25%(Z₅). Analisis NH_4^+ dalam filtrate hasil impregnasi zeolit menggunakan spektrofotometer UV/Vis adalah Z₀ (urine awal) berkisar 72,513 mg/L, Z₁ (60,951 mg/L), Z₂ (62,191 mg/L), Z₃ (69,072 mg/L), Z₄ (51,243 mg/L) dan Z₅ (58,750 mg/L). Maka didapat kapasitas adsorpsi terbesar adalah pada konsentrasi Z₄ yaitu berkisar 21,270 mg/L. Karakterisasi zeolit hasil impregnasi menggunakan spektrofotometer FTIR terhadap zeolit Z₀ dan Z₄, nampak puncak/spektra baru pada 1427 cm^{-1} merupakan ammonium (NH_4^+) yang terperangkap oleh zeolit dalam bentuk garam ammonium.

Kata Kunci : Zeolit, Ammonium, Urine

Abstract

As a waste containing nitrogen, urine can be exploited as a source of manure. However, at some stage in water of urea have ion of ammonium able to turn into nitrit having the character of poison or turn into amoniak able to contaminate air. To prevent the problem of the environment and efficiency fertilize hence used zeolite to slow down and prevent change of ion of ammonium become ion having the character of poison. One of the nature of zeolite can permeate (an organic matter adsorpsi) and also inorganic and exchange of cation (ion of exchanger) (Dixon and Weed, 1989). Ion of ammonium have biggest opportunity to be permeated in zeolite by conversion of cation. The one of method analyse to energy of adsorption zeolite withyer impregnation method, where zeolite soaked in so many urine concentration of 0%(Z₀), 5%(Z₁), 10%(Z₂), 15%(Z₃), 20%(Z₄) and 25%(Z₅). Analysis of ammonium (NH_4^+) in filtrate result of zeolite impregnation use spectrophotometer of UV/Vis Z₀ (urine early) gyrating 72,513 mg/L, Z₁ (60,951 mg/L), Z₂ (62,191 mg/L), Z₃ (69,072 mg/L), Z₄ (51,243 mg/L) and Z₅ (58,750 mg/L). Hence got capacities of adsorpsi biggest concentration of Z₄ that is gyrating 21,270 mg/L. Zeolite characterication result of impregnation use spectrophotometer of FTIR to zeolite of Z₀ and of Z₄, new spectra in 1427 cm^{-1} represent ammonium (NH_4^+) snared by zeolit in the form of salt of ammonium.

Keywords : Zeolite, Ammonium, Urine

1. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan mineral alami (hasil tambang) banyak bermanfaat bagi usaha pertanian. Salah satu bahan mineral tersebut adalah zeolit yang telah banyak digunakan

untuk memperbaiki produktivitas tanah dan tanaman maupun memperbaiki kualitas air pada perikanan waduk, kolam, dan tambak, serta mengurangi polusi yang diakibatkan limbah pertanian industri serta untuk efisiensi pemupukan N dan P. Nitrogen sangat

diperlukan oleh tanaman, salah satu penghasil nitrogen adalah limbah manusia yaitu urine (air seni), yang akan dimetabolisis menjadi urea. Urea merupakan produk akhir normal dari metabolisme protein yang berbentuk padat, larut dalam air dan tak berwarna (Hart, 2003) dan merupakan produk akhir dari metabolisme protein (Pearce, 2003). Urine sebagai limbah nitrogen yang mengandung urea tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber pupuk. Akan tetapi, pada kondisi tertentu dalam air urea mempunyai ion ammonium yang dapat berubah menjadi nitrit yang bersifat racun atau berubah menjadi ammoniak yang dapat mencemari udara. Untuk mencegah masalah lingkungan tersebut dan efisiensi pupuk maka digunakan zeolit untuk memperlambat dan mencegah perubahan ion ammonium menjadi ion yang bersifat racun.

Urine memiliki sifat kimia dan fisik diantaranya adalah (1) Jumlah rata-rata 1-2 liter/hari tergantung banyaknya cairan yang dimasukan (2) Berwarna bening/orange pucat tanpa endapan, (3) Mempunyai bau yang menyengat, dan (4) Reaksi sedikit asam terhadap lakmus dengan pH rata-rata 6. Sedangkan komposisi urine adalah 96% air, Natrium, Pigmen Empedu,, 1,5% garam, Kalium, Toksin, 2,5% urea, kalsium, Bikarbonat, Kreatinin N, Magnesium, Kreatini, Khlorida, Asam urat N, Sulfat anorganik, Asam urat, Fosfat anorganik, Amino N, Sulfat, Amonia N dan Hormon (Armstrong, 1998)

Kandungan urea dalam urine dipengaruhi oleh suhu dan nilai pH sebagaimana ditunjukkan dalam tabel 1 dan tabel 2 di bawah ini :

Tabel 1. Pengaruh Suhu terhadap Kandungan Urea

WAKTU (HARI)	SUHU °C			
	45°C	60°C	75°C	90 °C
	% UREA			
0	0	0	0	0
2	0	0	1	2
4	2	2	4	5
6	5	6	7	10
8	5	7	12	19
10	6	10	14	20

Tabel 2. Pengaruh pH terhadap Kandungan Urea

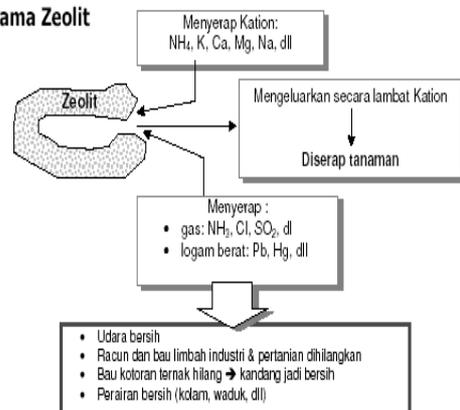
Waktu (Hari)	NILAI pH					
	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
	% UREA					
0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	5
4	1	2	5	10	18	20
6	4	5	7	11	23	30
8	8	9	12	18	30	33
10	8	10	13	22	40	44

Nama zeolit berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani, yaitu zeo (mendidih) dan lithos (batu). Nama ini menggambarkan sifat mineral zeolit yang dengan cepat melepaskan air bila dipanaskan sehingga seolah-olah mendidih. Kerangka zeolit berbentuk tetrahedral dan saling dihubungkan oleh atom oksigen sedemikian rupa sehingga membentuk kerangka tiga dimensi.

Kerangka struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral AlO_4^- dan SiO_4 yang saling berhubungan melalui atom O. Zeolit terdiri dari tiga komponen yaitu kation yang dipertukarkan, kerangka aluminosilikat dan fase air (Army, 2006).

Zeolit memiliki sejumlah sifat kimia maupun fisika yang menarik, diantaranya mampu menyerap (*adsorpsi*) zat organik maupun anorganik, sebagai penukar kation (*ion exchanger*), katalisator (*catalysit*), dan penyaring molekul berukuran halus (*molecular sieving*) (Dixon and Weed, 1989). Struktur zeolit mempunyai sistem mikropori yang biasanya diisi oleh kation dan air. Molekul tersebut bebas bergerak sehingga dapat disubstitusi secara reversible oleh

Sifat utama Zeolit



Gambar 1. Proses adsorpsi-desorpsi berbagai kation dalam zeolit

molekul lain.

Menurut Perrich dalam Effendi (2005), faktor yang paling menentukan daya adsorpsi adalah *kapasitas adsorpsi* dan *laju adsorpsi*, karena memperkirakan adsorpsi secara akurat dalam suatu sistem baik untuk satu atau lebih adsorbat sangatlah sulit.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi diantaranya : Luas area permukaan, ukuran pori, kelarutan adsorbat, pH dan suhu. Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi laju adsorpsi diantaranya : Ukuran partikel, konsentrasi adsorbat dalam larutan, suhu larutan dan agitasi (pengadukan) (Effendi, 2005). Proses adsorpsi pada adsorban yang berongga terjadi karena terjebaknya molekul-molekul adsorbat dalam rongga mengalami penyingkapan sedangkan pada sisi aktifnya terjadi interaksi dengan molekul adsorbat (Sharma, 1986)

Pada penelitian ini digunakan metode impregnasi basah, yaitu perendaman zeolit dalam urine dengan berbagai variasi konsentrasi. Agar ammonium terdispersi dengan sempurna di setiap bagian permukaan struktur zeolit maka dilakukan pemanasan dan kalsinasi.

Karakterisasi zeolit menggunakan metode *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) serta analisa ammonium yang terperangkap dalam zeolit menggunakan Spektrofotometri UV/Vis. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan karakteristik struktur zeolit setelah diimpregnasi basah dan menentukan konsentrasi optimum urine terhadap kapasitas adsorpsi zeolit.

2. METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah urine manusia, aquades dan zeolit alam dalam bentuk granula berukuran 10 mesh berasal dari daerah Cikembar-Sukabumi.

Alat yang digunakan adalah Spektrofotometer FTIR merk Shimadzu, spektrofotometer UV/Vis, oven kontroller, neraca analitik, pipet volumetri, beaker glass 250 ml dan 1000 ml, labu ukur 100 ml, corong, cawan porselin, spatula dan batang pengaduk.

Pengambilan Sampel Urine

Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah pengambilan sampel memakai teknik "simple random sampling" yaitu sampel dipilih langsung dari seluruh populasi tanpa membagi populasi berdasarkan kelompok-kelompok. Jadi dengan teknik ini sampel dianggap mewakili populasinya. Sampel yang digunakan berasal dari urine (air seni) beberapa orang relawan mahasiswa.

Preparasi Zeolit & Sampel Urine

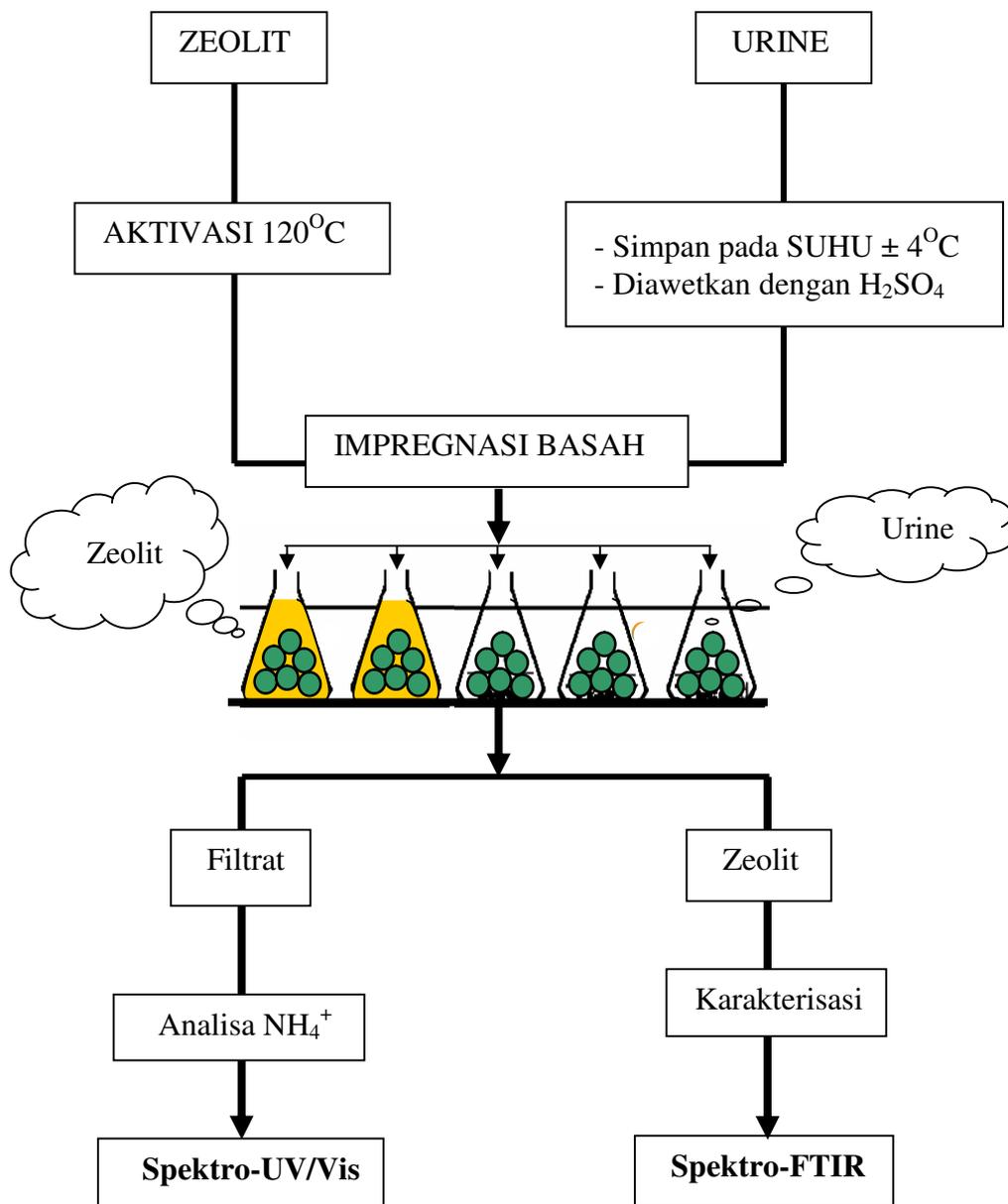
Zeolit alam dibuat granular dengan cara dihancurkan secara mekanis kemudian diayak dengan pengayak berukuran 10 mesh. Zeolit hasil pengayakan di aktivasi dengan cara pemanasan dalam oven kontroller pada suhu 120°C selama 2 jam. Selanjutnya urine dari manusia disimpan di tempat tertutup pada suhu 4°C dalam refrigerator. Penentuan konsentrasi ammonium awal (U_0) pada urine dengan spektrofotometer UV/Vis sebelum di impregnasi. Larutan urine dengan berbagai variasi konsentrasi (%) sebagai berikut : 5% (U_1), 10% (U_2), 15% (U_3), 20% (U_4) dan 25% (U_5).

Impregnasi basah (Uji konsentrasi urine terhadap kapasitas adsorpsi zeolit)

10 gram zeolit alam hasil aktivasi ditimbang dan sebanyak 5 contoh masing-masing direndam pada 50 ml larutan urine dengan masing-masing konsentrasi 5% (U_1), 10% (U_2), 15% (U_3), 20% (U_4) dan 25% (U_5) selama 2 jam. Kemudian diambil 10 ml filtrat (larutan) sisa perendaman zeolit dari masing-masing U_1 , U_2 , U_3 , U_4 dan U_5 serta U_0 dan dianalisa ammoniumnya (NH_4^+) dengan spektrofotometer UV/Vis.

Karakterisasi zeolit

Penentuan karakterisasi zeolit dilakukan sebelum dan sesudah proses impregnasi. Sebanyak 5 gram zeolit hasil impregnasi diambil dari percobaan diatas pada konsentrasi optimum kemudian dikalsinasi pada suhu 250°C selama 4 jam didalam oven kontroller. Setelah itu didinginkan pada suhu kamar (25°C) kemudian dikarakterisasi dengan spektrofotometer infra merah (FTIR).



Gambar 2. Bagan Alir Prosedur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa mengenai kapasitas adsorpsi zeolit terhadap ammonium (NH_4^+) dalam

urine dengan berbagai variasi konsentrasi didapat konsentrasi optimum dari masing-masing konsentrasi urine Z_1 (5%), Z_2 (10%), Z_3 (15%), Z_4 (20%) dan Z_5 (25%) (Tabel 3).

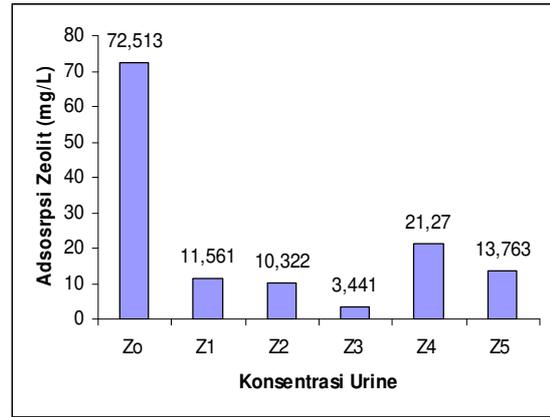
Tabel 3. Kapasitas Adsorpsi Zeolit terhadap Konsentrasi Ammonium pada Urine

Sampel Zeolit	Konsentrasi Urine (%)	Waktu (Jam)	Konsentrasi Filtrat (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi Zeolit (mg/L)
Z_0	-	-	-	72,513
Z_1	5 %	2	60,951	11,561
Z_2	10 %	2	62,191	10,322
Z_3	15 %	2	69,072	3,441
Z_4	20 %	2	51,243	21,270
Z_5	25 %	2	58,750	13,763

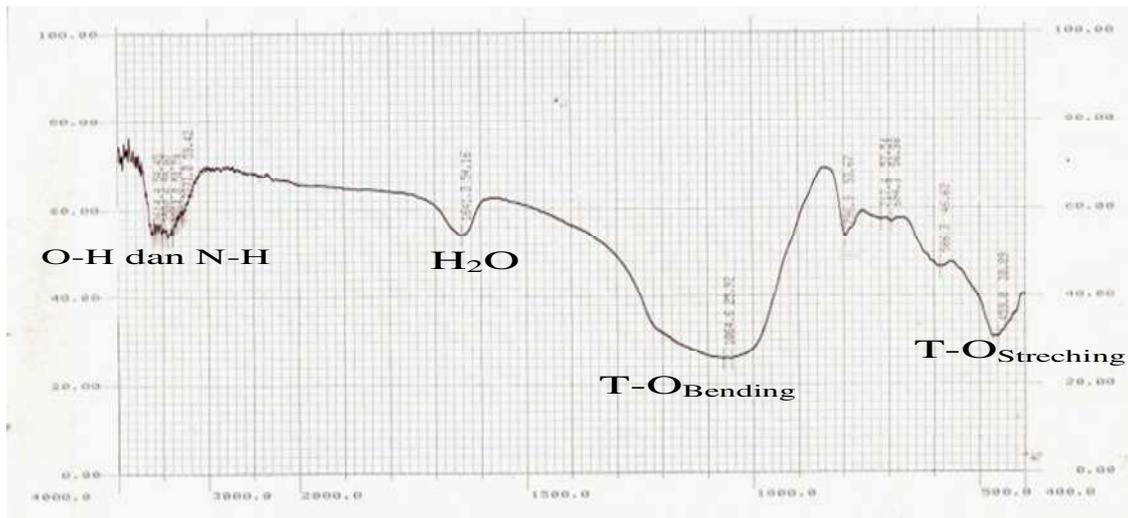
Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan Spektorfotometer UV/Vis diketahui bahwa konsentrasi ammonium awal (Z_0) yaitu 72,513 mg/L (Gambar 3). Setelah diimpregnasi dengan zeolit dalam berbagai variasi konsentrasi urine dari 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% menunjukkan nilai konsentrasi ammoniumnya menjadi berkurang dari konsentrasi Z_0 . Hal ini menunjukkan bahwa ammonium terperangkap dalam zeolit. Konsentrasi ammonium terkecil terdapat pada konsentrasi filtrat untuk Z_4 (20%) yaitu 51,243 mg/L (Tabel 3). Sehingga didapat kapasitas adsorpsi zeolit optimum dengan konsentrasi 21,270 mg/L.

Terperangkapnya ammonium pada zeolit juga dipertegas dengan hasil karakterisasi zeolit menggunakan FTIR zeolit

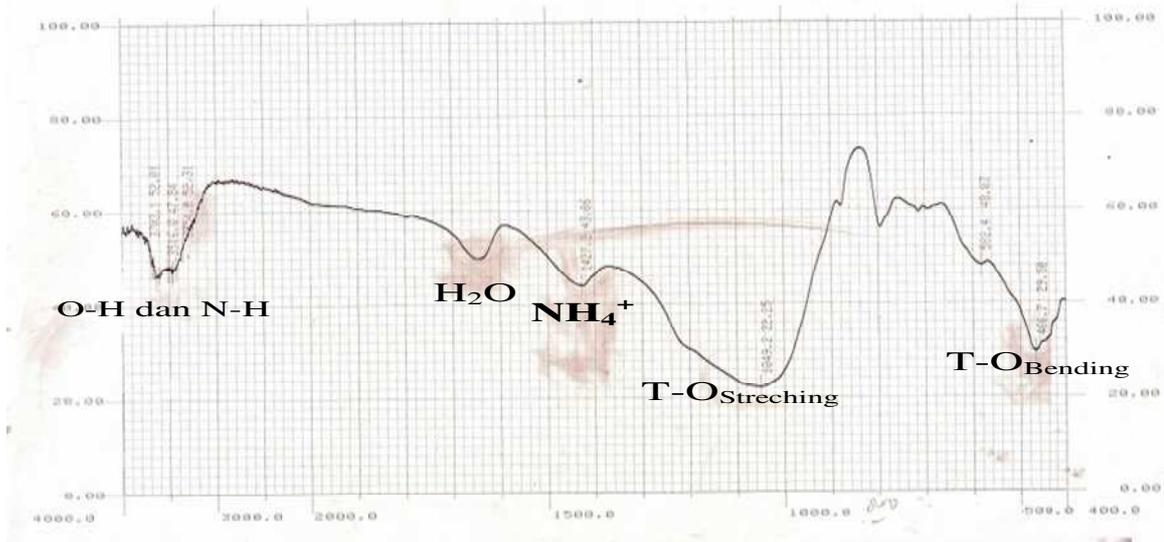
awal (Gambar 4) dan sesudah perlakuan (Gambar 5)



Gambar 3. Hubungan antara Konsentrasi Urine (%) dan Kapasitas Adsorpsi Zeolit (mg/L)



Gambar 4. Spektra-FTIR Zeolit Awal (Z_0)



Gambar 5. Spektra-FTIR Hasil Impregnasi

Dari hasil spektra-IR antara Z_o dan $Z_{optimum}$ diketahui bahwa ammonium (NH_4^+) terperangkap dalam zeolit, hal ini terbukti dengan munculnya bilangan gelombang baru pada $Z_{optimum}$ yaitu pada 1427 cm^{-1} dalam bentuk garam ammonium (Puslitbang LIPI Bandung, 2007). Pada bilangan gelombang $420 - 500\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus bending T-O (Flanigen *et al*, 1971), yaitu terlihat pada spectra-IR Z_o dan $Z_{optimum}$ pada bilangan gelombang 495 cm^{-1} dan 466 cm^{-1} . Dan pada $950 - 1250\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan stretching ($\leftarrow OTO \rightarrow$). Kemudian pada hasil spektra-IR $Z_{optimum}$ muncul bilangan gelombang 1641 cm^{-1} , dimana menurut Park dan Komarneni (1997), pada bilangan gelombang 1641 cm^{-1} menunjukkan unsur H_2O . Walaupun dikalsinasi dengan suhu 250°C hanya sebagian molekul air yang terlepas dan sebagian terperangkap dalam pori-pori dan saluran zeolit sehingga akan menyerap energi radiasi pada bilangan gelombang tersebut. Untuk bilangan gelombang $3000 - 3750\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan regang gugus O-H dan N-H.

Dari interpretasi spektra itu mengindikasikan impregnasi zeolit dalam urine tidak menyebabkan perubahan struktur zeolit dan ammonium NH_4^+ terperangkap dalam zeolit. Hal ini memungkinkan karena zeolit mempunyai struktur berongga sehingga dapat berfungsi sebagai adsorben ion atau molekul yang ada disekitarnya. Ion atau molekul yang cocok terdifusi kedalam sistem rongga zeolit dan didistribusikan ke seluruh bagian intra kristalin sehingga terperangkap didalamnya sehingga zeolit dapat berperan sebagai adsorben.

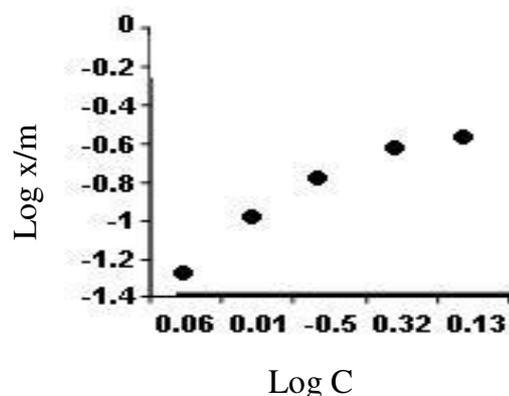
Impregnasi basah adalah suatu metoda untuk mendispersikan garam ke dalam penyangga dengan cara perendaman. Adanya gaya kapiler yang disebabkan oleh perbedaan tekanan antar lapisan permukaan, larutan garam akan masuk kedalam pori-pori penyangga dan didistribusikan ke seluruh bagian intra kristalin. Secara teoritis jumlah air yang terkandung dalam zeolit sesuai dengan banyaknya volume pori, tetapi pada kasus tertentu rendahnya kekentalan dari pelarut (air) menyebabkan difusi pelarut lebih cepat dari pada zat terlarut sehingga dibutuhkan waktu perendaman cukup lama untuk mencapai keadaan homogen.

Sesuai dengan sifat daripada zeolit itu sendiri adalah sebagai pengadsorpsi dimana zeolit mempunyai kemampuan untuk

menyerap sejumlah molekul dan ion yang terdapat dalam larutan maupun gas. Struktur zeolit yang berpori yang berasal dari saluran-saluran dalam rangka kristal (Furqon, 2006). Di samping itu, zeolit juga mampu memisahkan molekul-molekul berdasarkan kepolarannya, dimana molekul-molekul akan masuk ke dalam rongga zeolit dan akan diserap. Molekul-molekul yang polar dan berukuran kecil dan tidak jenuh akan diabsorpsi oleh zeolit secara efektif karena zeolit juga bersifat polar. (Suryanti, 1998)

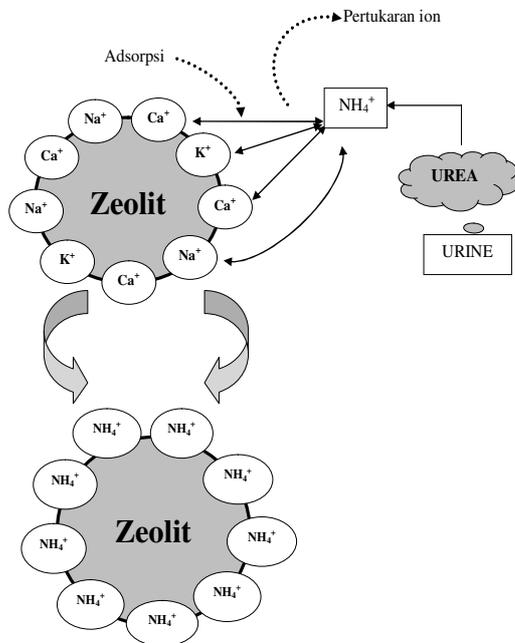
Salah satu cara untuk menjadikan zeolit sebagai pengadsorpsi dengan baik maka dilakukan aktivasi secara fisika dan kimia. Aktivasi terhadap zeolit pada penelitian ini dilakukan aktivasi secara fisika yaitu berupa pemanasan dengan tujuan menghilangkan molekul air dari dalam rongga permukaan/pori-pori kristal zeolit. Hal ini akan menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan akan efektif berinteraksi dengan adsorbat. Aktivasi dengan pemanasan ini sering juga dikenal dengan kalsinasi. Ukuran pori-pori merupakan faktor yang cukup penting yang berperan dalam proses adsorpsi. Molekul dengan ukuran besar sulit dapat masuk ke dalam pori atau rongga-rongga yang terdapat dalam zeolit jika ukuran porinya lebih kecil dibanding molekulnya

Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi diantaranya : Luas area permukaan, ukuran pori, kelarutan adsorbat, pH dan suhu. Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi laju adsorpsi diantaranya : Ukuran partikel, konsentrasi adsorbat dalam larutan, suhu larutan dan agitasi (pengadukan).



Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi Urine terhadap Kapasitas Adsorpsi Zeolit

Adsorpsi zeolit yang terjadi termasuk adsorpsi fisika karena tidak terjadi perubahan struktur fisik zeolit. Dan termasuk jenis adsorpsi isoterm Freundlich, hal ini dilihat dari kurva hasil dari pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas adsorpsi zeolit (Gambar 5).



Gambar 6. Skema Pertukaran Kation antara Amonium dengan Kation Zeolit

Sifat yang kedua yaitu sebagai penukar kation artinya kation-kation dalam zeolit dapat dipertukarkan dengan kation lain. Hal ini dilihat bahwa zeolit mengandung kation dan molekul air yang dapat menjaga kesetimbangan substitusi Si^{4+} oleh Al^{3+} sehingga tidak menyebabkan zeolit bermuatan negatif. Kation tersebut dapat bergerak bebas dalam saluran dan rongga zeolit sehingga dapat dipertukarkan dengan kation lain pada kondisi tertentu sehingga zeolit dapat berperan sebagai penukar kation (ion exchange). Secara umum kedua ion tersebut merupakan ion-ion yang terkandung dalam komposisi zeolit yang diformulasikan sebagai $\text{M}_{y/z}[(\text{SiO}_2)_x(\text{AlO}_2)_y]_n\text{H}_2\text{O}$ (Setyawan, 2003).

Proses pertukaran ion ini tidak menyebabkan perubahan struktur fisik zeolit (Poerwadio dan Masduqi, 2004). Zeolit mempunyai selektivitas yang tinggi, sehingga sering digunakan untuk mengisolasi kation yang diikat secara selektif. Zeolit alami dapat mereduksi secara signifikan kandungan ammonia dan H_2S yang biasa

digunakan dalam menghilangkan bau dalam peternakan. Di samping itu NH_4^+ dapat diadsorpsi oleh zeolit yang dapat digunakan sebagai pupuk pelepas lambat. Tingginya kapasitas absorpsi terhadap ammonia menyebabkan zeolit sangat efektif secara alami dalam mengontrol tingginya konsentrasi ammonia yang dihasilkan dalam peternakan ikan (Polat *et al.* 2004). Dengan demikian terlihat bahwa NH_4^+ dapat diadsorpsi oleh zeolit dalam berbagai aplikasi dan cenderung akan lebih besar untuk melakukan pertukaran kation dengan zeolit.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pemerangkapan ammonia (NH_4^+) dari urine dengan zeolit dengan cara impregnasi basah secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa:

1. Uji kapasitas adsorpsi zeolit terhadap berbagai variasi konsentrasi urine dari 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% menunjukkan bahwa zeolit menyerap ammonia (NH_4^+) dari urine. Terbukti pada nilai konsentrasi ammonia pada filtrat lebih kecil/berkurang dari konsentrasi ammonia urine awal yaitu $< 72,513 \text{ mg/L}$.
2. Konsentrasi urine 20% (Z_4) merupakan konsentrasi optimum dari adsorpsi zeolit dengan nilai kapasitas adsorpsi yaitu $21,270 \text{ mg/L}$.
3. Diketahuinya ammonia dalam zeolit setelah dikarakterisasi dengan Spektrofotometer FTIR dalam bentuk garam ammonia (NH_4^+).

DAFTAR PUSTAKA

1. Armstrong, W.J., 1998, Air Kehidupan. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
2. Army, H.R. dkk., 2006, Teaching Materials that Matter: An Interactive Multi-media Module on Zeolite in General Chemistry. 13 hlmn. [http://journals.spinger-ny.com/chedrs/1430-4173\(99\)03300-2](http://journals.spinger-ny.com/chedrs/1430-4173(99)03300-2)
3. Dixon and Weed, 1989, Minerals in Soil Environments. USA : SSSA Book Series.
4. Effendi. E., 2005, Adsorpsi Besi dari Minyak Pelumas Bekas Menggunakan Zeolit Alam. Bandung : Skripsi FMIPA UPI.

5. Furqon. N., 2006, Uji Adsorpsi Logam Berat Tembaga Pada Proses Recovery Limbah Oli Menggunakan Zeolit Alam Skala Laboratorium. Bandung : Skripsi FMIPA UPI.
6. Hart. H., 2003, Kimia Organik. Jakarta : Erlangga.
7. Park dan Komarneni, 1997, Occlusion of KNO_3 and NH_4NO_3 in Natural Zeolites. USA : Penerbit ITB.
8. Pearce. E., 2002, Anatomi dan Fisiologi Untuk Paramedis. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
9. Poerwadio dan Masduqi, 2004, Penurunan Kadar Besi Oleh Media Zeolit Alam Ponorogo Secara Kontinyu. Jurnal Purifikasi. Vol.5 hlm 169-174.
10. Polat, E, Mehmet K, Halil D, Naci O., 2004, Use of Natural Zeolit (Clinoptilolite) in Agriculture. J. Fruit Ornam. Plant Res. Vol 12 : 183-189.
11. Setyawan. D., 2003, Aktivitas katalis Cr/zeolit dalam reaksi konversi katalitik fenol dan metil isobutil keton. Jurnal Ilmu Dasar. Vol. 4 hlm 70-76.
12. Sharma, A., 1986, Text Book of Physical Chemistry. India. Vikas Publishing House. P 603
13. Suryanti, RP., 1998, Perbandingan zeolit alam dan zeolit buatan dalam meredam senyawa kimia pada air limbah industri. Jurusan kimia. FMIPA UGM. Yogyakarta.