



**STUDI ADSORPSI UREA OLEH ZEOLIT ALAM (NZ) DAN  
ZEOLIT ALAM ASAM HIDROTERMAL (H<sub>5</sub>-NZA)**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Meraih Gelar Sarjana Sains  
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember**

Oleh :

**SWESTY EVAWATI**

NIM : 991810301083



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER**

November, 2003



## MOTTO

*"Mencari ilmu itu wajib bagi setiap muslim."*

*[Al Baqarah 153]*

*"Orang yang paling utama adalah seorang mukmin yang berilmu jika dibutuhkan, ia bisa memberikan manfaat, dan jika ditinggalkan ia bisa mencukupi dirinya sendiri."*

*[Al Hadist]*

*"Dan kebutuhan apa saja yang kamu usahakan bagi dirimu tentu kamu akan mendapat pahalanya pada sisi Allah sesungguhnya Allah Maha melihat apa-apa yang kamu kerjakan"*

*[Al Baqarah 110]*

*"Hai orang-orang yang beriman, jika kamu menolong (agama) Allah, niscaya Dia akan menolongmu dan meneguhkan kedudukanmu"*

*[Muhammad 7]*

*"Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu"*

*[Al Baqarah 153]*

*"Amar ma'ruf nahi mungkar"*

*[chest]*

## PERSEMBAHAN

Dengan penuh cinta kupersembahkan skripsi ini untuk :

- ❖ **Allah swt** Rabb semesta alam atas limpahan hidayah, nikmat dan barakah yang tak terkira.
- ❖ **Rasulullah saw** yang telah membimbingku menuju hidayah-Nya dan menerangi hatiku dengan lentera islam.
- ❖ Yang kucinta dan kusayang, **Papa Kusnoto dan mama Harijaswati** atas do'a, kasih sayang dan pengorbanan yang tulus sejak aku kecil hingga dewasa, semoga aku bisa membalasnya.
- ❖ Adik-adikku tersayang **ely dan fian** untuk dukungan dan do'a kalian untuk mbak.
- ❖ **Zaenal arifin (abi)** atas segala kasih sayang dan do'a yang tulus, terima kasih telah membimbingku untuk selalu mentaati kebenaran dan menetapi kesabaran.
- ❖ Bapak dan ibu **Rohanisa, Dik U'ul dan Dik cholik** yang telah menerimaku dengan kasih sayang dan kehangatan.
- ❖ **Citra gank** : amy, ila, ika, iyul, titik untuk kenangan indah yang telah kita lalui bersama.
- ❖ **Zeolit group** : Amdy, Beng2, Dewi, Ita', Iin, Si Joy, kitit dan Yayuk untuk semua bantuan kalian saat di laboratorium (tak kan kulupakan saat kita ber-truf ria).
- ❖ Terima kasih juga untuk teman-teman angkatan '99 lainnya yang tak mungkin kusebutkan satu-persatu atas kenangan dan kebersamaannya selama kuliah ini, mas bud's dan mas Ndrix, *thanks and good luck for you All.*

## **DEKLARASI**

Skripsi ini hasil kerja atau penelitian mulai bulan April 2003 sampai September 2003 di Laboratorium Kimia Fisik dan Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Jember. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri kecuali jika disebutkan sumbernya dan skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, November 2003

Swesty Evawati

## ABSTRAK

**Studi Adsorpsi Urea oleh Zeolit Alam (NZ) dan Zeolit Alam Asam Hidrotermal (H<sub>5</sub>-NZA).** Swesty Evawati, 9910301083, Skripsi, November 2003, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Telah dipelajari adsorpsi urea oleh zeolit alam (NZ) dan zeolit alam asam hidrotermal (H<sub>5</sub>-NZA), pada variasi temperatur dan pH. Preparasi adsorben dilakukan dengan cara membersihkan zeolit alam berukuran 80 mesh dari pengotor fisik (pencucian dengan akuades), kemudian dilakukan kalsinasi dengan N<sub>2</sub> dan oksidasi dengan O<sub>2</sub> sehingga diperoleh NZ. Selanjutnya NZ di proses melalui pengasaman dan hidrotermal, sehingga diperoleh H<sub>5</sub>-NZA. Karakterisasi NZ dan H<sub>5</sub>-NZA meliputi penentuan kandungan kation (Na, Ca, K dan Fe) dengan AAS dan keasaman seara gravimetri. Adsorben digunakan dalam proses adsorpsi urea dengan variasi temperatur (20°C, 25°C, 30°C dan 35°C) dan pH (5, 6, 7, 8 dan 9). Penentuan kandungan urea dilakukan dengan cara menambahkan larutan NaOCl (bahan pemutih) ke dalam larutan urea sisa dan dihasilkan gas N<sub>2</sub>. Gas N<sub>2</sub> yang dihasilkan diukur dengan alat yang disusun seperti nitrometer Lunge. Hasil karakterisasi adsorben menunjukkan bahwa keasaman H<sub>5</sub>-NZA lebih besaar daripada NZ. Proses pengasaman dan hidrotermal menyebabkan terjadinya peristiwa dekationisasi. Zeolit alam mengadsorpsi urea optimal pada pH 6 dan temperatur 25°C, sedangkan H<sub>5</sub>-NZA pada pH 9 dan temperatur 35°C. Pada pH optimumnya (pH 9) H<sub>5</sub>-NZA memiliki konstanta kecepatan adsorpsi dan entalpi adsorpsi sebesar 0,2462 dan 1,483 kJ/mol K, sedangkan zeolit alam pada pH optimumnya (pH 6) memiliki konstanta kecepatan adsorpsi dan entalpi adsorpsi sebesar 0,2159 dan 3,234 kJ/mol K.

*Kata kunci : zeolit, H<sub>5</sub>-NZA, urea, adsorpsi, nitrometer*

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Jember :

Hari : **JUM'AT**  
Tanggal : **21 NOV 2003**  
Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua

(Dosen Pembimbing Utama)

**(D. Setyawan P.II, S.Si, M.Si)**  
NIP. 132 085 807

Sekretaris

(Dosen Pembimbing Anggota)

**(Dwi Indarti, S.Si, M.Si)**  
NIP. 132 257 934

Anggota

Anggota I

**(Drs. Busroni, M.Si)**  
NIP. 131 945 805

Anggota II

**(Asnawati S.Si, M.Si)**  
NIP. 132 240 146

Mengesahkan

Dekan Fakultas MIPA

Universitas Jember



  
**(Ir. Sumadi MS)**  
NIP. 130 368 784

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi berjudul "**Studi Adsorpsi Urea oleh Zeolit Alam (NZ) dan Zeolit Alam Asam Hidrotermal (H<sub>5</sub>-NZA)**" ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan meraih gelar sarjana sains Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada D. Setyawan P H, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing utama dan Dwi Indarti S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing anggota yang dengan sabar, membimbing, mengarahkan serta memberikan dorongan kepada penulis dalam penyelesaian tugas skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dalam tulisan ini masih terdapat kekurangan dan dengan senang hati penulis akan menerima kritik dan saran demi penyempurnaan tugas akhir ini.

Jember, November 2003

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN DEKLARASI</b> .....	iv
<b>HALAMAN ABSTRAK</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Zeolit.....	4
2.1.1 Struktur Zeolit.....	4
2.1.2 Sifat dan Fungsi Zeolit.....	4
2.1.3 Aktivasi Zeolit Alam.....	8
2.1.4 Zeolit di Bidang Pertanian.....	10
2.2 Adsorpsi.....	11
2.3 Urea.....	13
2.3.1 Sifat-Sifat Urea.....	13
2.3.2 Urea di Bidang Pertanian.....	14
2.3.3 Analisa Kuantitatif Urea.....	14



2.4 Nitrometer .....	17
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	21
3.2 Peralatan dan Bahan .....	21
3.2.1 Peralatan .....	21
3.2.2 Bahan .....	21
3.3 Prosedur Kerja .....	21
3.3.1 Aktivasi Zeolit Alam (NZ) .....	21
3.3.2 Preparasi Zeolit Alam Asam Hidrotermal (H <sub>5</sub> -NZA) .....	22
3.3.3 Karakterisasi Zeolit .....	22
3.3.4 Penentuan Ralat Nitrometer Lunge .....	24
3.3.5 Penentuan pH dan Temperatur Adsorpsi .....	24
3.3.6 Penentuan Konstanta Kecepatan Adsorpsi dan Entalpi Adsorpsi .....	24
3.3.7 Analisa Urea yang Teradsorpsi .....	25
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Karakterisasi Zeolit .....	26
4.2 Pengaruh pH dan Temperatur terhadap Adsorpsi Urea .....	28
4.3 Konstanta Kecepatan Adsorpsi dan Entalpi Adsorpsi .....	33
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	36
5.2 Saran .....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	37
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b> .....	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Perlakuan Termal terhadap Amonium-Zeolit sehingga diperoleh bentuk H-zeolit.....	7
Gambar 2. Dehidrasi terhadap Kation Multivalen pada Zeolit sehingga dihasilkan Situs Asam Bronsted.....	7
Gambar 3. Dehidroksilasi Dua Gugus yang Berdekatan pada Temperatur > 477 <sup>0</sup> C dihasilkan Situs Asam Lewis .....	7
Gambar 4. Kurva Faktor Koreksi Volume dari Nitrometer .....	18
Gambar 5. Diagram Keasaman Zeolit.....	26
Gambar 6. Diagram Kandungan Kation Logam Zeolit.....	27
Gambar 7. Grafik Pengaruh pH terhadap Adsorpsi Urea oleh Zeolit Alam (NZ) pada Berbagai Temperatur .....	28
Gambar 8. Grafik Pengaruh pH terhadap Adsorpsi Urea oleh H <sub>5</sub> -NZA pada Berbagai Temperatur.....	31
Gambar 9. Diagram Kapasitas Adsorpsi Kedua Jenis Zeolit .....	33
Gambar 10. Diagram <i>k ads</i> Zeolit pada Kedua Jenis Zeolit.....	33
Gambar 11. Diagram Entalpi Adsorpsi pada Kedua Jenis Zeolit .....	34
Gambar 12. Grafik Penentuan <i>k ads</i> NZ pada t = 20 <sup>0</sup> C .....	53
Gambar 13. Grafik Penentuan <i>k ads</i> NZ pada t = 25 <sup>0</sup> C .....	53
Gambar 14. Grafik Penentuan <i>k ads</i> NZ pada t = 30 <sup>0</sup> C .....	53
Gambar 15. Grafik Penentuan <i>k ads</i> NZ pada t = 35 <sup>0</sup> C .....	54
Gambar 16. Grafik Penentuan <i>k ads</i> H <sub>5</sub> -NZA pada t = 20 <sup>0</sup> C.....	55
Gambar 17. Grafik Penentuan <i>k ads</i> H <sub>5</sub> -NZA pada t = 25 <sup>0</sup> C.....	55
Gambar 18. Grafik Penentuan <i>k ads</i> H <sub>5</sub> -NZA pada t = 30 <sup>0</sup> C.....	55
Gambar 19. Grafik Penentuan <i>k ads</i> H <sub>5</sub> -NZA pada t = 35 <sup>0</sup> C.....	56
Gambar 20. Grafik Penentuan Entalpi Adsorpsi NZ .....	57
Gambar 21. Grafik Penentuan Entalpi Adsorpsi H <sub>5</sub> -NZA.....	58
Gambar 22. Set Alat Kalsinasi .....	59
Gambar 23. Set Alat Hidrotermal.....	60
Gambar 24. Set Alat Refluk .....	61

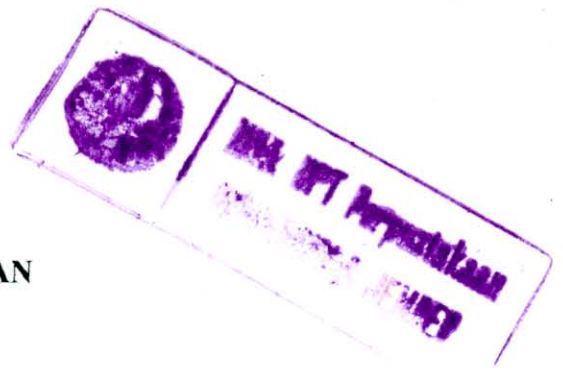
Gambar 25. Nitrometer .....62

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Standar Kalibrasi Na .....	42
Tabel 2.	Standar Kalibrasi Ca .....	42
Tabel 3.	Standar Kalibrasi Fe .....	42
Tabel 4.	Standar Kalibrasi K .....	42
Tabel 5.	Gabungan Data Kandungan Kation (% b/b) .....	42
Tabel 6.	Data Keasaman Zeolit .....	43
Tabel 7.	Tabel Koreksi Barometer .....	44
Tabel 8.	Tekanan Parsial Air .....	45
Tabel 9.	Penentuan Tekanan Gas Nitrogen Terkoreksi untuk $t=28,5^{\circ}\text{C}$ .....	46
Tabel 10.	Data Penentuan Koreksi Nitrometer .....	47
Tabel 11.	Data Faktor Koreksi Berbagai Konsentrasi ( $\alpha/\beta$ ) .....	49
Tabel 12.	Data Volume Filtrat Urea Hasil Adsorpsi oleh NZ (mL) .....	50
Tabel 13.	Data Volume Filtrat Urea Hasil Adsorpsi oleh H <sub>5</sub> -NZA (mL) .....	50
Tabel 14.	Jumlah Urea Teradsorpsi/Jumlah NZ ( $10^{-2}$ g/g) .....	51
Tabel 15.	Jumlah Urea Teradsorpsi/Jumlah H <sub>5</sub> -HZA ( $10^{-2}$ g/g) .....	51
Tabel 16.	Data Volume Filtrat Urea dan <i>k ads</i> pada pH Optimum (pH 6) oleh NZ .....	52
Tabel 17.	Data Volume Filtrat Urea dan <i>k ads</i> pada pH Optimum (pH 9) oleh H <sub>5</sub> -NZA .....	52
Tabel 18.	Data Penentuan Konstanta Kecepatan Adsorpsi NZ pada pH Optimum (pH 6) .....	52
Tabel 19.	Konstanta Kecepatan Adsorpsi NZ .....	54
Tabel 20.	Data Penentuan Konstanta Kecepatan Adsorpsi H <sub>5</sub> -NZA pada pH Optimum (pH 9) .....	54
Tabel 21.	Konstanta Kecepatan Adsorpsi H <sub>5</sub> -NZA .....	56
Tabel 22.	Data Penentuan Entalpi Adsorpsi NZ .....	57
Tabel 23.	Data Penentuan Entalpi Adsorpsi H <sub>5</sub> -NZA .....	58

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Preparasi Larutan .....	39
Lampiran 2. Karakterisasi Zeolit.....	42
Lampiran 3. Perhitungan Tekanan Gas Nitrogen Terkoreksi .....	44
Lampiran 4. Penentuan Faktor Koreksi Nitrometer ( $\alpha/\beta$ ).....	47
Lampiran 5. Penentuan pH dan Temperatur Optimum .....	50
Lampiran 6. Penentuan Konstanta Kecepatan Adsorpsi .....	52
Lampiran 7. Penentuan Entalpi Adsorpsi.....	57
Lampiran 8. Gambar Desain Alat.....	60



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Zeolit memiliki struktur yang menarik dan sifat-sifat fisika dan kimia yang sangat penting, diantaranya adalah zeolit merupakan penyerap dan penukar ion yang sangat selektif. Sifat-sifat penyerapan dan difusi adsorbat dalam zeolit disebabkan oleh adanya kanal-kanal dan rongga-rongga yang ada pada zeolit, dimana lebih dari 50% ruang-ruang kosong di dalam kristal zeolit diisi oleh air. Air yang terkandung dalam pori dapat dilepaskan dengan pemanasan sehingga dapat bersifat penyerap gas atau cairan (Sutarti, 1994).

Kemampuan adsorpsi zeolit yang baik dapat dimanfaatkan sebagai media pengatur jumlah urea di dalam tanah. Pengaturan pelepasan urea untuk tanaman menyebabkan pengurangan kehilangan unsur nitrogen melalui penguapan amonia atau denitrifikasi setelah terjadi nitrifikasi. Pelepasan  $N_2O$  ke atmosfer melalui denitrifikasi dan nitrifikasi dapat menimbulkan masalah karena partisipasi  $N_2O$  dalam reaksi-reaksi yang menyebabkan kehilangan  $O_3$  dari stratosfer dan menyumbang pada pengaruh rumah kaca.

Zeolit mempunyai struktur dengan rongga-rongga dan lorong-lorong teratur berkesinambungan dalam ukuran tertentu, dimana ion-ion logam dan molekul air bebas bergerak. Dengan strukturnya ini zeolit mempunyai karakteristik spesifik sebagai penapis molekul yang baik dan dapat berhidrasi-dehidrasi secara reversible. Sifat ini dimanfaatkan untuk mengontrol pembebasan molekul urea dari pupuk (Burhanuddin, 1988).

Analisa urea yang teradsorpsi dapat dilakukan dengan beberapa metode, pertama dengan mereaksikan urea dengan enzim urease dan yang kedua dengan mereaksikan urea dengan larutan natrium hipobromit. Metode yang lebih praktis dan murah adalah dengan mereaksikan urea dengan larutan natrium hipoklorit, dimana dalam reaksi ini dihasilkan gas nitrogen yang kemudian diukur dengan alat yang disusun seperti nitrometer "Lunge". Sebelum digunakan alat tersebut perlu ditentukan faktor koreksi dari volume gas nitrogen yang terukur dengan ralat grafik menggunakan perhitungan pendekatan gas ideal.

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi urea oleh tanaman antara lain pH, temperatur, proses nitrifikasi dan denitrifikasi oleh bakteri. Proses adsorpsi unsur-unsur hara yang diperlukan oleh tanaman biasanya berlangsung optimal saat proses fotosintesis berlangsung. Dengan alasan itulah maka dalam penelitian ini dipilih variasi temperatur yang disesuaikan dengan temperatur berlangsungnya fotosintesis yaitu  $20^{\circ}\text{C}$  hingga  $35^{\circ}\text{C}$  dan variasi pH yang disesuaikan dengan pH tanah yaitu pH 5 hingga pH 9 (Engelstad, 1997).

Pada penelitian mengenai zeolit yang telah dilakukan sebelumnya diketahui bahwa zeolit alam asam hidrotermal ( $\text{H}_5\text{-NZA}$ ) memiliki sifat katalitik yang baik (Setyawan, 2001). Untuk mengetahui apakah zeolit jenis  $\text{H}_5\text{-NZA}$  juga memiliki daya adsorpsi yang baik khususnya terhadap urea, maka dalam penelitian ini daya adsorpsinya dibandingkan dengan zeolit alam (NZ).

## 1.2 Rumusan masalah

Beberapa rumusan masalah berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas.

1. bagaimana karakter NZ dan  $\text{H}_5\text{-NZA}$ ?
2. berapakah pH dan temperatur optimum adsorpsi urea oleh zeolit alam (NZ) dan zeolit alam asam hidrotermal ( $\text{H}_5\text{-NZA}$ )?
3. berapa entalpi dan konstanta kecepatan adsorpsi NZ dan  $\text{H}_5\text{-NZA}$ ?

## 1.3 Batasan masalah

1. karakterisasi zeolit yang dilakukan meliputi keasaman dan kandungan kation logam,
2. adsorpsi urea oleh NZ dan  $\text{H}_5\text{-NZA}$  dilakukan pada variasi pH (5, 6, 7, 8, 9) dan temperatur ( $20^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $30^{\circ}\text{C}$ ,  $35^{\circ}\text{C}$ ),
3. analisis kandungan urea menggunakan alat yang disusun seperti nitrometer Lunge,
4. kinetika adsorpsi meliputi konstanta kecepatan adsorpsi dan  $\Delta H$  adsorpsi.

#### **1.4 Tujuan penelitian**

1. mengetahui karakter NZ dan H<sub>5</sub>-NZA,
2. mencari kondisi pH dan temperatur dimana adsorpsi urea optimum,
3. menentukan konstanta kecepatan adsorpsi dan entalpi adsorpsi urea oleh NZ dan H<sub>5</sub>-NZA,
4. mempelajari kinetika adsorpsi urea oleh NZ dan H<sub>5</sub>-NZA.

#### **1.5 Manfaat penelitian**

1. hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai sumber informasi salah satu solusi penanganan sisa pupuk nitrogen, khususnya urea di dalam tanah, karena kelebihan unsur nitrogen dalam tanah berbahaya bagi lingkungan, dan untuk para peneliti lain dapat ditindaklanjuti agar diperoleh hasil yang lebih baik,
2. mempelajari mekanisme adsorpsi urea oleh zeolit alam (NZ) dan zeolit alam asam hidrotermal (H<sub>5</sub>-NZA).



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Zeolit

#### 2.1.1 Struktur Zeolit

Zeolit adalah mineral kristal alumina-silika tetrahidrat berpori yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi, terbentuk oleh tetrahedral  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  dan  $[\text{AlO}_4]^{5-}$  yang saling terhubung oleh atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga, yang di dalamnya terisi oleh ion-ion logam, biasanya adalah logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas.

Untuk menggambarkan hubungan antara komposisi dan struktur zeolit, Hamdan (1992) menuliskan rumus zeolit sebagai berikut :



dimana :

$M_{x/n}$  = kation bermuatan n yang dapat dipertukarkan

{ } = kerangka alumina-silika

z = jumlah air, bukan bagian dari kerangka

x,y = jumlah  $\text{AlO}_2$  dan  $\text{SiO}_2$ ,  $y > x$

Substitusi isomorfosis  $\text{Si}^{4+}$  dan  $\text{Al}^{3+}$  pada struktur zeolit akan memberikan muatan negatif pada oksigen kerangka. Sebagai kompensasinya, kation-kation monovalen atau divalen harus berada dalam saluran-saluran di struktur kerangka. Kation-kation ini berada di dalam saluran bersama-sama dengan air, sehingga mudah dipertukarkan dengan kation lain (Khairinal, 2000).

#### 2.1.2 Sifat dan Fungsi Zeolit

Zeolit memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang istimewa sehingga zeolit memiliki banyak kegunaan. Sifat dan fungsi yang sangat penting, diantaranya adalah zeolit merupakan penyerap dan penukar ion yang sangat selektif dan zeolit mempunyai aktivitas katalisis yang spesifik dan selektif.

Sifat dan fungsi zeolit di atas dapat diterangkan sebagai berikut :

a. Adsorpsi dan Difusi

Sifat-sifat penyerapan dan difusi adsorbat dalam zeolit disebabkan oleh adanya perbedaan ukuran kanal-kanal dan rongga-rongga yang ada pada struktur zeolit. Kapasitas serapan adsorpsi zeolit, dimana lebih dari 50% ruang-ruang kosong di dalam kristal zeolit diisi oleh air. Sebuah kristal zeolit hanya dapat menyerap molekul-molekul organik tertentu dikarenakan ukuran pori zeolit yang bervariasi, seperti pada sodalit ukuran porinya adalah 2,3 Å, sedangkan pada faujazit dan zeolit omega ukuran pori bisa sampai lebih dari 8 Å (Hamdan, 1992).

Alumina-silika tidak hanya berguna sebagai penyaring molekul, tetapi juga dapat menunjukkan selektivitas permukaan. Seperti pada hampir semua permukaan padatan, permukaan zeolit juga memiliki sifat suka terhadap air dan molekul-molekul polar lainnya. Hal ini disebabkan oleh adanya gugus polar seperti kation-kation dan hidroksil yang terdapat pada ruang kosong di dalam kristal zeolit. Jika zeolit mengandung lebih banyak silikon, maka afinitas zeolit terhadap air menurun sedangkan afinitas terhadap molekul-molekul organik meningkat. Sebagai contoh material hidrofobik dan organofilik ini adalah silikalit, yang merupakan suatu senyawa zeolit murni silika. Silikalit tidak mempunyai aluminium dan kation di dalam strukturnya, sehingga hanya mampu menyerap molekul air sebanyak 6% pada permukaannya yang tergabung dengan grup hidroksil (Hamdan, 1992).

b. Penyaringan Molekuler

Ukuran pori merupakan faktor yang cukup penting yang berperan dalam proses adsorpsi. Molekul dengan ukuran besar sulit dapat masuk ke dalam pori atau ruang-ruang yang terdapat dalam zeolit jika ukuran porinya lebih kecil dibanding molekulnya. Molekul dengan ukuran kecil lebih mudah melakukan penetrasi ke dalam pori. Ukuran molekul erat kaitannya dengan bentuk geometri molekul, sehingga bentuk molekul berpengaruh terhadap adsorpsi. Dimensi pori zeolit tergantung dari topologi kerangka dan diameter pori.

Pori suatu padatan dibedakan menjadi tiga ukuran.

1. pori dengan diameter lebih dari 500 angstrom yang disebut dengan makropori,
2. pori dengan diameter 20 hingga 500 angstrom disebut dengan mesopori,
3. pori dengan diameter kurang dari 20 angstrom yang disebut dengan mikropori.

#### c. Penukar Ion

Sifat-sifat serapan zeolit dipengaruhi oleh muatan kation yang terkoordinasi pada atom oksigen kerangka. Pada zeolit terhidrasi penuh, kation-kation yang bebas bergerak dapat diganti dengan kation-kation lain. Pertukaran kation dengan kation lain yang berbeda ukuran dan muatan listriknya, dapat mempengaruhi sifat-sifat serapan. Perubahan ukuran pori juga mempengaruhi ukuran zeolit (Khairinal, 2000).

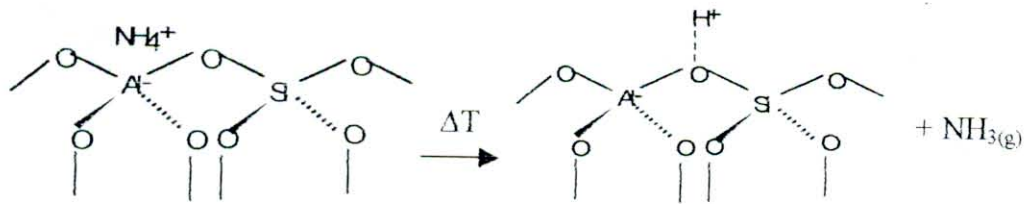
#### d. Katalis

Aplikasi zeolit lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah sebagai katalis heterogen. Katalis zeolit berbeda dengan jenis katalis padatan lainnya, dikarenakan situs aktif katalitik zeolit terdistribusi secara seragam pada sebagian besar padatannya dan pada strukturnya terdapat ruang-ruang kosong dan kanal-kanal yang mudah dicapai oleh molekul-molekul reaktan tertentu. Zeolit akan menjadi katalis yang bermanfaat, jika mempunyai kanal-kanal dengan lebar paling kecil 4 Å (Khairinal, 2000).

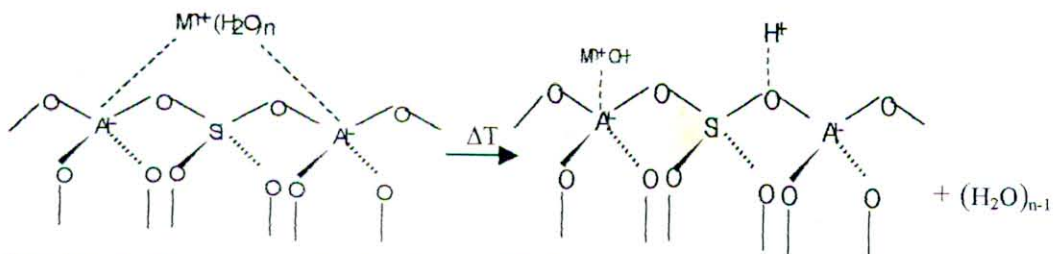
#### e. Keasaman Zeolit

Salah satu sifat penting pada zeolit adalah karakternya sebagai padatan asam. Munculnya sifat asam pada zeolit disebabkan oleh adanya situs asam Bronsted dan asam Lewis yang terdapat dalam struktur kristal zeolit. Menurut teori Bronsted, padatan akan bersifat sebagai asam jika memiliki kecenderungan memberikan proton, sedangkan Lewis mengemukakan teori bahwa padatan bersifat asam bila memiliki kecenderungan sebagai penerima pasangan elektron (Setiaji, B., 1990)

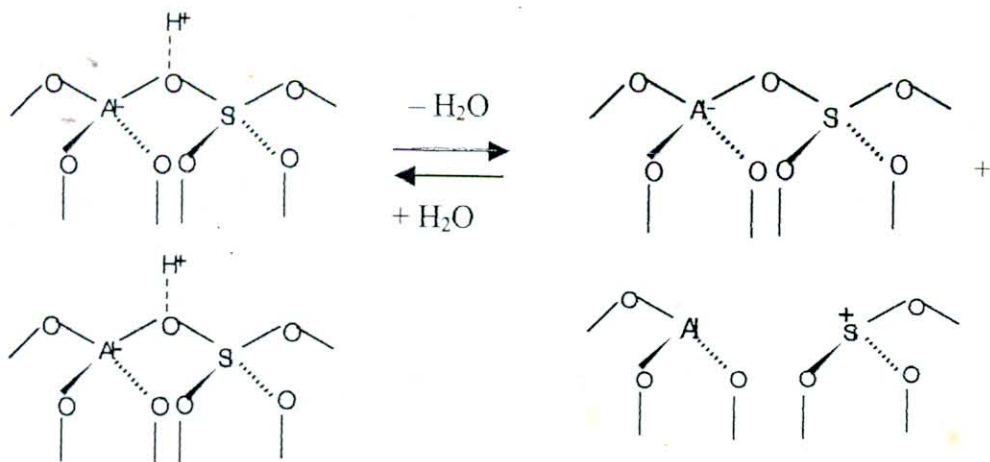
Jumlah asam atau keasaman adalah jumlah milimol asam per satuan berat sampel padatan atau luas permukaan. Besaran ini diperoleh melalui pengukuran jumlah basa yang bereaksi dengan gugus asam dari padatan. Dasar pemikirannya adalah bahwa jumlah basa yang diadsorpsi oleh permukaan padatan adalah ekuivalen dengan jumlah asam pada permukaan padatan yang menyerap basa tersebut. Situs-situs asam tersebut disajikan pada gambar 1, 2 dan 3 berikut:



Gambar 1. Perlakuan Termal terhadap Amonium-zeolit sehingga diperoleh Bentuk H-zeolit



Gambar 2. Dehidrasi terhadap Kation Multivalen pada Zeolit sehingga dihasilkan Situs Asam Bronsted



Gambar 3. Dehidroksilasi Dua Gugus yang Berdekatan pada Temperatur  $> 477^{\circ}\text{C}$  dihasilkan Situs Asam Lewis.

Situs asam Bronsted dalam zeolit timbul karena adanya jembatan dan terminal gugus hidroksil, sedangkan situs asam Lewis muncul karena adanya

spesi-spesi kationik. Secara keseluruhan, situs asam dalam zeolit diturunkan dari Al yang terisolasi dalam kerangka (frame work), yakni atom Al yang tidak memiliki tetangga kedua. Perbandingan kedua jenis asam tergantung proses aktivasi dan kondisi reaksi pembentukan zeolit (Priatmoko, S., 1999).

### 2.1.3 Aktivasi Zeolit Alam

Zeolit alam adalah zeolit yang ditambang langsung dari alam. Zeolit alam masih memiliki banyak pengotor-pengotor yang menyumbat pori-porinya. Pengotor-pengotor tersebut dapat diatasi melalui aktivasi terhadap zeolit. Aktivasi ini dilakukan untuk menghilangkan pengotor organik, anorganik dan mengubah rasio Si/Al sesuai yang diharapkan (Nurhadi, M., 1999)

Pada umumnya aktivasi dilakukan dengan dua cara yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Aktivasi fisika dilakukan melalui penghancuran dan pemanasan pada suhu tinggi. Aktivasi kimia dilakukan melalui pengasaman dan hidrotermal. Aktivasi fisika bertujuan untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik, memperbesar pori dan sekaligus memperluas permukaan. Sedangkan aktivasi zeolit secara kimia mampu menghasilkan pori zeolit yang lebih bersih dari senyawa pengotor yang menyumbatnya. Terlebih lagi dengan perlakuan kalsinasi pada suhu tinggi, maka pori-pori zeolit menjadi terbebas dari molekul air, sehingga proses adsorpsi dapat berlangsung reversibel. Hilangnya molekul air dari pori-pori zeolit, menyebabkan efektivitas interaksi zeolit dengan molekul adsorbat menjadi lebih besar (Setiaji, B., 2000).

Dalam aktivasi zeolit yang paling dominan adalah tahap dealuminasi. Proses dealuminasi dapat dilakukan dengan berbagai macam cara diantaranya dengan perlakuan asam dan perlakuan uap air pada suhu kalsinasi. Pada penelitian ini dilakukan dealuminasi baik dengan cara perlakuan asam maupun perlakuan uap air pada suhu kalsinasi (Nurhadi, M., 1999).

#### 1. Dealuminasi Melalui Perendaman Asam

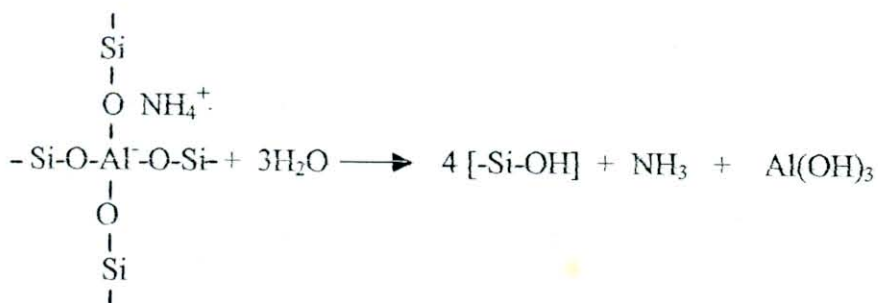
Perlakuan asam terhadap zeolit pada dasarnya untuk meningkatkan rasio Si/Al. Selama perlakuan asam, larutan asam yang digunakan yaitu HF, HCl atau  $H_2SO_4$ .

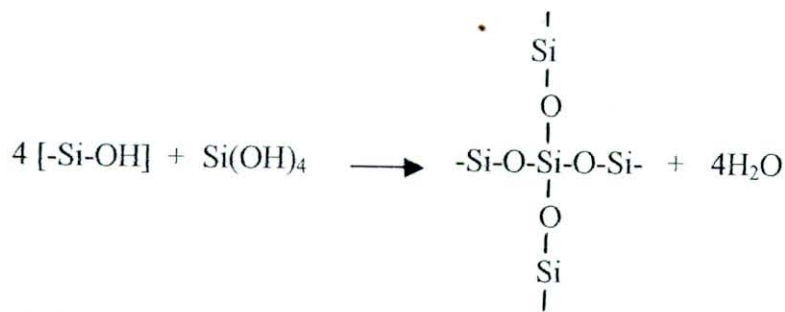
Zeolit sangat peka terhadap larutan asam fluorida (HF), dimana aluminium dan silika mudah larut dalam larutan HF sehingga dapat menyebabkan struktur aluminosilikat rusak, maka untuk mengatasi agar pemakaian larutan HF tidak merusak struktur zeolit, digunakan dalam konsentrasi serendah mungkin. Dalam penelitian ini digunakan larutan HF 1%.

Perendaman zeolit dalam larutan HF akan membersihkan pori-pori dan permukaan zeolit dari pengotor-pengotor atau kation-kation yang dapat larut atau dengan perendaman zeolit di dalam larutan HF juga akan menyebabkan terjadinya dealuminasi. Perendaman zeolit dalam larutan HF dilakukan pada konsentrasi yang rendah dan dalam waktu yang singkat, karena kerangka zeolit sangat sensitif terhadap HF, sehingga dapat merusak struktur kerangka lainnya yang tidak diinginkan.

## 2. Proses Hidrotermal

Dealuminasi dengan proses hidrotermal dilakukan dengan mengalirkan uap air pada temperatur kalsinasi melalui zeolit. Adanya uap air pada suhu kalsinasi dalam zeolit, akan menghidrolisis atom Al dalam kerangka yang mempunyai sifat asam Lewis, sehingga akan meningkatkan keasaman melalui situs asam Bronsted. Proses hidrotermal akan meningkatkan stabilitas zeolit pada temperatur tinggi. Reaksi hidrolisis dalam zeolit karena pengaruh perlakuan uap air pada suhu kalsinasi, dapat dituliskan sebagai berikut:





### 3. Kalsinasi dan Oksidasi

Kalsinasi adalah perlakuan pemanasan yang dilakukan pada temperatur tinggi. Kalsinasi biasanya dilakukan pada temperatur 500°C dan dapat disertai dengan aliran gas nitrogen atau tanpa aliran gas nitrogen. Penggunaan gas nitrogen dimaksudkan agar kalsinasi lebih sempurna dan tidak terjadi reaksi lain yang tidak diinginkan selama kalsinasi. Tujuannya adalah untuk menguapkan air dan pengotor-pengotor organik yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit. Kalsinasi juga dilakukan untuk mendapatkan H-zeolit dari kalsinasi NH<sub>4</sub>-zeolit.

Proses oksidasi bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa karbon yang terbentuk karena adanya penyerapan senyawa-senyawa organik selama proses pembentukan zeolit di alam (Khairinal, 2000).

#### 2.1.4 Zeolit di Bidang Pertanian

Zeolit mempunyai struktur dengan rongga-rongga dan lorong-lorong teratur berkesinambungan dalam ukuran tertentu, dimana ion-ion logam dan molekul air bebas bergerak. Dengan strukturnya ini zeolit mempunyai karakteristik spesifik sebagai penapis molekul yang baik dan dapat berhidrasi-dehidrasi secara reversible. Sifat ini dimanfaatkan untuk mengontrol pembebasan ion-ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> dan N<sub>2</sub> dari pupuk karena zeolit dapat secara efektif meningkatkan kapasitas pertukaran kation tanah hingga ion-ion pupuk tersebut tidak mudah terlarut (Burhanuddin, 1988).

Penggunaan zeolit oleh para petani adalah untuk menjaga kelembaban tanah. Setiap gram zeolit alam dapat menyerap lebih dari 1 mol ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan K<sup>+</sup> yang terkandung dalam pupuk, kemudian melepaskannya secara bertahap ke dalam tanah. Dengan demikian zeolit dapat memperpanjang fungsi mineral dalam

pupuk terhadap tanah. Zeolit tidak mengikat fosfat maupun nitrogen dari pupuk, bahkan akan menaikkan ketersediaan kalium (Engelstad, 1997).

## 2.2 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses yang terjadi pada permukaan, sehingga banyak sedikitnya zat yang dapat diadsorpsi tergantung pada luas permukaan adsorben. Semakin besar luas permukaan adsorben, maka semakin banyak zat yang dapat diadsorpsi. Adsorben pada umumnya berstruktur mikrokristal yang mempunyai permukaan pori-pori yang besar (Barrer, 1987).

Proses adsorpsi secara garis besar dapat dibagi dua hal pokok yang berdasar pada adsorpsinya, pertama adsorpsi fisika atau adsorpsi Van der Waals merupakan peristiwa interaksi gaya molekuler, yaitu interaksi yang terjadi secara reversibel sebagai akibat dari gaya tarik-menarik antar molekul, antara molekul padatan dengan substansi yang teradsorpsi (Gottardi, 1978). Kedua adalah adsorpsi kimia atau kemisorpsi yaitu merupakan hasil interaksi kimia antara adsorben dengan adsorbat (Hamdan, 1992).

Zeolit yang bentuknya kaku kemampuan penyerapannya disesuaikan dengan ukuran molekul yang akan diserap, sehingga apabila sejumlah besar molekul berukuran cukup kecil atau bahkan persis sama besarnya dengan pori dengan kristalinitasnya maka molekul tersebut dapat melewati permukaan zeolit dan memasuki pori-pori dalam kristalinitasnya (Hamdan, 1992).

Perubahan entropi ( $\Delta S$ ) molekul gas yang teradsorpsi pada proses adsorpsi selalu mempunyai harga yang negatif. Keadaan ini menunjukkan bahwa entropi molekul-molekul gas mengalami penurunan setelah teradsorpsi pada permukaan padatan. Molekul-molekul gas pada keadaan tersebut disebut dalam keadaan terkondensasi. Molekul gas dalam keadaan terkondensasi lebih teratur dari pada dalam keadaan gas dan akan kehilangan salah satu derajat kebebasannya, yaitu gerak translasi. Pada kondisi seperti itu entropi dari padatan (permukaan) dapat dianggap tidak berubah atau tidak terjadi kenaikan entropi yang lebih besar dibandingkan dengan penurunan entropi gas. Dengan demikian perubahan entropi sistem secara keseluruhan adalah negatif. Pada kenyataannya bahwa proses



adsorpsi berlangsung secara spontan, yang berarti perubahan energi bebas Gibbs akan bernilai negatif. Dengan demikian dapat dipastikan bahwa perubahan entalpi sistem juga negatif, yang berarti bahwa proses adsorpsi berlangsung secara eksotermis. Hubungan antara  $\Delta H$ ,  $\Delta G$ , dan  $\Delta S$  adalah sebagai berikut:

$$\Delta H = \Delta G + T \Delta S \dots\dots\dots(1)$$

Jika adsorpsi berlangsung pada temperatur tetap, maka peristiwa tersebut disebut adsorpsi isotermis (Smith, 1992).

### Konstanta Kecepatan Adsorpsi dan Entalpi Adsorpsi

Teori kinetika adsorpsi diperlukan untuk memahami mekanisme adsorpsi urea oleh zeolit. Jika adsorpsi berlangsung pada temperatur tetap, maka peristiwa tersebut disebut adsorpsi isotermis. Persamaan yang digunakan untuk menguraikan isoterm adsorpsi adalah persamaan Freundlich. Metode ini ditemukan oleh Freundlich pada tahun 1926 untuk menjelaskan adsorpsi solute dalam liquid pada permukaan zat padat.

Persamaan isoterm Freundlich :

$$x/m = k C^{1/n} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

$x/m$  = jumlah adsorbat yang diserap per unit berat adsorben (g/g)

$C$  = konsentrasi adsorbat dalam larutan

$k$  dan  $n$  = konstanta

Kurva persamaan diatas biasanya parabolik. Namun dengan membuatnya dalam bentuk logaritmik, persamaan tersebut berubah menjadi :

$$\ln x/m = \ln k + 1/n \ln C \dots\dots\dots(2)$$

persamaan dalam bentuk log tersebut memberikan kurva garis lurus (Kim H Tan, 1998).

Hubungan ( $\Delta S$ ), ( $\Delta G$ ) dan ( $\Delta H$ ) adalah sebagai berikut :

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S \dots\dots\dots(3)$$

Penentuan entalpi adsorpsi yang dipengaruhi temperatur diturunkan dari persamaan berikut :

$$k = e^{-\Delta G/RT} \dots\dots\dots(4)$$

logaritma persamaan tersebut adalah :

$$\Delta G = - RT \ln k \dots\dots\dots(5)$$

substitusi persamaan (3) pada persamaan (5) akan menghasilkan :

$$\ln k = - \Delta H/RT + \Delta S/R \dots\dots\dots(6)$$

Bila adsorpsi berlangsung pada temperatur yang tidak tetap dan  $\Delta S$  konstan (perubahan sangat kecil), persamaan (6) jika diturunkan terhadap temperatur menjadi :

$$d \ln k / d T = \Delta H_{ads} / RT^2 \dots\dots\dots(7)$$

Persamaan (7) lebih dikenal sebagai persamaan **Van't Hoff**.

Konstanta kesetimbangan dianalogkan sama dengan konstanta kecepatan adsorpsi oleh karena itu persamaan (7) ditulis kembali sebagai berikut :

$$\ln k = - \Delta H^0_{ads} / RT + C \dots\dots\dots(8)$$

dimana :

$k$  = Konstanta kecepatan adsorpsi

$\Delta H^0_{ads}$  = Entalpi adsorpsi (J/mol K)

$R$  = Tetapan Boltzman (8,314 J/mol K)

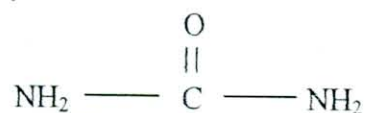
$T$  = Temperatur (K)

$C$  = Konstanta

(Atkins, P.W., 1994)

## 2.3 Urea

Urea merupakan zat organik yang mempunyai struktur kimia sebagai berikut :



### 2.3.1 Sifat-Sifat Urea

#### 1. Sifat-Sifat Fisik

Urea merupakan suatu kristal yang tidak berwarna dan mempunyai titik lebur 132°C (Bruce, 1950). Urea bersifat higroskopis dan mudah larut dalam air. Kelarutannya di dalam air pada suhu 17°C adalah 100 gram.

Berat molekul urea adalah 60,06 gram/mol dan mempunyai berat jenis pada suhu 20°C adalah 1,335 gram/mL (Perry, 1984).

## 2. Sifat-Sifat Kimia

Urea mempunyai sifat-sifat kimia sebagai berikut:

- a. urea pada titik leburnya mengalami pernguraian membentuk gas amonia dan biuret (Lyons, 1950).



- b. urea bereaksi dengan asam nitrit akan menghasilkan gas nitrogen dan gas karbon dioksida.



- c. penambahan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) pekat ke dalam larutan urea akan menghasilkan urea nitrat yang berbentuk kristal.



- d. pada penambahan asam oksalat ke dalam larutan urea akan menghasilkan urea oksalat yang berbentuk kristal.



- e. urea dengan natrium hidroksida akan terjadi hidrolisis menjadi amonia dan natrium karbonat.



- f. penambahan bertetes-tetes larutan natrium hipoklorit atau natrium hipobromit maka akan timbul gas nitrogen dan gas karbon dioksida.



### 2.3.2 Urea di Bidang Pertanian

Urea mempunyai kadar nitrogen tertinggi diantara pupuk nitrogen padat lainnya. Sejak diperkenalkannya sebagai bahan pupuk, penggunaannya khususnya pada pasar internasional telah tumbuh secara cepat. Sejumlah masalah yang berkaitan dengan penggunaannya sebagai pupuk diakibatkan oleh hidrolisis cepat yang dikatalisis oleh urease dari urea. Peningkatan yang timbul dalam alkalinitas dan konsentrasi  $\text{NH}_4^+$  dapat berakibat kehilangan nitrogen sebagai

$\text{NH}_3$ , khususnya jika urea diaplikasikan di permukaan tanpa dicampurkan ke dalam tanah.

Bila pupuk urea ditambahkan ke tanah, sebagian unsur nitrogen yang tidak digunakan oleh tanaman digabungkan ke dalam bahan organik tanah, mengalami denitrifikasi, dan volatilisasi. Bentuk-bentuk nitrogen inilah yang merupakan ancaman terbesar terhadap lingkungan. Pelepasan  $\text{N}_2\text{O}$  ke atmosfer melalui denitrifikasi dan nitrifikasi dapat menimbulkan masalah karena partisipasi  $\text{N}_2\text{O}$  dalam reaksi-reaksi yang menyebabkan kehilangan lapisan ozon ( $\text{O}_3$ ) dari stratosfer (Engelstad, 1997).

### 2.3.3 Analisa Kuantitatif Urea

Penentuan kandungan urea dapat dilakukan dengan menggunakan metode natrium hipoklorit. Reaksi natrium hipoklorit dengan urea akan dihasilkan gas nitrogen, yang dibebaskan secara kuantitatif dan volumenya menunjukkan kandungan dari garam amonium atau urea yang terkandung di dalam suatu larutan (Parkes, 1951).



Penentuan kandungan urea dengan menggunakan metode natrium hipoklorit diperlukan persamaan stoikiometri dari reaksi antara natrium hipoklorit dengan urea. Dari persamaan reaksi tersebut, 1 mol urea (60,0558 gram) setara dengan volume 1 mol gas nitrogen (22,4 liter) yang terjadi pada keadaan standar, yaitu pada temperatur 273,15 K dan tekanan 1 atm (King, 1951).

Perhitungan berat urea pada temperatur T dan tekanan P (tidak pada keadaan standar) adalah sebagai berikut :

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \dots\dots\dots(1)$$

untuk 1 mol gas, maka  $n=1$ , maka persamaan diatas menjadi :

$$P \cdot V = R \cdot T \dots\dots\dots(2)$$

$$V_{\text{N}_2} = \frac{R \cdot T}{P_{\text{N}_2}} \dots\dots\dots(3)$$

dimana  $V_{\text{N}_2}$  adalah volume gas  $\text{N}_2$  pada tekanan P dan temperatur T (tidak pada keadaan standar). Karena 60,0558 gram setara dengan  $V_{\text{N}_2}$ , maka untuk setiap 1

mL gas yang dihasilkan pada temperatur T dan tekanan P (tidak pada keadaan standar) adalah sebagai berikut :

$$60,0558 \text{ gram} \sim V_{N_2}$$

$$1 \text{ mL} \sim \frac{60,0558}{V_{N_2}} \text{ gram}$$

untuk setiap x mL gas nitrogen yang dihasilkan pada temperatur T dan tekanan P (tidak pada keadaan standar), maka berat urea adalah :

$$x \text{ mL } N_2 \sim \frac{60,0558 \text{ gram}}{V_{N_2}} \cdot x$$

dengan demikian berat urea tersebut adalah :

$$W_{\text{urea}} = \frac{60,0558 \cdot x}{V_{N_2}} \text{ gram} \dots\dots\dots(4)$$

Jika volume urea yang direaksikan dengan natrium hipoklorit adalah a mL maka berat urea dalam 250 mL larutan adalah sebagai berikut :

$$W_{\text{urea}} (\text{gram}/250 \text{ mL}) = \frac{60,0558 \text{ gram} \cdot 250 \text{ mL}}{V_{N_2} \text{ mL}} \cdot \frac{x \text{ mL}}{a \text{ mL}} \dots\dots\dots(5)$$

karena  $V_{N_2} = \frac{R \cdot T}{P_{N_2}}$  maka persamaan tersebut menjadi :

$$W_{\text{urea}} (\text{gram}/250 \text{ mL}) = \frac{60,0558 \cdot 250 \cdot x}{R \cdot T \cdot a} P_{N_2} \dots\dots\dots(6)$$

diketahui  $R = 8,314 \text{ J/mol K}$ , dengan demikian rumus diatas menjadi :

$$W_{\text{urea}} (\text{gram}/250 \text{ mL}) = \frac{60,0558 \cdot 250 \cdot x}{82,0569 \cdot T \cdot a} P_{N_2} \dots\dots\dots(7)$$

dimana :

$W_{\text{urea}}$  = berat urea ( gram/250 mL )

$T$  = temperatur mutlak ( K )

$x$  = volume gas nitrogen (mL)

$a$  = volume urea yang direaksikan ( mL )

$P_{N_2}$  = tekanan gas nitrogen ( atm )

Tekanan gas nitrogen (  $P_{N_2}$  ) dihitung pada keadaan setimbang dengan tekanan udara luar ( tekanan barometer ).

Perhitungan tekanan gas nitrogen adalah sebagai berikut :

$$P_{N_2} = P_{tk} - P_{H_2O} (1 - r)$$

$$P_{tk} = P_{bar} - C$$

dimana :

$P_{tk}$  = tekanan barometer terkoreksi ( atm )

$P_{bar}$  = tekanan barometer terbaca ( atm )

$P_{N_2}$  = tekanan gas nitrogen ( atm )

$C$  = koreksi barometer

$r$  = konstanta kelembaban relatif untuk air ( = 0,8 )

$P_{H_2O}$  = tekanan parsial air ( atm )

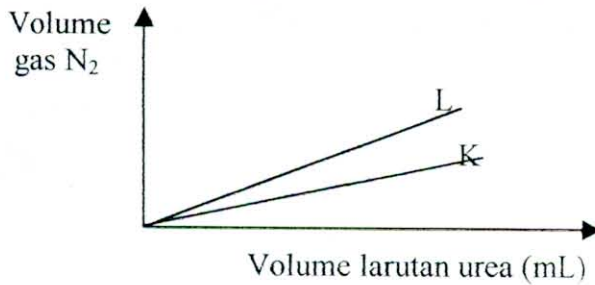
## 2.4 Nitrometer

Alat yang digunakan untuk menentukan jumlah urea yang teradsorpsi oleh NZ dan H<sub>5</sub>-NZA adalah alat yang disusun menyerupai nitrometer lunge. Alat tersebut sebelum digunakan perlu ditentukan faktor koreksi/ralat dari volume gas N<sub>2</sub> yang terukur.

Menurut Setyawan (1993), faktor koreksi alat yang digunakan diperoleh dengan cara menganalisis kandungan urea murni dalam suatu larutan yang telah diketahui konsentrasinya. Kemudian hasil dari analisis tersebut dibuat grafik antara volume gas nitrogen lawan volume larutan urea yang direaksikan dengan natrium hipoklorit. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa harga perbandingan antara volume gas nitrogen dengan volume larutan urea murni tersebut merupakan gradien dari kurva yang dihasilkan. Kemudian gradien tersebut di bandingkan melalui perhitungan dengan menggunakan persamaan (7).

Terdapat dua kemungkinan kurva yang dihasilkan, yaitu :

- A. Gradien garis yang diperoleh dengan menggunakan alat adalah lebih besar dari gradien yang diperoleh dari perhitungan.



Gambar 4. Grafik Faktor Koreksi Volume dari Nitrometer

dimana :

L = garis dengan gradien  $\text{tg } \beta$  yang diperoleh dari nitrometer .

K = garis dengan gradien  $\text{tg } \gamma$  yang diperoleh dari perhitungan.

Garis dengan gradien  $\text{tg } \gamma$  yang diperoleh dari perhitungan melukiskan perbandingan yang sesungguhnya antara volume gas  $\text{N}_2$  dengan volume larutan urea murni, sedangkan garis dengan gradien  $\text{tg } \beta$  diperoleh dari pengamatan dengan menggunakan nitrometer.

Berdasarkan grafik di atas, maka faktor koreksi alat tersebut adalah:

$$\text{tg } \beta = \text{gradien garis L}$$

$$\beta = \text{arc tg gradien garis L}$$

$$\text{tg } \gamma = \text{gradien garis K}$$

$$\gamma = \text{arc tg gradien garis K}$$

faktor koreksi ( $\alpha / \beta$ ) adalah :

karena  $\alpha = \beta - \gamma$  maka,

$$\frac{\alpha}{\beta} = 1 - \frac{\gamma}{\beta} \quad \dots\dots\dots(8)$$

Setelah diperoleh faktor koreksi volume dari nitrometer tersebut, maka perhitungan kandungan urea yang teradsorpsi adalah sebagai berikut :

$$W_K = W_L - W_L \cdot \alpha / \beta \quad \dots\dots\dots(9)$$

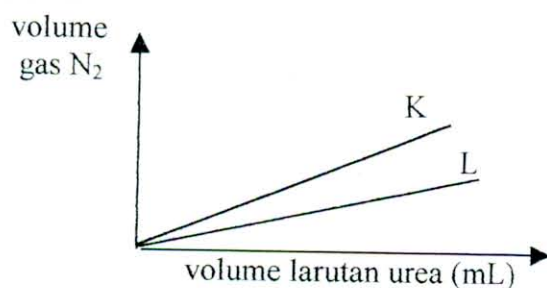
$$W_K = W_L (1 - \alpha / \beta) \quad \dots\dots\dots(10)$$

dimana :

$W_k$  = berat urea yang sesungguhnya (gram/250 mL)

$W_L$  = berat urea yang diperoleh dengan menggunakan nitrometer (gram/250 mL), dari persamaan (7)

B. Gradien garis yang diperoleh dari perhitungan adalah lebih besar dari gradien garis yang diperoleh dengan menggunakan alat.



Gambar 4. Grafik Faktor Koreksi Volume dari Nitrometer

dimana :

L = garis dengan gradien  $\text{tg } \gamma$  yang diperoleh dari nitrometer

K = garis dengan gradien  $\text{tg } \beta$  yang diperoleh dari perhitungan

Garis dengan gradien  $\gamma$  melukiskan perbandingan antara volume gas  $N_2$  dengan volume urea murni yang diperoleh dari pengamatan/percobaan dengan menggunakan alat yang disusun menyerupai nitrometer Lunge, sedangkan garis dengan gradien  $\text{tg } \beta$  melukiskan perbandingan antara gas nitrogen dengan volume larutan urea yang diperoleh dari perhitungan.

Berdasarkan grafik di atas, maka faktor koreksi alat tersebut adalah:

$$\text{tg } \beta = \text{gradien garis K}$$

$$\beta = \text{arc tg gradien garis K}$$

$$\text{tg } \gamma = \text{gradien garis L}$$

$$\gamma = \text{arc tg gradien garis L}$$

faktor koreksi ( $\alpha / \beta$ ) adalah sebagai berikut :

karena  $\alpha = \beta - \gamma$  maka :

$$\frac{\alpha}{\beta} = 1 - \frac{\gamma}{\beta}$$



Dengan diperolehnya faktor koreksi dari nitrometer tersebut, maka perhitungan berat urea yang teradsorp oleh H-NZA adalah sebagai berikut :

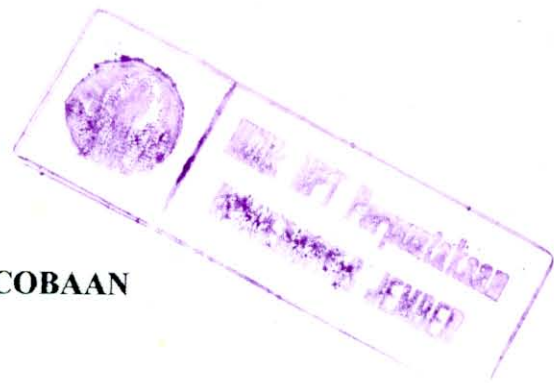
$$W_L = W_K - W_K \cdot \alpha / \beta \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$W_K = \frac{W_L}{(1 - \alpha / \beta)} \quad \dots\dots\dots(12)$$

dimana :

$W_K$  = berat urea yang sesungguhnya ( gram /250 mL )

$W_L$  = berat urea yang diperoleh dengan menggunakan alat nitrometer (gram/250 mL), dari persamaan (7)



### III. METODOLOGI PERCOBAAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium kimia fisika, laboratorium kimia organik, jurusan kimia Fakultas MIPA Universitas Jember dan pusat penelitian kopi dan kakao Universitas Jember. Penelitian dilaksanakan dari bulan April sampai bulan September 2003.

#### 3.2 Peralatan dan Bahan

##### 3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beaker glass (100 dan 600 mL) pyrex, erlenmeyer (50 dan 100 mL) pyrex, labu ukur (100 dan 250 mL) pyrex, pipet Mohr 5mL pyrex, pipet volume (5 dan 10 mL) pyrex, neraca analitik Mettler AT 200, vacuum drying oven merk Selecta, termokopel Digi-Sense (model no-8528-10 JTEK), pH meter Jenway 3320, Atomic Absorption Spectrofotometer (AA-6200 Shimadzu dan Perkin Elmer 3110), termometer 100°C, reaktor aktivasi, *furnace*, *nitrometer*, *water bath*, barometer dan pengaduk gelas.

##### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit alam dari PT. Prima Zeolita-Wonosari Yogyakarta,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  (s) 99,8% pa, gas  $\text{N}_2$  dan gas  $\text{O}_2$  dari PT. Aneka gas, HF 35% pa, HCl 37% pa,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ (s) 99% pa, NaOCl 5,25% TG,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  96% pa,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ (s) 99,8% pa,  $\text{NH}_3$  25% pa,  $\text{NaOH}$ (s) 99 % pa,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (s) 98% pa,  $\text{NaCl}$ (s) 99% pa,  $\text{KCl}$ (s) 99% pa,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (s) 99% pa.

#### 3.3 Prosedur Kerja

##### 3.3.1 Aktivasi Zeolit Alam (NZ)

Zeolit dalam bentuk butiran ukuran 80 mesh direndam dalam akuades sambil diaduk selama satu jam pada temperatur kamar. Campuran kemudian disaring, endapan dikeringkan dalam oven pada temperatur 100°C selama 3 jam.

Hasil pengeringan kemudian dikalsinasi dengan aliran gas  $N_2$  pada  $500^\circ C$  selama 4 jam. Selanjutnya diteruskan dengan proses oksidasi dengan aliran gas  $O_2$  pada temperatur  $400^\circ C$  selama 1,5 jam sehingga diperoleh NZ (Setyawan, 2001). Set alat seperti gambar 21.

### 3.3.2 Preparasi Zeolit Alam Asam Hidrotermal ( $H_5$ -NZA)

Sampel NZ direndam dalam larutan HF 1% dengan perbandingan volume 1:2 dalam wadah plastik selama 10 menit pada temperatur kamar. Campuran disaring dan dibilas berulang-ulang hingga pH 6. Endapan zeolit tadi kemudian direfluks (gambar 23) selama 30 menit dengan larutan HCl 6 M pada temperatur  $90^\circ C$  sambil diaduk. Selanjutnya dilakukan penyaringan dan pencucian dengan akuades sampai pH 6, berikutnya dikeringkan dan dihaluskan.

Sampel NZ kemudian dikeringkan dengan *Vacuum Drying Oven* dengan tekanan 20 cmHg selama 3 jam pada  $130^\circ C$ , diperoleh NZA. NZA dipanaskan bersama  $NH_4Cl$  0,1 M pada  $90^\circ C$  selama 3 jam setiap hari dan dilakukan dengan diulang-ulang setiap hari selama seminggu dan digojog pelan-pelan tiap satu jam selama pemanasan. Setelah selesai, zeolit disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH 6. Endapan dikeringkan di oven dengan temperatur  $120$ - $130^\circ C$  kemudian didinginkan. NZA diletakkan dalam cawan porselin dan dikalsinasi selama 4 jam pada temperatur  $500^\circ C$ . Sampel kemudian didinginkan dan dilakukan hidrotermal selama 5 jam pada temperatur  $500^\circ C$  (Setyawan, 2001). Set alat seperti gambar 22.

Setelah dihidrotermal kemudian didinginkan dan dikalsinasi ulang dengan aliran  $N_2$  selama 3 jam pada temperatur  $500^\circ C$ , kemudian dioksidasi dengan  $O_2$  selama 1,5 jam pada temperatur  $400^\circ C$  dan didinginkan sehingga diperoleh  $H_5$ -NZA (Setyawan, 2001).

### 3.3.3 Karakterisasi Zeolit

#### A. Penentuan Kandungan Kation Logam

Penentuan kandungan kation logam dalam katalis zeolit dilakukan dengan cara destruksi (dalam lemari asam). Sampel zeolit sebanyak 0,2 gram ditempatkan dalam cawan porselin ditambahkan 2 mL akuaregia ( $HNO_3$  pa : HCl

=1:3) kemudian krus ditutup dan dipanaskan selama 30 menit. Setelah 5 menit kemudian ditambahkan HF 4% sebanyak 0,5 mL dan dipanaskan selama 15 menit, kemudian ditambahkan 1 mL akuaregia dan HF 4% sebanyak 0,25 mL dan dibiarkan selama 10 menit. Diencerkan ke dalam labu ukur 25 mL hingga tanda batas. Selanjutnya kation logam (Na, Ca, K dan Fe) dalam zeolit alam dan H<sub>5</sub>-NZA dianalisis dengan AAS.

### B. Penentuan Keasaman Zeolit

Penentuan keasaman zeolit dilakukan secara gravimetri dengan mengalirkan gas NH<sub>3</sub> ke dalam pori-pori zeolit. Keasaman dapat ditentukan dari perbedaan berat zeolit sebelum dan sesudah menyerap (mengadsorpsi) NH<sub>3</sub>.

0,5 gram zeolit di panaskan pada temperatur 115-120°C selama 30 menit, kemudian didinginkan dalam desikator. Zeolit ditimbang hingga beratnya tetap (W'). Zeolit dalam botol diletakkan dalam erlenmeyer buchner berisi silika gel yang sudah diaktivasi. Tutup erlenmeyer dihubungkan dengan saluran gas amoniak dan mulut erlenmeyer ke saluran pompa penyedot.

Selang yang menghubungkan larutan amoniak 25% dijepit dan sistem dalam erlenmeyer divakumkan dengan pompa penyedot selama 25-30 detik. Selang pompa kemudian dijepit dan selang dari larutan amonia dibuka pelan-pelan (tekanan rendah). Aliran gas dihentikan setelah jenuh (timbul uap putih) dan selang dijepit. Reaksi dibiarkan selama 24 jam, kemudian zeolit ditimbang berulang-ulang hingga beratnya tetap (W) dalam mg. Maka berat NH<sub>3</sub> yang teradsorpsi dalam sampel adalah sebagai berikut :

$$\Delta W = W' - W \text{ (mg)}$$

Dalam hal ini keasaman didefinisikan sebagai jumlah (mmol) NH<sub>3</sub> yang teradsorp untuk gram berat zeolit. Sehingga jumlah asam sampel zeolit untuk setiap gram zeolit dihitung sebagai berikut (Setiaji, 1990):

$$\Sigma \text{ Asam} = \frac{\Delta W \text{ (g)}}{\text{Massa molar NH}_3 \text{ (g/mol)} \times W' \text{ zeolit (g)}}$$

### 3.3.4 Penentuan Ralat Nitrometer Lunge

Larutan urea dengan konsentrasi  $1,2 \cdot 10^4$  ppm,  $1,6 \cdot 10^4$  ppm,  $2,0 \cdot 10^4$  ppm,  $2,4 \cdot 10^4$  ppm,  $2,8 \cdot 10^4$  ppm sebanyak 1 mL, masing-masing dimasukkan ke dalam kuvet plastik dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang telah berisi 10 mL larutan Na-hipoklorit dan dijaga supaya tidak sampai tercampur terlebih dahulu. Kran alat dibuka terlebih dahulu kemudian pipa plastik yang ujungnya telah dilengkapi dengan penyumbat disumbat pada mulut erlenmeyer, tutup kran. Erlenmeyer digoyang-goyangkan sehingga larutan urea dalam kuvet dapat bercampur dengan larutan Na-hipoklorit dalam erlenmeyer dan bereaksi. Volume gas  $N_2$  yang dihasilkan dari reaksi diatas dicatat. Prosedur tersebut diulang untuk variasi volume larutan urea 1,2; 1,4; 1,6; 1,8 dan 2 mL (Setyawan, 1993).

### 3.3.5 Penentuan pH dan Temperatur Optimum Adsorpsi

Erlenmeyer 50 mL sebanyak 5 masing-masing diisi dengan 10 mL urea  $2,0 \cdot 10^4$  ppm, dan 5 ml buffer dengan variasi pH 5, 6, 7, 8, dan 9 untuk tiap erlenmeyer. Kemudian masukkan kelima erlenmeyer tersebut ke dalam *water bath* dan suhu diatur hingga temperatur  $20^{\circ}C$ . Setelah suhu  $20^{\circ}C$ , masukkan 1 gram zeolit alam (NZ) ke dalam erlenmeyer tersebut lalu didiamkan selama 30 menit (suhu dijaga konstan). Setelah 30 menit, sampel disaring dengan kertas saring. Filtrat yang diperoleh dianalisa kadar ureanya dengan alat yang disusun seperti nitrometer Lunge (seperti prosedur 3.3.7). Ulangi prosedur tersebut dengan variasi temperatur  $25^{\circ}C$ ,  $30^{\circ}C$ ,  $35^{\circ}C$ . Ulangi prosedur di atas untuk  $H_5$ -NZA.

### 3.3.6 Penentuan Konstanta Kecepatan Adsorpsi dan Entalpi Adsorpsi

Larutan urea dengan konsentrasi  $1,2 \cdot 10^4$  ppm hingga  $2,8 \cdot 10^4$  ppm masing-masing dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 mL, ditambahkan masing-masing dengan 5 mL larutan buffer pH optimum. Kemudian masukkan erlenmeyer tersebut ke dalam *water bath* dan suhu diatur hingga temperatur  $20^{\circ}C$ . Setelah suhu  $20^{\circ}C$ , masukkan 1 gram zeolit alam (NZ) ke dalam erlenmeyer tersebut lalu diamkan selama 30 menit (suhu dijaga konstan). Setelah 30 menit, sampel disaring dengan kertas saring. Filtrat yang diperoleh dianalisa kadar ureanya dengan alat yang disusun seperti nitrometer Lunge (seperti prosedur 3.3.7). Ulangi

prosedur tersebut dengan variasi temperatur  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $30^{\circ}\text{C}$ ,  $35^{\circ}\text{C}$ . Ulangi prosedur di atas untuk  $\text{H}_3\text{-NZA}$ .

### **3.3.7 Analisa Urea yang Teradsorpsi**

Alat disusun menyerupai alat nitrometer Lunge (gambar 24), kemudian 2 mL filtrat urea setelah proses adsorpsi dimasukkan ke dalam kuvet plastik. Selanjutnya kuvet dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang telah berisi 10 mL larutan Na-hipoklorit. Kran nitrometer Lunge mula-mula dibuka terlebih dahulu, kemudian pipa plastik yang ujungnya telah dilengkapi dengan penyumbat disumbat pada ujung lubang erlenmeyer, tutup kran. Erlenmeyer digoyang-goyangkan sehingga urea dan Na-hipoklorit yang berada di dalamnya dapat bercampur dan bereaksi. Kemudian catat volume gas  $\text{N}_2$  yang dihasilkan dari reaksi tersebut di atas (Setyawan, 1993).



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan.

1. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa H<sub>5</sub>-NZA memiliki keasaman yang lebih tinggi dan kandungan kation yang lebih rendah daripada zeolit alam.
2. Adsorpsi urea oleh zeolit alam berlangsung maksimum pada pH 6 dan temperatur 25<sup>0</sup>C, sedangkan adsorpsi urea oleh H<sub>5</sub>-NZA berlangsung maksimum pada pH 9 dan temperatur 35<sup>0</sup>C.
3. Zeolit alam (NZ) memiliki konstanta kecepatan adsorpsi dan entalpi adsorpsi sebesar 0,2159 dan 3,234 kJ/mol K, sedangkan H<sub>5</sub>-NZA sebesar 0,2462 dan 1,483 kJ/mol K.

### 5.2 Saran

Dari hasil pemanfaatan zeolit sebagai adsorben urea yang telah dilakukan dalam penelitian ini menghasilkan beberapa saran.

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan zeolit sebagai adsorben urea dengan pengaruh variabel yang lain.
2. Perlu dicoba metode pengukuran volume gas N<sub>2</sub> yang dihasilkan dengan instrumen yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atkins, P.W. 1994. *Kimia Fisik*, Edisi IV. Jakarta: Erlangga.
- Barrer, F.R.S, R.M. 1987. *Zeolit and Clay Minerals as Sorbets and Molecular Sieves*, London: Academic Press.
- Bruce, J dan Harper. 1950. *Practical Chemistry*, Edisi V. St Martin street, London: Mac Millan & co.Ltd.
- Bahar, K.W dan Tanti H. 2000. *Alumina-Silica (zeolit) sebagai Katalis (Pada Tahap Konversi dan Reorganisasi dalam Petroleum Refining)*. Makalah (Belum Diterbitkan). Jember: FMIPA UNEJ.
- Cohen, J.B. 1947. *A Class Book of Organic Chemistry*, Edisi II. St Martin street, London: Mac Millan & co.Ltd.
- Dyer, A. 1998. *An Introduction to Zeolit Molecular Sieves*. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd.
- Engelstad, O.P. 1997. *Tekhnologi dan Penggunaan Pupuk*. Yogyakarta: UGM Press.
- Gottardi, G. 1978. *Mineralogy and Crystal Chemistry of Zeolit*. Dalam Setiaji, B. 2000. *Pengolahan Limbah Industri Tahu Menggunakan Zeolit Pada Prototipe Instalasi Pengolahan Air Limbah*, Berkala Ilmiah MIPA. Yogyakarta: MIPA UGM.
- Hamdan, H. 1992. *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization, and Modification*. Malaysia: Universiti Tekhnologi Malaysia.
- Khairinal. 2000. *Dealuminasi Zeolit Alam Wonosari dengan Perlakuan Asam dari Proses Hidrotermal*. Yogyakarta: UGM Press.
- King, E.J. 1951. *Micro Analisis in Medical Biochemistry*, Edisi II. New york: Grone & Stratton Inc.
- Kleiner, S and Israel. 1958. *Human Biochemistry*, Edisi V. New York: The C.V Mosby Company.
- Lyons, C.G and Appleyard, F.N. 1950. *Theoretical Pharmaceutical Chemistry*, Edisi II. London: Sir Isaac Pitman & Sons Ltd.
- Lowell, S and J.E. Shields. 1984. *Powder Surface Area and Porosity*, Edisi II. New York: Chapman & Hall.



- Mallarangar, B.B. 1998. *Prospek Pengembangan Senyawa Alumina-Silikat*. Dalam majalah BPPT No.XXVI.
- Nurhadi, M. 1999. *Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Kromium-Zeolit Alam Untuk Perengkahan Fraksi Minyak Bumi*. Yogyakarta: UGM Press.
- Parkes, G.D. 1951. *Modern Inorganic Chemistry*. London: Longmans green & co Ltd.
- Setyawan, D.P.H. 1993. *Membandingkan Kandungan Urea dalam Urin Orang Sehat Dengan Orang Sakit Diabetes Melitus*, Skripsi. Yogyakarta: FMIPA UGM.
- , 2001. *Modifikasi Zeolit Alam dan Karakterisasinya sebagai Katalis Perengkahan Asap Cair Kayu Bengkirei*. Yogyakarta: FMIPA UGM.
- Setiaji, B. 1990. *Penentuan Keasaman Permukaan Padatan Dengan Cara Termal Analisis*, Berkala Ilmiah MIPA. Yogyakarta: FMIPA UGM.
- , 2000. *Pengolahan Limbah Industri Tahu Menggunakan Zeolit Pada Prototipe Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Dalam Jurnal, Kimia Lingkungan Vol 2 No 1.
- Smith, K. 1992. *Solid Support and Catalyst in Organic Synthesis*. Prentice Hall, London: Ellis Horwood PTR.
- Sutarti, M dan Rachmawati, M. 1994. *Zeolit: Tinjauan Literatur, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah*. Jakarta: LIPI.
- Trisunaryanti, W. Shiba, R. Miura, M. Nomura, M. Nishiyama, M. dan Matsukata, M. 1996. *Characterization and Modification of Indonesian Natural Zeolites and Their Properties for Hydrocracking of Paraffin*, Journal of The Japan Petroleum Institute, Volume 39, P 20-25.
- Tan, K.H. 1998. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Yogyakarta: UGM Press.

## Lampiran 1

### Preparasi Larutan

#### 1. Pembuatan Larutan Urea $1,2 \cdot 10^4$ ppm hingga $2,8 \cdot 10^4$ ppm

Urea sebanyak 3, 4, 5, 6 dan 7 gram dimasukkan masing-masing ke dalam beaker glass 100 mL, kemudian dilarutkan dengan akuades sambil diaduk. Setelah semua larut masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 250 mL kemudian tambahkan akuades hingga tanda batas.

#### 2. Pembuatan Larutan HF 1%

HF 35% sebanyak 8,57 mL dimasukkan ke dalam wadah plastik, kemudian ditambahkan beberapa mL akuades sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga volume 300 mL.

#### 3. Pembuatan Larutan HCl 6 M

HCl 37% sebanyak 49,9 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang telah di beri sedikit akuades, dikocok kemudian ditambahkan akuades ke dalam labu ukur tersebut hingga tanda batas.

#### 4. Pembuatan Larutan $\text{NH}_4\text{Cl}$ 0,1 M

$\text{NH}_4\text{Cl}$  sebanyak 1,3375 gram di masukkan ke dalam beaker glass 100 mL kemudian larutkan dengan akuades sambil diaduk. Setelah semua larut masukkan ke dalam labu ukur 250 mL kemudian tambahkan akuades hingga tanda batas.

#### 5. Pembuatan Larutan $\text{CH}_3\text{COONa}$ 0,1 M

$\text{CH}_3\text{COONa}$  sebanyak 2,05 gram di masukkan ke dalam beaker glass 100 mL kemudian larutkan dengan akuades sambil diaduk. Setelah semua larut masukkan ke dalam labu ukur 250 mL kemudian tambahkan akuades hingga tanda batas.

#### 6. Pembuatan Larutan $\text{CH}_3\text{COOH}$ 0,1 M

$\text{CH}_3\text{COOH}$  96% sebanyak 1,5 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL yang telah di beri sedikit akuades, dikocok kemudian ditambahkan akuades ke dalam labu ukur tersebut hingga tanda batas.

#### 7. Pembuatan Larutan $\text{NH}_4\text{OH}$ 0,1 M

$\text{NH}_3$  25% sebanyak 2,2 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL yang telah di beri sedikit akuades, dikocok kemudian tambahkan akuades ke dalam labu ukur tersebut hingga tanda batas.

#### 8. Pembuatan Larutan Buffer

Larutan buffer yang digunakan dalam penelitian ini adalah buffer pH 5 hingga pH 9. pembuatan larutan buffer pH 5 hingga pH 7 dilakukan dengan mencampurkan sebanyak 6,4; 9,5 dan 10 mL larutan  $\text{CH}_3\text{COONa}$  0,1 M masing-masing dengan 10 mL larutan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M. Sedangkan buffer pH 8 dan 9 dibuat dengan mencampurkan sebanyak 9,5 dan 6,3 mL larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,1 M masing-masing dengan 10 mL larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  0,1 M. Kemudian masing-masing campuran larutan tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, encerkan dengan akuades hingga tanda batas. pH larutan buffer tersebut dikontrol dengan menggunakan pH meter.

#### 9. Pembuatan Larutan Standar Ca 1000 ppm

$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 1,8336 gram di masukkan ke dalam beaker glass 100 mL kemudian larutkan dengan akuades sambil diaduk. Setelah semua larut masukkan ke dalam labu ukur 500 mL kemudian tambahkan akuades hingga tanda batas.

10. Pembuatan Larutan Standar Na 1000 ppm

NaCl sebanyak 1,2710 gram di masukkan ke dalam beaker glass 100 mL kemudian larutkan dengan akuades sambil diaduk. Setelah semua larut masukkan ke dalam labu ukur 500 mL kemudian tambahkan akuades hingga tanda batas.

11. Pembuatan Larutan Standar K 1000 ppm

KCl sebanyak 0,9530 gram di masukkan ke dalam beaker glass 100 mL kemudian larutkan dengan akuades sambil diaduk. Setelah semua larut masukkan ke dalam labu ukur 500 mL kemudian tambahkan akuades hingga tanda batas.

12. Pembuatan Larutan Standar Fe 1000 ppm

$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sebanyak 2,4190 gram di masukkan ke dalam beaker glass 100 mL kemudian larutkan dengan akuades sambil diaduk. Setelah semua larut masukkan ke dalam labu ukur 500 mL kemudian tambahkan akuades hingga tanda batas.

## Lampiran 2

Karakterisasi Zeolit

Tabel 1. Standar Kalibrasi Na

Konsentrasi (ppm)	0	0,5	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
Absorban	0	0,013	0,020	0,039	0,060	0,079	0,110	0,129

Persamaan yang diperoleh :  $y = mx + c$

$$= 0,0125x + 0,007 \text{ dengan } R^2 = 0,9913$$

Tabel 2. Standar Kalibrasi Ca

Konsentrasi (ppm)	0	2	5	10	15	20	25
Absorban	0	0,055	0,165	0,213	0,365	0,446	0,539

Persamaan yang diperoleh :  $y = mx + c$

$$= 0,0123x + 0,0206 \text{ dengan } R^2 = 0,987$$

Tabel 3. Standar Kalibrasi Fe

Konsentrasi (ppm)	0	0,5	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
Absorban	0	0,022	0,026	0,043	0,081	0,112	0,149	0,200

Persamaan yang diperoleh :  $y = mx + c$

$$= 0,0187x + 0,0055 \text{ dengan } R^2 = 0,9938$$

Tabel 4. Standar Kalibrasi K

Konsentrasi (ppm)	0	1	2	4	6	8	10
Absorban	0	0,006	0,011	0,015	0,024	0,031	0,039

Persamaan yang diperoleh :  $y = mx + c$

$$= 0,0037x + 0,0015 \text{ dengan } R^2 = 0,9922$$

Tabel 5. Gabungan Data Kandungan Kation (% b/b)

No	Jenis Zeolit	Na(%b/b)	Ca(%b/b)	Fe(%b/b)	K(%b/b)
1.	ZA	0,120	0,070	1,250	0,100
2.	H <sub>5</sub> -NZA	0,065	0,027	0,152	0,057

Tabel 6. Data Keasaman Zeolit

No	Jenis Zeolit	Berat Zeolit (g)			Berat NH <sub>3</sub> (g)			Keasaman rata-rata (mmol/g)	Standar Deviasi (Stdev) (mmol/g)
		Ulangan			Ulangan				
		I	II	III	I	II	III		
1.	ZA	0,478	0,482	0,481	0,017	0,018	0,018	2,163	0,053
2.	H <sub>5</sub> -NZA	0,497	0,494	0,496	0,046	0,045	0,046	5,430	0,033

## Lampiran 3

Perhitungan Tekanan Gas Nitrogen Terkoreksi

Di dalam penelitian, percobaan dilakukan pada suhu 27,5°C dan 28,5°C. Tekanan barometer terbaca 759,2 mmHg. Pengukuran volume gas nitrogen pada keadaan setimbang, menggunakan perhitungan tekanan gas terkoreksi yaitu dengan menentukan tekanan barometer terkoreksi ( $P_{tk}$ ).

Tabel 7. Koreksi Barometer

t (°C)	P ( mmHg )		
	750	759,2	760
27,0	3,37	$K_1$	3,44
27,5	—		—
28,0	3,41	$K_1/K_2$	3,46
28,5	—		—
29,0	3,55	$K_2$	3,58

Untuk menentukan harga tekanan terkoreksi dari barometer, maka perlu ditentukan terlebih dahulu harga  $K_1$  dan  $K_2$ .

$$K_1 = \frac{P_{tb} - P_1}{P_2 - P_1} \times (3,44 - 3,37) + 3,37$$

$$K_1 = \frac{759,2 - 750,0}{760,0 - 750,0} \times (3,44 - 3,37) + 3,37$$

$$K_1 = 3,4348$$

$$K_2 = \frac{759,2 - 750,0}{760,0 - 750,0} \times (3,46 - 3,41) + 3,41$$

$$K_2 = 3,46$$

Dengan demikian harga tekanan barometer terkoreksi ( $P_{tk}$ ) adalah sebagai berikut :

$$P_{tk} = P_{tb} - [ \{ (K_2 - K_1) \times (t - t_1) \} + K_1 ]$$

$$P_{tk} = 759,20 - [ \{ (3,46 - 3,43) \times (27,5 - 27) \} + 3,43 ]$$

$$P_{tk} = 755,75 \text{ mmHg}$$

#### Penentuan Tekanan Gas Nitrogen ( $P_{tk}$ )

Penentuan harga tekanan gas nitrogen diperoleh setelah menentukan harga tekanan parsial air, karena air tersebut digunakan di dalam penelitian yang diisikan di dalam buret, sehingga air tersebut ikut memberikan suatu tekanan.

Tabel 8. Tekanan Parsial Air ( $H_2O$ )

t °C	P (mmHg)
27,0	27,03
27,5	?
28,0	28,30
28,5	?
29,,0	30,10

$$P_{H_2O}; 27,5 \text{ °C} = \frac{27,5 - 27}{28 - 27} \times (28,30 - 27,03) + 27,03$$

$$P_{H_2O}; 27,5 \text{ °C} = 27,67 \text{ mmHg}$$

Dengan demikian harga tekanan gas nitrogen adalah :

$$P_{N_2} (\text{atm}) = \{ P_{tk} - P_{H_2O} (1 - r) \} / 760$$

dimana r adalah konstanta kelembaban relatif untuk air ( $r = 0,8$ )

$$P_{N_2} = \{ 755,7544 - 27,67 (1 - 0,8) \} / 760$$

$$P_{N_2} = 0,99 \text{ atm}$$



Dengan cara yang sama untuk temperatur  $28,5^{\circ}\text{C}$  diperoleh hasil perhitungan tekanan gas nitrogen terkoreksi seperti dalam tabel 9 :

Tabel 9. Penentuan Tekanan Gas Nitrogen Terkoreksi untuk  $t = 28,5^{\circ}\text{C}$

$K_1$	$K_2$	$P_{\text{tk}}$ (mmHg)	$P_{\text{H}_2\text{O}}$ (mmHg)	$P_{\text{N}_2}$ (atm)
3,46	3,58	755,68	29,20	0,99

Lampiran 4

Penentuan Faktor Koreksi Nitrometer ( $\alpha/\beta$ )

Tabel 4. Data Penentuan Koreksi Nitrometer

		Konsentrasi (ppm)																			
		1,2.10 <sup>4</sup>				1,6.10 <sup>4</sup>				2,0.10 <sup>4</sup>				2,4.10 <sup>4</sup>				2,8.10 <sup>4</sup>			
a (mL)	x (mL)	x/a (mL)	a (mL)	x (mL)	x/a (mL)	a (mL)	x (mL)	x/a (mL)	a (mL)	x (mL)	x/a (mL)	a (mL)	x (mL)	x/a (mL)	a (mL)	x (mL)	x/a (mL)	a (mL)	x (mL)	x/a (mL)	
1,00	4,00	4,00	1,00	6,30	6,30	1,00	8,40	8,40	1,00	9,80	9,80	1,00	11,60	11,60	1,00	13,80	13,80	1,00	11,60	11,60	
1,20	4,00	4,08	1,20	7,50	6,25	1,20	10,00	8,33	1,20	11,60	9,67	1,20	13,80	11,50	1,20	16,20	13,50	1,20	13,80	11,50	
1,40	5,80	4,14	1,40	8,80	6,29	1,40	11,50	8,21	1,40	13,70	9,79	1,40	16,20	11,57	1,40	20,80	14,86	1,40	16,20	11,57	
1,60	6,70	4,19	1,60	10,10	6,31	1,60	13,00	8,13	1,60	15,60	9,75	1,60	18,50	11,56	1,60	23,10	14,44	1,60	18,50	11,56	
1,80	7,50	4,17	1,80	11,40	6,33	1,80	14,80	8,22	1,80	17,50	9,72	1,80	20,80	11,56	1,80	23,10	12,83	1,80	20,80	11,56	
2,00	8,40	4,20	2,00	12,60	6,30	2,00	16,60	8,30	2,00	19,50	9,75	2,00	23,10	11,55	2,00	27,10	13,55	2,00	23,10	11,55	
Rerata		4,13	Rerata		6,29	Rerata		8,27	Rerata		9,75	Rerata		11,56	Rerata		13,55	Rerata		11,56	
SD		0,08	SD		0,03	SD		0,09	SD		0,05	SD		0,03	SD		0,05	SD		0,03	

Keterangan :

x = volume gas nitrogen (mL)

a = volume larutan urea (mL)

Penelitian ini dilakukan pada Temperatur (t)  $27,5^{\circ}\text{C}$  dan tekanan barometer terbaca ( $P_{tb}$ ) 759,2 mmHg. Perhitungan penentuan faktor koreksi nitrometer untuk konsentrasi urea  $1,2 \cdot 10^4$  ppm adalah sebagai berikut :

Dari data tersebut diatas, maka harga  $\frac{x}{a}$  rata-rata adalah  $4,13 \pm 0,08$ .

Sedangkan harga  $\frac{x}{a}$  dari perhitungan teoritis adalah sebagai berikut:

$$W_{\text{urea}} (\text{g}/25 \text{ mL}) = \frac{x}{a} \frac{25 \text{ mL} \cdot 60,0558 \text{ g/mol}}{82,0569 \text{ mL} \cdot \text{atm} / \text{K} / \text{mol} \cdot 300,5 \text{ K}} 0,99 \text{ atm}$$

$$0,3 = \frac{x}{a} 0,0601$$

$$\frac{x}{a} = 4,9916$$

Dari data dan grafik (gambar 4) dapat diketahui bahwa harga  $\text{tg } \beta$  = harga gradien ( $x/a$ ) yang diperoleh melalui perhitungan secara teoritis dan harga  $\text{tg } \gamma$  = harga gradien( $x/a$ ) yang diperoleh dengan menggunakan alat.

$$\text{Tg } \beta = 4,9916$$

$$\text{Tg } \gamma = 4,1302$$

$$\beta = \text{arc tg } 4,9916$$

$$\gamma = \text{arc tg } 4,1302$$

$$\beta = 78,6715$$

$$\gamma = 76,3895$$

$$\alpha / \beta = 1 - \gamma / \beta$$

$$\alpha / \beta = 1 - \frac{76,3895}{78,6715}$$

$$\alpha / \beta = 0,0290$$

Dari perhitungan yang sama untuk larutan urea dengan konsentrasi  $1,6 \cdot 10^4$  ppm hingga  $2,8 \cdot 10^4$  ppm, diperoleh harga faktor koreksi nitrometer seperti dalam tabel 5.

Tabel 11. Data Faktor Koreksi Berbagai Konsentrasi ( $\alpha/\beta$ )

No	Konsentrasi urea (ppm)	x/a (teoritis)	x/a (pengamatan)	$\alpha/\beta$
1.	$1,2 \cdot 10^4$	4,9916	4,1302	0,0290
2.	$1,6 \cdot 10^4$	6,6556	6,2967	0,0056
3.	$2,0 \cdot 10^4$	8,3194	8,2660	0,0005
4.	$2,4 \cdot 10^4$	9,9833	9,7460	0,0016
5.	$2,8 \cdot 10^4$	11,6472	11,5560	0,0005

Faktor koreksi rata-rata =  $0,0075 \pm 0,0122$ . Harga tersebut merupakan harga faktor koreksi dari alat yang digunakan dalam analisis urea yaitu 0,0075 dengan derajat penyimpangan 0,0122. Selanjutnya harga tersebut digunakan dalam perhitungan kandungan urea yang sebenar-benarnya dengan persamaan :

$$W_L = W_K - W_K \alpha/\beta$$

$$W_K = W_L / (1 - \alpha/\beta)$$

dimana:

$W_K$  = berat urea yang sesungguhnya (g/25 mL)

$W_L$  = berat urea yang diperoleh dengan menggunakan alat (g/25 mL)

Lampiran 5

Penentuan pH dan Temperatur Optimum Adsorpsi

Tabel 6. Data Volume Filtrat Urea Hasil Adsorpsi NZ (mL)

pH	Temperatur (°C)																								
	20						25						30						35						
	v1	v2	v3	V	SD	v1	v2	v3	V	SD	v1	v2	v3	V	SD	v1	v2	v3	V	SD	v1	v2	v3	V	SD
5	10,4	10,4	10,3	10,36	0,06	9,9	9,9	9,8	9,86	0,06	9,8	9,8	9,8	9,80	0,06	10,2	10,1	10,2	10,17	0,06	10,2	10,1	10,2	10,17	0,06
6	9,6	9,5	9,7	9,60	0,10	8,9	8,9	8,9	8,86	0,06	10,8	10,7	10,7	10,73	0,06	10,3	10,4	10,3	10,33	0,06	8,9	8,9	9,0	8,93	0,06
7	9,9	10,0	10,0	9,97	0,06	9,0	9,0	8,9	8,93	0,06	10,2	10,2	10,3	10,23	0,06	8,9	8,9	9,0	8,93	0,06	9,4	9,3	9,4	9,37	0,06
8	10,9	10,8	10,8	10,83	0,06	9,8	9,8	9,7	9,76	0,06	9,4	9,3	9,4	9,37	0,06	9,0	9,0	9,1	9,03	0,06	10,2	10,1	10,1	10,13	0,06
9	11,2	11,3	11,2	11,23	0,06	10,5	10,5	10,5	10,50	0,00	9,0	9,0	9,1	9,03	0,06	10,2	10,1	10,1	10,13	0,06	10,2	10,1	10,1	10,13	0,06

Tabel 7. Data Volume Filtrat Urea Hasil Adsorpsi H<sub>5</sub>-NZA (mL)

pH	Temperatur (°C)																													
	20						25						30						35						40					
	V1	V2	V3	V	SD	V1	V2	V3	V	SD	V1	V2	V3	V	SD	V1	V2	V3	V	SD	V1	V2	V3	V	SD	V1	V2	V3	V	SD
5	10,3	10,4	10,4	10,37	0,06	9,6	9,5	9,6	9,57	0,06	9,8	9,8	9,8	9,80	0,00	10,1	10,2	10,2	10,17	0,06	10,3	10,4	10,3	10,33	0,06					
6	9,0	9,0	9,0	9,00	0,00	9,5	9,4	9,4	9,43	0,06	8,7	8,8	8,8	8,77	0,06	9,8	9,9	9,9	9,87	0,06	10,2	10,1	10,1	10,13	0,06					
7	8,3	8,3	8,2	8,27	0,06	8,2	8,3	8,2	8,23	0,06	8,8	8,9	8,9	8,87	0,06	9,8	9,9	9,9	9,87	0,06	10,2	10,1	10,2	10,17	0,06					
8	8,0	8,0	8,1	8,03	0,06	9,0	9,0	9,0	9,00	0,00	8,9	9,0	8,9	8,93	0,06	8,0	8,1	8,0	8,03	0,06	8,9	8,9	9,0	8,93	0,06					
9	8,4	8,4	8,4	8,40	0,00	8,0	7,9	8,1	8,00	0,10	9,2	9,3	9,2	9,23	0,06	7,4	7,4	7,3	7,37	0,06	8,0	8,1	7,9	8,00	0,06					
10	8,8	8,7	8,8	8,77	0,06	8,5	8,5	8,6	8,53	0,06	9,8	9,9	9,9	9,87	0,00	10,2	10,1	10,1	10,13	0,06	10,5	10,4	10,6	10,50	0,06					

Tabel 14. Jumlah Urea Teradsorpsi/Jumlah NZ ( $10^{-2}$  g/g)

pH	Temperatur ( $^{\circ}$ C)			
	20	25	30	35
5	7,547	8,139	8,173	7,779
6	8,504	9,392	7,098	7,578
7	8,016	9,261	7,699	9,211
8	6,981	8,261	8,741	8,741
9	6,503	7,378	9,141	7,824

Tabel 15. Jumlah Urea Teradsorpsi/Jumlah H<sub>5</sub>-NZA ( $10^{-2}$  g/g)

pH	Temperatur ( $^{\circ}$ C)				
	20	25	30	35	40
5	7,582	8,544	8,264	7,826	7,578
6	9,222	8,704	9,498	8,185	7,824
7	10,097	10,141	9,382	8,185	7,779
8	10,384	9,222	9,302	10,380	9,211
9	9,941	10,420	10,423	11,179	10,420
10	9,498	9,785	8,185	7,824	7,378

## Lampiran 6

## Penentuan Konstanta Kecepatan Adsorpsi

Tabel 16. Data Volume Filtrat Urea dan  $k_{ads}$  pada pH Optimum (pH 6) oleh NZ

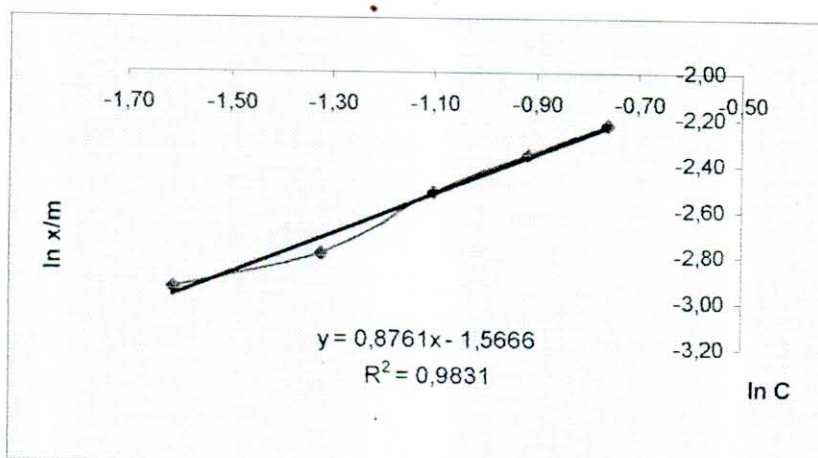
[CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> ] (ppm)	Temperatur (°C)							
	20		25		30		35	
	VN <sub>2</sub> (mL)	Wads (10 <sup>-2</sup> g/g)	VN <sub>2</sub> (mL)	Wads (10 <sup>-2</sup> g/g)	VN <sub>2</sub> (mL)	Wads (10 <sup>-2</sup> g/g)	VN <sub>2</sub> (mL)	Wads (10 <sup>-2</sup> g/g)
1,2.10 <sup>4</sup>	5,60	5,29	6,20	4,57	6,80	4,10	5,90	4,94
1,6.10 <sup>4</sup>	8,23	6,15	8,60	5,70	8,80	5,46	8,23	6,15
2,0.10 <sup>4</sup>	10,00	8,03	10,40	7,55	10,80	7,06	10,20	7,78
2,4.10 <sup>4</sup>	12,13	9,47	12,80	8,67	13,00	8,43	12,00	9,63
2,8.10 <sup>4</sup>	14,37	10,79	14,70	10,39	15,20	9,79	14,20	10,77

Tabel 17. Data Volume Filtrat Urea dan  $k_{ads}$  pada pH Optimum (pH 9) oleh H<sub>5</sub>-NZA

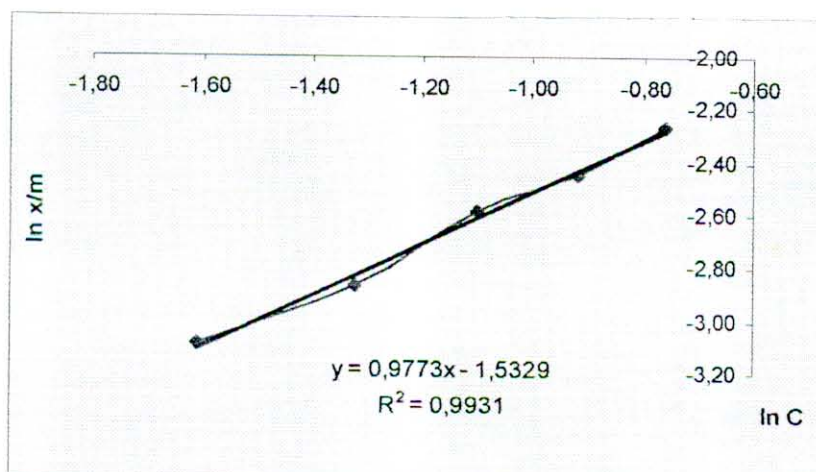
[CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> ] (ppm)	Temperatur (°C)							
	20		25		30		35	
	VN <sub>2</sub> (mL)	Wads (10 <sup>-2</sup> g/g)	VN <sub>2</sub> (mL)	Wads (10 <sup>-2</sup> g/g)	VN <sub>2</sub> (mL)	Wads (10 <sup>-2</sup> g/g)	VN <sub>2</sub> (mL)	Wads (10 <sup>-2</sup> g/g)
1,2.10 <sup>4</sup>	6,40	4,34	6,60	4,09	5,77	5,09	6,20	4,57
1,6.10 <sup>4</sup>	8,77	5,50	8,90	5,34	7,37	7,18	8,77	5,50
2,0.10 <sup>4</sup>	10,60	7,31	10,80	7,06	9,77	8,31	10,17	7,83
2,4.10 <sup>4</sup>	12,40	9,15	12,60	8,91	11,80	9,87	12,13	9,47
2,8.10 <sup>4</sup>	14,60	10,51	14,80	10,28	13,47	11,87	14,37	10,79

Tabel 18. Data Penentuan Konstanta Kecepatan Adsorpsi Urea oleh NZ pada pH Optimum (pH 6)

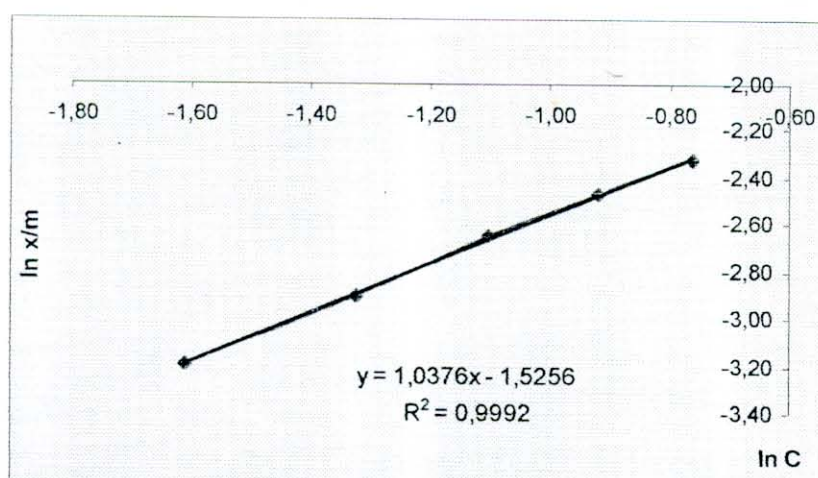
t (°C)	20	25	30	35
Ln C	Ln x/m	Ln x/m	Ln x/m	Ln x/m
-1,6094	-2,9386	-3,0857	-3,1949	-3,0088
-1,3217	-2,7894	-2,8644	-2,9073	-2,7894
-1,0986	-2,5226	-2,5836	-2,6507	-2,5529
-0,9163	-2,3569	-2,4453	-2,4738	-2,3402
-0,7621	-2,2263	-2,2643	-2,3238	-2,2289



Gambar 12. Grafik Penentuan  $k_{ads}$  NZ pada  $t = 20^{\circ}\text{C}$

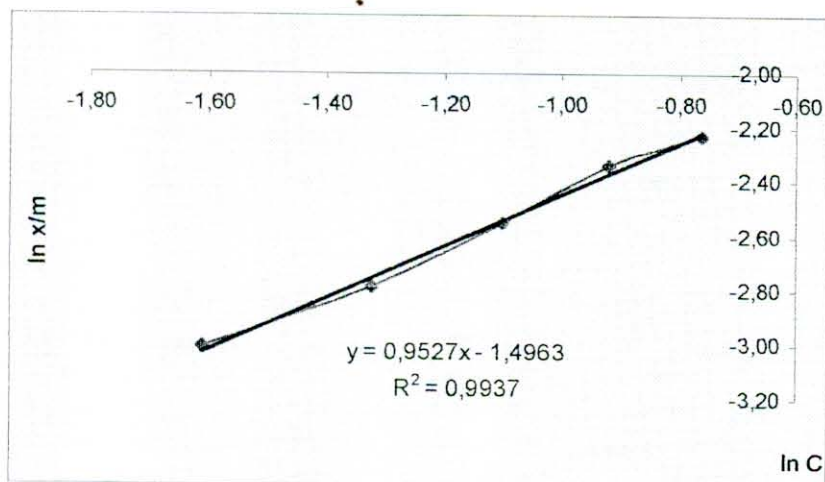


Gambar 13. Grafik Penentuan  $k_{ads}$  NZ pada  $t = 25^{\circ}\text{C}$



Gambar 14. Grafik Penentuan  $k_{ads}$  NZ pada  $t = 30^{\circ}\text{C}$





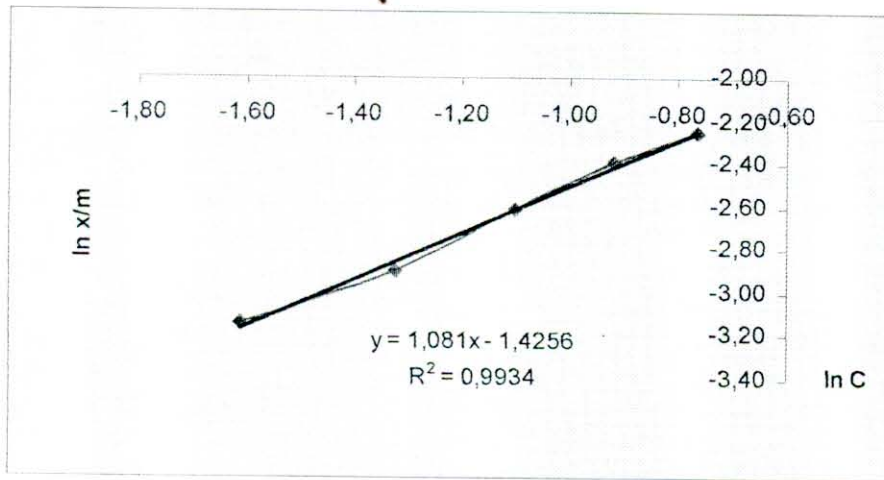
Gambar 15. Grafik Penentuan  $k_{ads}$  NZ pada  $t = 35^{\circ}\text{C}$

Tabel 19. Konstanta Kecepatan Adsorpsi NZ

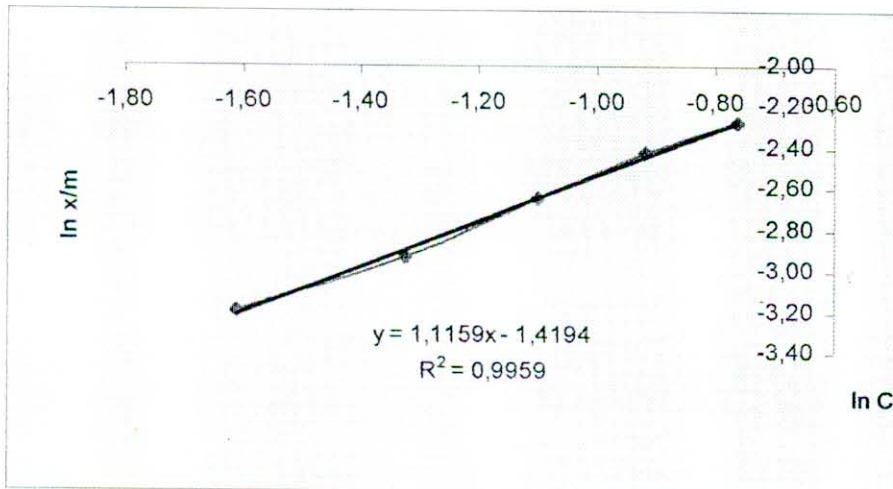
$t (^{\circ}\text{C})$	20	25	30	35
$\ln k$	-1,5666	-1,5329	-1,5256	-1,4963
$k_{ads}$	0,2087	0,2159	0,2175	0,2239

Tabel 20. Data Penentuan Konstanta Kecepatan Adsorpsi Urea oleh H<sub>5</sub>-NZA pada pH Optimum (pH 9)

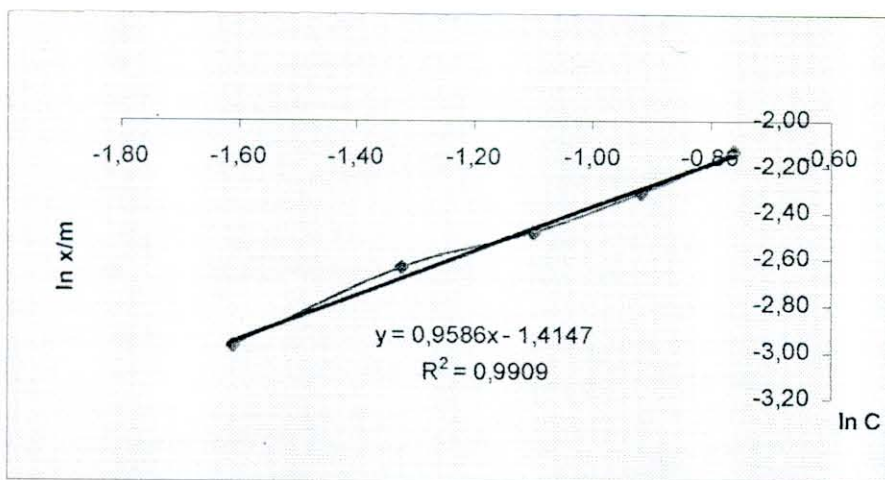
$t (^{\circ}\text{C})$	20	25	30	35
$\ln C$	$\ln x/m$	$\ln x/m$	$\ln x/m$	$\ln x/m$
-1,6094	-3,1382	-3,1949	-2,9769	-3,0839
-1,3218	-2,9004	-2,9295	-2,6340	-2,9004
-1,0986	-2,6164	-2,6497	-2,4883	-2,5477
-0,9163	-2,3913	-2,4178	-2,3157	-2,3570
-0,7621	-2,2522	-2,2752	-2,1308	-2,2266



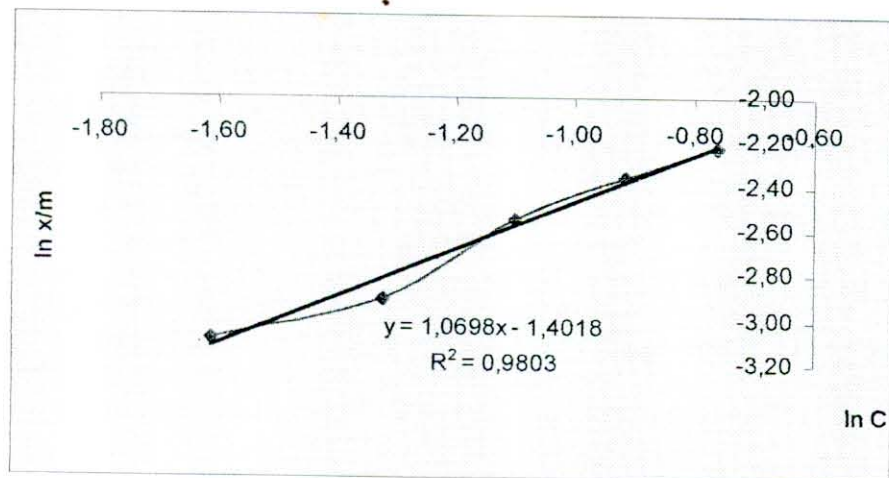
Gambar 16. Grafik Penentuan  $k_{ads}$  H<sub>5</sub>-NZA pada  $t = 20^{\circ}\text{C}$



Gambar 17. Grafik Penentuan  $k_{ads}$  H<sub>5</sub>-NZA pada  $t = 25^{\circ}\text{C}$



Gambar 18. Grafik Penentuan  $k_{ads}$  H<sub>5</sub>-NZA pada  $t = 30^{\circ}\text{C}$



Gambar 19. Grafik Penentuan  $k_{ads}$  H<sub>5</sub>-NZA pada  $t = 35^{\circ}\text{C}$

Tabel 21. Konstanta Kecepatan Adsorpsi H<sub>5</sub>-NZA

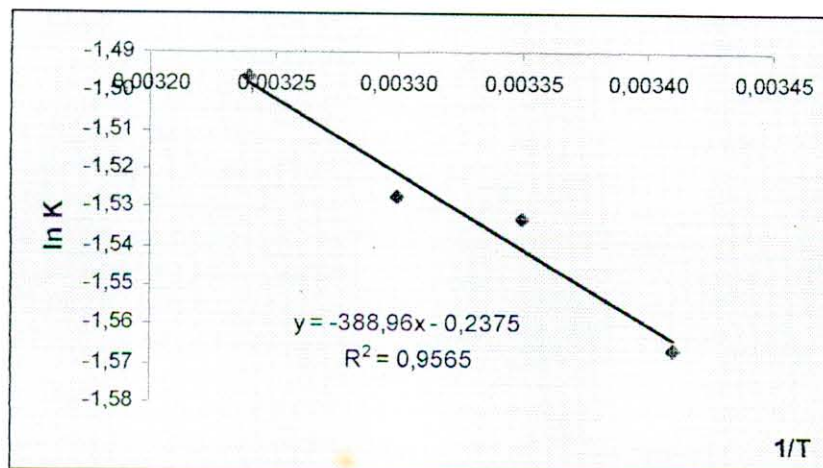
$t (^{\circ}\text{C})$	20	25	30	35
$\ln k$	-1,4255	-1,4194	-1,4160	-1,4017
$k_{ads}$	0,2404	0,2418	0,2426	0,2462

## Lampiran 7

## Penentuan Entalpi Adsorpsi

Tabel 22. Data Penentuan Entalpi Adsorpsi NZ

t ( $^{\circ}\text{C}$ )	20	25	30	35
T (K)	293	298	303	308
1/T	$3,4129 \cdot 10^{-3}$	$3,3557 \cdot 10^{-3}$	$3,3003 \cdot 10^{-3}$	$3,2467 \cdot 10^{-3}$
ln k	-1,5665	-1,5328	-1,5274	-1,4963



Gambar 20. Grafik Penentuan Entalpi Adsorpsi NZ

Entalpi adsorpsi dapat diperoleh dari persamaan Van't Hoff. Persamaan tersebut dapat diperoleh melalui kurva  $\ln k$  versus  $1/T$  dan entalpi adsorpsi diperoleh melalui gradien persamaan kurva tersebut:

Persamaan kurva adalah:

$$y = -388,96x - 0,2375$$

$\Delta H$  adsorpsi diperoleh dari gradien persamaan:

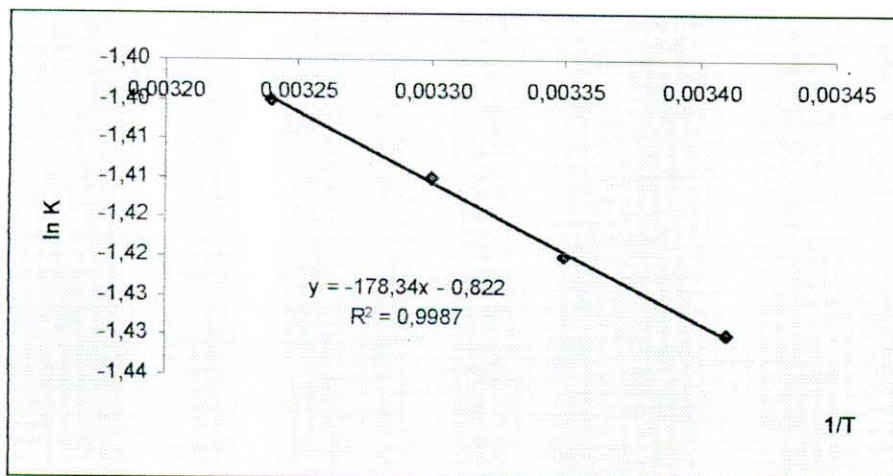
$$-388,96 = -\Delta H^{\circ}_{ads} / 8,314 \text{ J/mol K}$$

$$\Delta H^{\circ}_{ads} = 3,234 \text{ kJ/mol K}$$

jadi entalpi adsorpsi zeolit alam sebesar 3,234 kJ/mol

Tabel 23. Data Penentuan Entalpi Adsorpsi H<sub>5</sub>-NZA

t (°C)	20	25	30	35
T (K)	293	298	303	308
1/T	3,4129.10 <sup>-3</sup>	3,3557.10 <sup>-3</sup>	3,3003.10 <sup>-3</sup>	3,2467.10 <sup>-3</sup>
ln k	-1,4255	-1,4194	-1,4160	-1,4017

Gambar 21. Grafik Penentuan Entalpi Adsorpsi H<sub>5</sub>-NZA

Entalpi adsorpsi dapat diperoleh dari persamaan Van't hof. Persamaan tersebut dapat diperoleh melalui kurva ln k versus 1/T dan entalpi adsorpsi diperoleh melalui gradien persamaan kurva tersebut:

Persamaan kurva adalah:

$$y = -178,34x - 0,2375$$

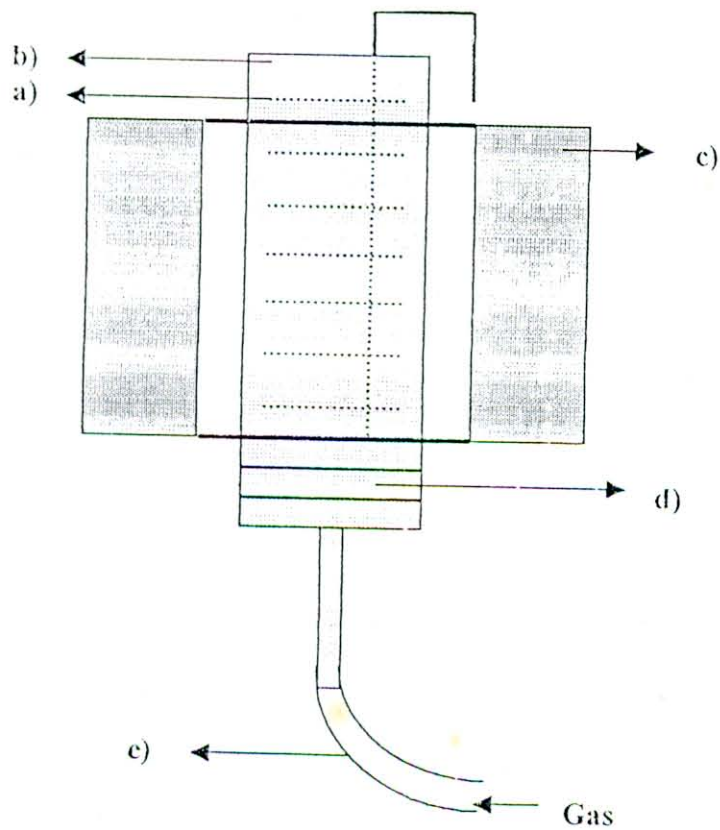
$\Delta H$  adsorpsi diperoleh dari gradien persamaan:

$$-178,34 = -\Delta H^0_{ads} / 8,314 \text{ J/mol K}$$

$$\Delta H^0_{ads} = 1,483 \text{ kJ/mol K}$$

Jadi entalpi adsorpsi H<sub>5</sub>-NZA adalah sebesar 1,483 kJ/mol K

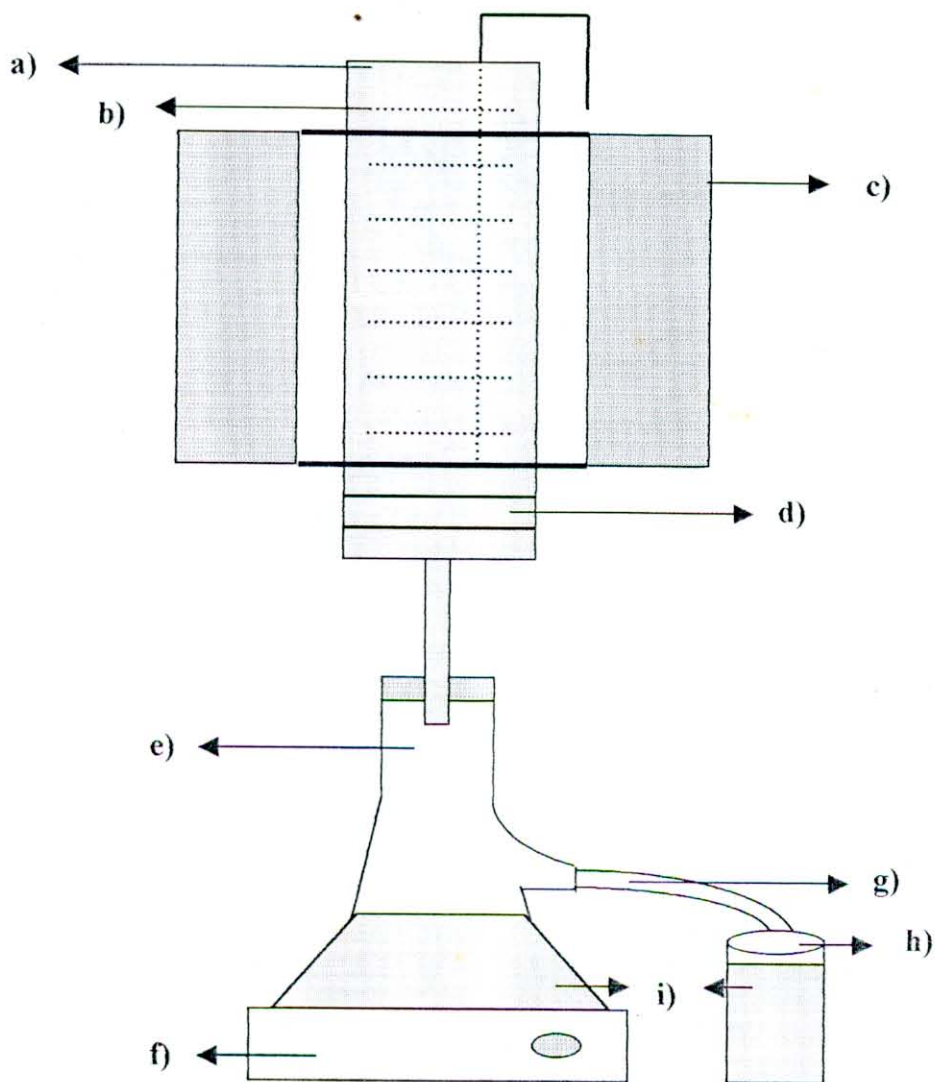
## Lampiran 8

Gambar desain alat

Gambar.22. Susunan Alat Kalsinasi

Keterangan:

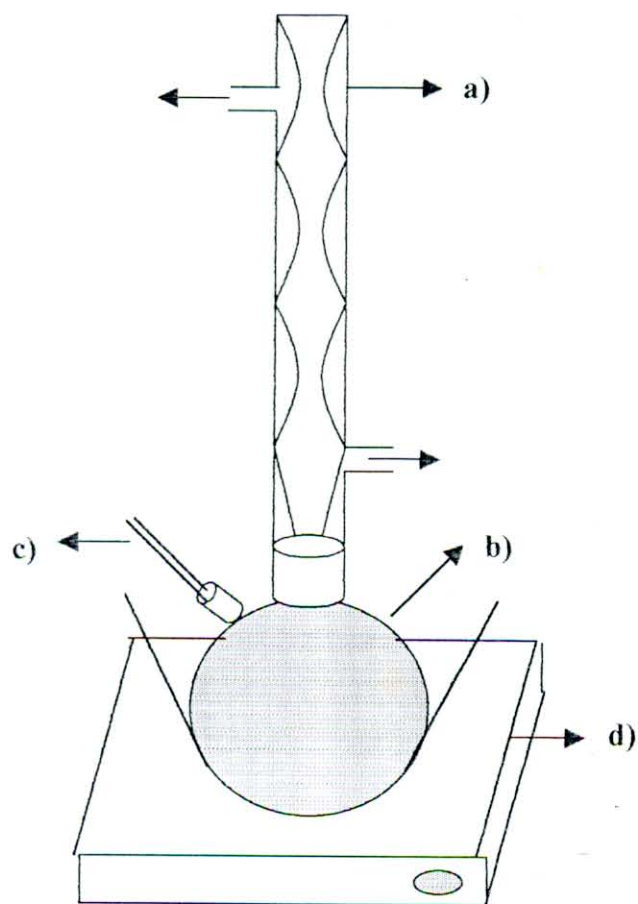
- a) Plat tempat zeolit
- b) Reaktor
- c) Furnace
- d) Glass wool
- e) Selang silicon



Gambar 23. Susunan Alat Hidrothermal

Keterangan:

- a) Plat tempat zeolit
- b) Reaktor
- c) Furnace
- d) Glass wool
- e) Erlenmeyer
- f) Pemanas listrik
- g) Selang silikon
- h) Beker gelas
- i) Air

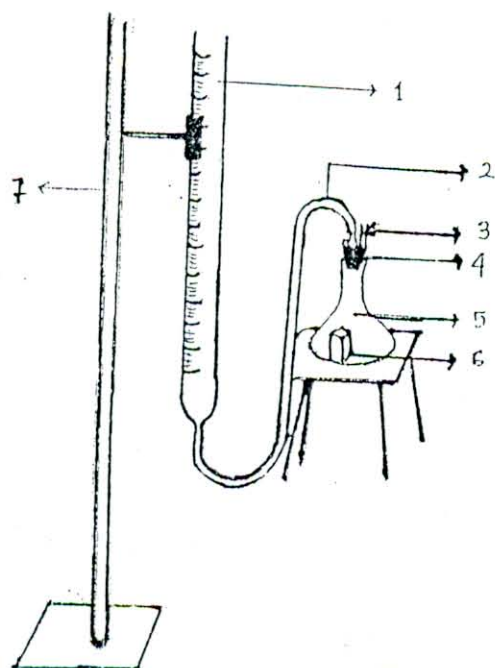


Gambar 24. Seperangkat Alat Refluks

Keterangan:

- a) Kondensor
- b) Labu Leher tiga
- c) Termometer
- d) Pemanas listrik





Gambar 25. Nitrometer

Keterangan :

- a. Buret
- b. Pipa plastik
- c. Kran
- d. Penyumbat
- e. Erlenmeyer
- f. Kuvet plastik
- g. Statif