

PENYINGKIRAN AMONIUM DARI LARUTAN
AKUA OLEH TUF VOLKANO & ZEOLIT

KUAN HSIAO CHING

DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI
IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PROGRAM KIMIA INDUSTRI
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

APRIL, 2007



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: PENYINGKIRAN AMONIUM DARI LARUTAN AIRAH OLEH
TUF VOLKANO & ZEOLIT

Ijazah: SARJANA MUDA DENGAN KEPUIAN - KIMIA INDUSTRI

SESI PENGAJIAN: 2004/2005

Saya KUAN HSIAO CHING
 (HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. **Sila tandakan (/)

SULIT

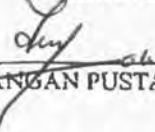
(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh



(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)


 (TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: P.O. BOX 47,
KAMPUNG BUBIT KAWANG,

98157 BEKENU, MIRI, SARAWAK

PROF. MADYA DR. MARCUS JOPONY
 Nama Penyalia

Tarikh: 11.04.07.

Tarikh: _____

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

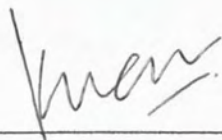
- ** Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu diklasikan sebagai SULIT dan TERHAD.

@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.



APRIL, 2007

KUAN HSIAO CHING
HS 2004-4340

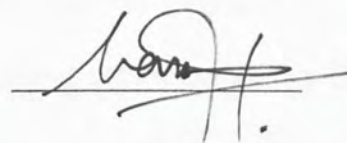


DIPERAKUKAN OLEH

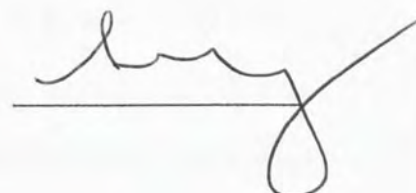
Tandatangan

1. PENYELIA

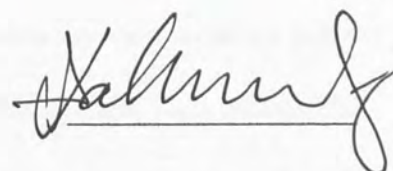
(Prof. Madya Dr. Marcus Jopony)

**2. PEMERIKSA 1**

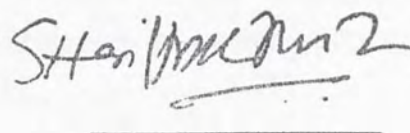
(Dr. How Siew Eng)

**3. PEMERIKSA 2**

(En. Jahimin Asik)

**4. DEKAN**

(SUPT/KS Prof. Madya Dr. Shariff A.K Omang)



PENGHARGAAN

Terlebih dahulu saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada penyelia saya, Prof Madya Dr. Marcus Jopony yang telah banyak membimbing dan memberi tunjuk ajar kepada saya sepanjang proses menyiapkan projek ini. Setinggi ucapan penghargaan dan terima kasih yang tidak terhingga kepada ibu bapa saya yang sentiasa memberi sokongan dari segi moral dan kewangan bagi menjayakan kajian ini. Tidak lupa juga kepada rakan-rakan saya yang terlibat dalam membantu saya menjayakan kajian ini. Ucapan penghargaan juga kepada pembantu-pembantu makmal iaitu Encik Samudi, Encik Sani dan Puan Zainab yang telah banyak membimbing dan membantu saya terutamanya dalam menyediakan bahan dan radas untuk tujuan ujikaji. Akhir sekali, saya juga mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan ribuan terima kasih dan setinggi penghargaan kepada mereka yang terlibat secara langsung mahupun secara tidak langsung dalam menjayakan projek ini.



ABSTRAK

Penyingkiran amonium dari larutan akua oleh tuf volkano tempatan telah dikaji pada keadaan masa dan kepekatan awal amonium yang berbeza berdasarkan kaedah kelompok. Kajian yang sama dilakukan menggunakan zeolit semulajadi untuk perbandingan. Kepekatan akhir amonium ditentukan berdasarkan kaedah timol. Hasil kajian menunjukkan proses jerapan adalah pantas dan menghampiri takat maksimum selepas 20 minit. Keseimbangan jerapan amonium, walau bagaimanapun, dicapai dalam tempoh 60 minit. Jerapan amonium mematuhi dengan baik model kinetik tertib pseudo kedua dan resapan intrapartikel, serta isoterma jerapan Freundlich dan Langmuir. Kapasiti jerapan maksimum tuf volkano dan zeolit ialah masing-masing 2500 $\mu\text{g/g}$ dan 3333 $\mu\text{g/g}$. Secara keseluruhannya, tuf volkano merupakan penjerap yang kurang cekap berbanding zeolit dalam penyingkiran ion amonium dari larutan akua.



*TITLE: REMOVAL OF AMMONIUM FROM AQUEOUS SOLUTION USING
VOLCANIC TUFF AND ZEOLITE*

ABSTRACT

The removal of ammonium ion from aqueous solution by locally available volcanic tuff was investigated at different contact time and initial ammonium concentration according to batch method. As comparison, a similar study was carried out using natural zeolite. The final ammonium concentration was determined according to the thymol method. The results showed that the adsorption process was rapid and approached maximum after 20 minutes. Equilibrium, however, was attained after 60 minutes. The adsorption fitted well with pseudo second order and intraparticle diffusion kinetic models, and to Freundlich and Langmuir isotherms. The maximum ammonium adsorption capacity of volcanic tuff and zeolite was 2500 $\mu\text{g/g}$ and 3333 $\mu\text{g/g}$, respectively. Overall, volcanic tuff is a less efficient adsorbent than natural zeolite for removal of ammonium ion from solution.



KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI FOTO	xiv
SENARAI SIMBOL/SINGKATAN/TATANAMA/ISTILAH	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kajian	2
1.3 Skop Kajian	3
BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN	4
2.1 Kitar Nitrogen: Sumber dan Transformasi	4
2.2 Punca Pencemaran Amonium	6
2.3 Kesan Pencemaran Amonium Terhadap Persekitaran Akuatik	7
2.4 Kaedah/teknologi Penyingkiran Amonium Dari Air Buangan	9
2.5 Zeolit	10



2.5.1	Jenis dan Komposisi Zeolit	10
2.5.2	Ciri-ciri Fizikal Zeolit	11
2.5.3	Ciri-ciri Kimia Zeolit	14
2.5.4	Kegunaan/Aplikasi Zeolit	15
2.6	Jerapan	17
2.6.1	Konsep Asas	17
2.6.2	Isoterma Jerapan	18
2.7	Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Penyingkiran $\text{NH}_4^+\text{-N}$ oleh Zeolit	20
2.7.1	Pengaruh Masa	20
2.7.2	Pengaruh Kepekatan Amonium	21
2.7.3	Pengaruh Saiz Partikel	21
2.7.4	Pengaruh pH	22
2.7.5	Pengaruh Suhu	23
2.7.6	Dos Zeolit	24
2.8	Mekanisme Penyingkiran Amonium oleh Zeolit	25
2.9	Bahan tuf	26
2.9.1	Ciri-ciri Bahan tuf	26
2.9.2	Kajian Jerapan Menggunakan Tuf	28
BAB 3	BAHAN DAN KAEDAH	29
3.1	Bahan Jerapan	29
3.1.1	Penjerap	29
3.1.2	Bahan Dijerap	30



3.2	Penyediaan Larutan	30
3.2.1	Larutan Stok Amonium	30
3.2.2	Larutan Kerja Amonium	32
3.2.3	Larutan Piawai Amonium	32
3.3	Eksperimen Jerapan	33
3.3.1	Pengaruh Masa Terhadap Jerapan	33
3.3.2	Pengaruh Kepekatan Ion NH_4^+ -N Terhadap Jerapan	34
3.4	Penentuan Kepekatan Ion NH_4^+ -N	36
3.4.1	Penyediaan Reagen	36
a.	Larutan Penimbal	36
b.	Larutan Natrium Hidroksida, 2.0 M	36
c.	Larutan Timol	37
d.	Larutan Nitroprusida	37
3.4.2	Penyediaan Graf Kalibrasi	38
3.4.3	Analisis Sampel	38
BAB 4 HASIL DAN PERBINCANGAN		39
4.1	Pengaruh Masa	39
4.2	Kinetik Jerapan	41
4.3	Pengaruh Kepekatan Awal Amonium	47
4.4	Pengaruh jenis penjerap	52
BAB 5 KESIMPULAN		54
RUJUKAN		55
LAMPIRAN		63



SENARAI JADUAL

		Muka surat
Jadual 2.1	Komposisi kimia zeolit semulajadi	11
Jadual 2.2	Formula dan sistem kristal zeolit semulajadi	13
Jadual 2.3	Contoh kajian penyingkiran amonium oleh zeolit	16
Jadual 3.1	Rekabentuk eksperimen pengaruh masa terhadap jerapan	34
Jadual 3.2	Rekabentuk eksperimen pengaruh kepekatan awal terhadap jerapan	35
Jadual 4.1	Data kinetik bagi penjerapan amonium pada tuf volkano dan zeolit	44
Jadual 4.2	Parameter isoterma Freundlich dan isoterma Langmuir bagi jerapan amonium pada tuf volkano dan zeolit	51
Jadual 4.3	Peratus dan amaun amonium terjerap pada tuf volkano dan zeolit pada kepekatan awal yang sama.	52



SENARAI RAJAH

		Muka surat
Rajah 2.1	Kitar Nitrogen	4
Rajah 2.2	Struktur asas zeolit	12
Rajah 2.3	Bentuk-bentuk khusus zeolit	12
Rajah 2.4	Gambarajah skematik bagi proses jerapan	17
Rajah 2.5	Kesan masa terhadap jerapan amonium pada klinoptilolit	20
Rajah 2.6	Pengaruh kepekatan awal terhadap jerapan amonium pada klinoptilolit semulajadi China	21
Rajah 2.7	Jerapan amonium pada klipnololit dengan saiz partikel yang berbeza	22
Rajah 2.8	Kesan pH terhadap jerapan amonium ke atas tuf volkano	23
Rajah 2.9	Kesan suhu ke atas penyingkiran amonium oleh zeolit semulajadi Turki	24
Rajah 2.10	Kesan dos zeolit semulajadi terhadap penyingkiran amonium	25
Rajah 2.11	Kelasifikasi tuf	25
Rajah 4.1	Hubungan antara peratus jerapan amonium pada tuf volkano dan zeolit dengan masa tindak balas ($[\text{NH}_4^+]_0 = 20 \mu\text{g/mL}$)	39
Rajah 4.2	Perubahan kepekatan amonium dengan masa	41



Rajah 4.3	Graf kinetik tertib pseudo pertama jerapan amonium pada tuf volkano	42
Rajah 4.4	Graf kinetik tertib pseudo pertama jerapan amonium pada zeolit	43
Rajah 4.5	Graf kinetik tertib pseudo kedua jerapan amonium pada tuf volkano	43
Rajah 4.6	Graf kinetik tertib pseudo kedua jerapan amonium pada zeolit	44
Rajah 4.7	Plot kinetik model resapan intrapartikel pada jerapan amonium pada tuf volkano	46
Rajah 4.8	Plot kinetik model resapan intrapartikel pada jerapan amonium pada zeolit	46
Rajah 4.9	Peratus jerapan amonium pada kepekatan awal berbeza	47
Rajah 4.10	Amaun amonium terjerap pada kepekatan awal berbeza	48
Rajah 4.11	Isoterma keseimbangan bagi penjerapan amonium pada tuf volkano dan zeolit	48
Rajah 4.12	Plot linear isoterma Freundlich bagi jerapan amonium pada tuf volkano	49
Rajah 4.13	Plot linear isoterma Freundlich bagi jerapan amonium pada zeolit	49



Rajah 4.14	Plot linear isoterma Langmuir bagi jerapan amonium pada tuf volkano	50
Rajah 4.15	Plot linear isoterma Langmuir bagi jerapan amonium pada zeolit	50



SENARAI FOTO

		Muka surat
Foto 3.1	Tuf volkano	29
Foto 3.2	Zeolit	30



SENARAI SIMBOL/SINGKATAN/TATANAMA/ISTILAH

μg	mikrogram
μm	mikrometer
mm	milimeter
mL	mililiter
g/mol	berat molekul
Q_e	amaun terjerap
X	kepekatan bahan dijerap
M	jisim bahan penjerap
C_e	kepekatan keseimbangan bahan dijerap
K_f, n	pemalar isoterma Freundlich
K	pemalar isoterma Langmuir
q_m	jerapan monolapisan maksimum
q_e	amaun terjerap pada keseimbangan
q_t	amaun terjerap pada masa t
k_1	pemalar kadar kinetik tertib pseudo pertama
k_2	pemalar kadar kinetik tertib pseudo kedua
k_d	pemalar kadar model resapan intrapartikel



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Sejak kebelakangan ini, terdapat banyak insiden pencemaran sungai di Malaysia akibat input efluen/sisa industri dan perbandaran (Basri & Yap, 2006). Salah satu jenis bahan pencemar yang mendapat perhatian ialah amonium-nitrogen, $\text{NH}_4^+\text{-N}$. Kehadiran $\text{NH}_4^+\text{-N}$ yang berlebihan dalam sumber air akan merosakkan persekitaran akuatik. Kepekatan amonium yang tinggi dalam air akan menyebabkan berlakunya fenomena eutrofikasi (Sarioglu, 2005). Kepekatan amonium yang tinggi juga toksik kepada ikan (Jorgensen & Weatherley, 2003). Sehubungan itu, demi mengawal kualiti persekitaran akuatik, efluen yang kaya dengan sebatian nitrogen, khususnya $\text{NH}_4^+\text{-N}$, perlu dirawat sebelum dilepaskan ke persekitaran.

Pelbagai kaedah/teknologi telah digunakan untuk tujuan ini, termasuklah kaedah biologi (Fu *et al.*, 2002), “air stripping” (Marttinen *et al.*, 2002), pengklorinan (Harp, 2003) dan jerapan (Demir *et al.*, 2002). Amnya, kaedah jerapan menggunakan bahan penjerap tertentu untuk berinteraksi dengan $\text{NH}_4^+\text{-N}$ dalam efluen. Penjerap yang banyak



digunakan ialah zeolit (Sheng & Chang, 1996; Singh & Prasad, 1997; Leakovic *et al.*, 2000). Zeolit ialah mineral aluminosilikat hidrat yang mempunyai kapasiti penukargantian kation yang tinggi. Sifat penukarganti kation ini adalah kerana zeolit mempunyai cas permukaan negatif.

Proses jerapan $\text{NH}_4^+\text{-N}$ oleh zeolit bergantung kepada faktor-faktor seperti jenis/punca zeolit (Wang *et al.*, 2006), masa (Karadag *et al.*, 2006), kepekatan $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (Sarioglu, 2005), dos zeolit (Saltah *et al.*, 2007) dan pH (Maranon *et al.*, 2006). Pada keseluruhannya, zeolit mempunyai keupayaan tinggi untuk menjerap $\text{NH}_4^+\text{-N}$. Selain zeolit, antara bahan lain yang telah dikaji sebagai penjerap $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ialah tuf volkano (Mihally-Cosmuta *et al.*, 2005). Sumber zeolit semulajadi tidak terdapat di Malaysia manakala sumber tuf volkano terdapat di negeri Sabah.

1.2 OBJEKTIF KAJIAN

Objektif kajian ini ialah:

- i) Untuk menentukan kesan masa terhadap jerapan amonium pada tuf volkano tempatan.
- ii) Untuk menentukan kesan kepekatan awal ion amonium terhadap jerapan amonium pada tuf volkano tempatan.
- iii) Untuk membandingkan keupayaan penyingkiran ion amonium oleh tuf volkano tempatan dengan zeolit semulajadi.



1.3 SKOP KAJIAN

Dalam kajian ini, penyingkiran $\text{NH}_4^+\text{-N}$ dari larutan akua secara jerapan pada sampel tuf volkano tempatan akan diberi tumpuan, dan dibandingkan dengan jerapan pada sampel zeolit semulajadi komersial. Eksperimen jerapan kelompok akan dilakukan pada masa tindakabalas dan kepekatan awal $\text{NH}_4^+\text{-N}$ yang berlainan. Kepekatan akhir $\text{NH}_4^+\text{-N}$ dalam larutan ditentukan dengan menggunakan kaedah timol dan serapan akan ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer.

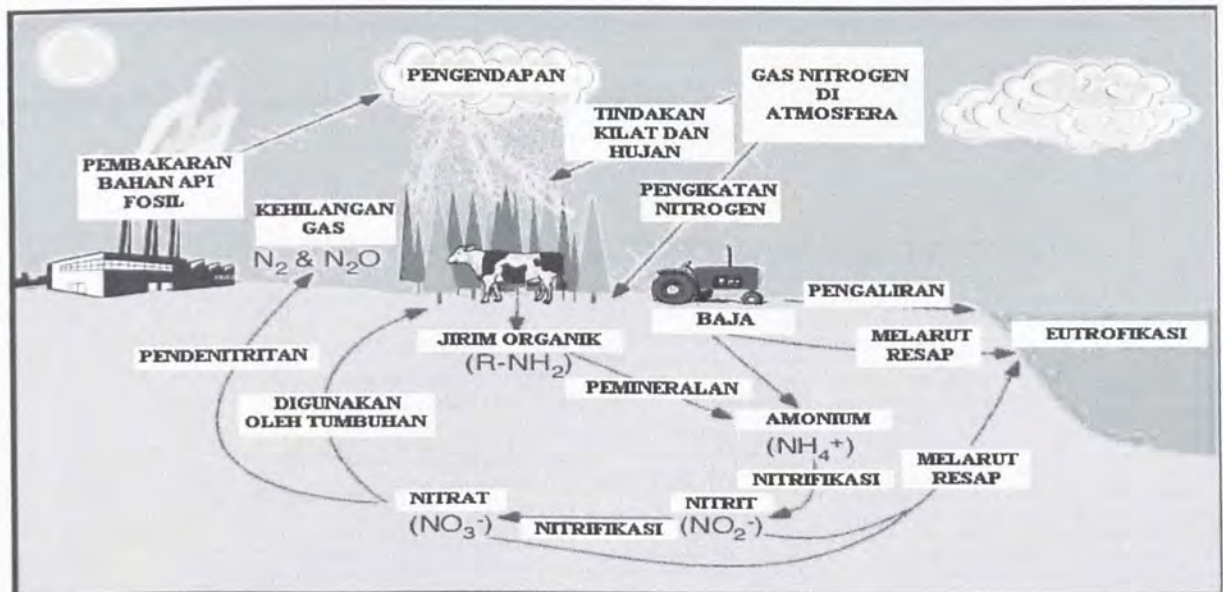


BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 KITAR NITROGEN: SUMBER DAN TRANSFORMASI

Kitar nitrogen adalah proses yang melibatkan pembentukan dan perubahan sebatian nitrogen di persekitaran melalui proses fizik, biologi dan kimia (Manuel & Molles, 2005). Sumber dan transformasi nitrogen dalam kitar nitrogen adalah ditunjukkan pada Rajah 2.1.

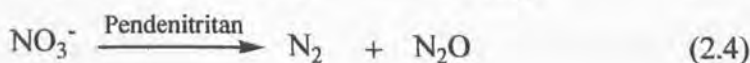
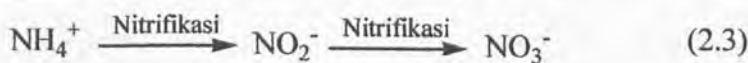
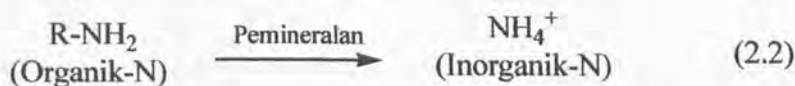
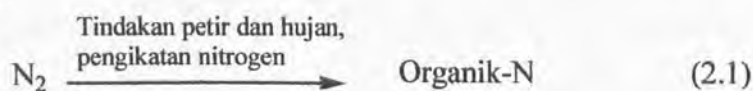


Rajah 2.1 Kitar Nitrogen

Melalui tindakan kilat dan hujan serta proses pengikatan nitrogen oleh bakteria pengikat nitrogen, gas nitrogen dari atmosfera akan ditukar ke dalam bentuk organik-N dan inorganik-N yang dapat digunakan oleh tumbuhan. Apabila tumbuhan dan haiwan mati dan mereput, jirim organik ($R-NH_2$) akan dihasilkan. Jirim organik ini seterusnya akan diuraikan kepada amonium (NH_4^+) melalui proses pemineralan dengan bantuan mikroorganisma heterotropik (Beeby, 1993). Penggunaan baja bernitrogen dalam aktiviti pertanian turut menyumbang kepada bekalan amonium (NH_4^+) dalam tanah. Amonium dalam tanah akan dioksidakan ke nitrit (NO_2^-) seterusnya nitrat (NO_3^-) dengan bantuan bakteria autotropik seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Nitrat yang dihasilkan akan digunakan oleh tumbuhan.

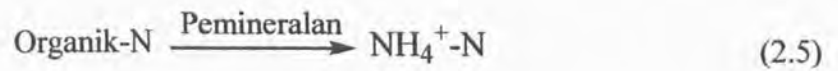
Sebatian nitrogen akan kembali ke atmosfera melalui proses pendennitritan dan juga pembakaran bahan api fosil. Proses pendennitritan ialah proses penguraian nitrat (NO_3^-) kepada gas nitrogen (N_2) dan gas dinitrogen oksida (N_2O). Sebatian nitrogen dalam persekitaran akuatik adalah disebabkan oleh pengaliran terus serta larut resap baja bernitrogen yang digunakan dalam aktiviti pertanian.

Transformasi-transformasi di atas diringkaskan seperti dalam persamaan (2.1 hingga 2.4) di bawah:



2.2 PUNCA PENCEMARAN AMONIUM

Efluen/sisa air dan air resapan (*leachate*) boleh mengandungi organik-N yang tinggi (Singh & Prasad, 1997; Sarioglu, 2005; Wang *et al.*, 2006). Organik-N ini akan diuraikan melalui proses pemineralan dengan bantuan mikroorganisma heterotropik untuk menghasilkan $\text{NH}_4^+\text{-N}$. Proses pemineralan yang berlaku ditunjukkan pada persamaan (2.5) berikut:



Selain itu, dalam keadaan tertentu $\text{NH}_4^+\text{-N}$ adalah sedia wujud dalam sisa air. Contoh-contoh air buangan yang boleh mengandungi $\text{NH}_4^+\text{-N}$ yang tinggi ialah air buangan perbandaran dan industri. Antara industri yang akan menghasilkan amonium sebagai bahan pencemar ialah industri kok, industri baja, industri “pharmaceutical”, industri makanan serta industri-industri “metal-finishing” (Singh & Prasad, 1997; Leakovic *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2003).

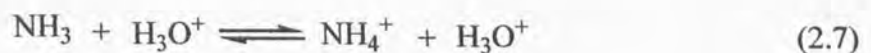
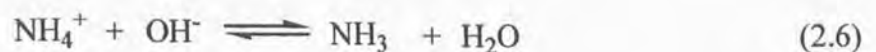
Penggunaan baja kimia bernitrogen seperti amonium sulfat dan amonium nitrat dalam aktiviti perladangan juga akan menyebabkan sumber air berdekatan seperti air sungai dan tasik tercemar dengan $\text{NH}_4^+\text{-N}$ apabila bahan kimia tersebut dilarut resapkan oleh air hujan. Di samping itu, penyaliran najis haiwan seperti najis khinzir dan sisa air tempat penyembelihan haiwan apabila dialirkan ke sumber air berdekatan turut menyebabkan pencemaran $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (Joo *et al.*, 2006). Air resapan “landfill” turut



mempunyai kepekatan $\text{NH}_4^+\text{-N}$ yang tinggi (Li *et al.*, 1999; Park *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2006).

2.3 KESAN PENCEMARAN AMONIUM DALAM PERSEKITARAN AKUATIK

Kuantiti $\text{NH}_4^+\text{-N}$ yang mencukupi adalah penting untuk pertumbuhan tumbuhan akuatik. Tetapi, apabila $\text{NH}_4^+\text{-N}$ wujud dalam kuantiti yang berlebihan, ia akan memberi kesan kepada hidupan akuatik. Dalam persekitaran akuatik, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ mencapai keseimbangan dengan gas amonia seperti dalam persamaan (2.6 hingga 2.7) berikut:



$\text{NH}_4^+\text{-N}$ akan menjadi bahan toksik kepada hidupan akuatik apabila wujud dalam bentuk amonia (NH_3). Amonia adalah amat toksik kepada kebanyakan spesis ikan, dimana kepekatan yang rendah (0.025 mg/l NH_3) mampu menyebabkan kematian ikan (Horan, 1990).

Kepekatan $\text{NH}_4^+\text{-N}$ yang tinggi juga akan menyebabkan berlakunya fenomena eutrofikasi (Du *et al.*, 2005; Sprynsky *et al.*, 2005; Karadag *et al.*, 2006). Input nutrien berlebihan, khususnya $\text{NH}_4^+\text{-N}$, ke dalam suatu sumber air akan menyebabkan pertumbuhan tumbuhan akuatik dan alga menjadi tidak terkawal. Ini akan meningkatkan biojisim dalam persekitaran akuatik. Apabila tumbuhan ini mati, oksigen terlarut yang



banyak diperlukan oleh bakteria pengurai dalam proses degradasi. Akibatnya, air akan kekurangan oksigen terlarut. Keadaan kekurangan oksigen ini akan mengakibatkan kesan buruk kepada hidupan akuatik terutamanya ikan (Ismail & Badri, 1992). Keadaan kekurangan oksigen turut akan berlaku apabila $\text{NH}_4^+\text{-N}$ dalam air dioksidakan kepada nitrat (NO_3^-) oleh bakteria penitritan. Amnya pengoksidaan 1 mg amonia kepada nitrat memerlukan 4.5 mg oksigen (O_2) terlarut (Horan, 1990).

Selain itu, kepekatan $\text{NH}_4^+\text{-N}$ yang tinggi turut akan mempengaruhi kualiti air minuman. Tahap $\text{NH}_4^+\text{-N}$ yang tinggi dalam air akan menyebabkan bau busuk. Seperti yang telah berlaku di Lembah Klang baru-baru ini, bekalan air paip yang dibekalkan didapati berbau busuk akibat daripada kepekatan $\text{NH}_4^+\text{-N}$ yang terlalu tinggi iaitu 9.2 mg/L berbanding dengan kadar selamat 1.5 mg/L (Basri & Yap, 2006).

Justeru itu, kawalan ke atas pencemaran $\text{NH}_4^+\text{-N}$ adalah amat penting. Antara langkah-langkah yang boleh diambil bagi mengatasi masalah pencemaran $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ialah perundangan dan juga teknologi bagi penyingkiran $\text{NH}_4^+\text{-N}$. Penguatkuasaan undang-undang termasuk pemantauan yang teliti serta tindakan tegas termasuk denda, menarik balik lesen operasi dan juga penjara ke atas mana-mana pihak yang dikenalpasti mencemarkan sumber-sumber air. Di Malaysia, langkah ini dilaksanakan oleh Jabatan Alam Sekitar (JAS) di bawah Akta Kualiti Alam Sekitar 1974.



RUJUKAN

- Allen, S. J., McKay, G. & Khader, K. Y. H., 1989. Equilibrium adsorption for basic dyes onto lignite. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* **45**: 291-302.
- Ames, L. L. 1960. The cation sieve properties of clinoptilolite. *Am. Miner* **45**: 689-700.
- Arabula-villazana, V., Solache-rios, M. & Olguin, M. L. 2006. Sorption of Cadmium from aqueous solutions at different temperatures by Mexican HEU-type zeolite rich tuff. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry* **55**: 237–245.
- Barros, M. A. S. D., Zola, A. S., Arroyo, P. A., Sousa-Aguiar, E. F. & Tavares, C. R. G. 2003. Binary ion exchange of metal ions in Y and X zeolites. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* **20** (04): 413-421.
- Basri, M. K. & Yap L. Y. 2006. Bertindak lebih serius: PM arah kuat kuasa elak pencemaran sungai, banjir kilat. *Utusan Malaysia*. 16 April, ms 1.
- Beeby, A. 1993. *Applying Ecology*. Chapman & Hall, London.
- Blackburn, H. W. & Dennen, H. W. 1994. *Principle of Mineralogy*. 2nd ed. Wm. C. Brow Publisher, New York.
- Bullard, F. M. 1976. *Volcanoes of the earth*. University of Texas press, New York.
- Cas, R. A. F. & Wright, J. V. 1992. *Volcanic Successions: modern and ancient*. Chapman & Hall, London.



- Chen, J. P., Chua, M. L. & Chang, B. 2002. Effect of competitive ions, humic acid, and pH on removal of ammonium ion and phosphorus from the synthetic industrial effluent by ion exchange resins. *Waste Management* **22**: 711-719.
- Christensen, M. H. & Herremoes, P. 1978. Nitrification and denitrification in wastewater treatment. *Water Pollution Microbiologi* **2**: 391-414.
- Cincotti, A., Lai, N., Orru, R., Cao, G. 2001. Sardinian natural clinoptilolites for heavy metals and ammonium removal: experimental and modeling. *Chemical Engineering Journal* **84**: 275-282.
- Dakavic, A., Tomasevic-Canovic, M., Rottinghaus, G., Dondur, V., Masic, Z. 2003. Adsorption of ochratoxin A on octadecyldimethyl benzyl ammonium exchanged-clinoptilolite-heulandite tuff. *Colloid and Surfaces B: Biointerfaces* **30**: 157-165.
- Deer, A., Howie, G. & Zussman, H. 1992. *An introduction to: The rock forming minerals*. 2nd ed. Prentice Hall Inc, China.
- Demir, A., Gunay, A., Debik, E. 2002. Ammonium removal from aqueous solution by ion-exchange using packed bed natural zeolite. *Water SA* **28**: 329-335.
- Du, Q., Liu, S., Cao, Z. & Wang, Y., 2005. Amonia removal from aqueous solution using natural Chinese clipnotilolit. *Separation and Purifiacation Technology* **44**: 229-234.
- Erdem, E., Karapinar, N. & Donat, R. 2004. The removal of heavy metal cations by natural zeolite. *Journal of Colloid and Interface Science* **280**: 309-314.
- Fu, L. Y., Wen, X. H., Xu, L. J. & Qian, Y. 2002. Removal of a copperphthalocyanine dye from wastewater by acclimated sludge under anaerobic or aerobic conditions. *Process Biochemistry* **37** (10): 1151-1157.



- Giese, R. F. & Vanoss, C. J. 2002. *Colloid and Surface properties of clay and Related Minerals*. Marcel Derker Inc, New York.
- Greensmith, J. T. 1989. *Petrology of the sedimentary rocks*. 7th ed. Unwin Hyman Ltd, London.
- Hankins, N. P., Pliankarom, S. & Hilal, N., 2004. An equilibrium ion-exchange study on the removal of NH_4^+ ion from aqueous effluent using clinoptilolite. *Separation Science Technology* **39** (15): 3639–3663.
- Harp, D. L. 2003. *A specific and effective method for controlling chloramination of waters*. Hach Company, New York.
- Horan, N. J. 1990. *Biological Treatment Systems: Theory and Operation*. John Willey & Sons, London.
- Ho, Y. S., Chiang, T. H. & Hsueh, Y. M. 2005. Removal of basic dye from aqueous solution using tree fern as a biosorbent, *Process Biochemistry* **40**: 119–124.
- Ho, Y. S. & McKay, G. 1999. Pseudo-second order model for sorption processes. *Process Biochemistry*: **34**: 451–465.
- Ji, Z., Yuan, J. & Li, X. 2007. Removal of ammonium from wastewater using calcium form clinoptilolit. *Journal of Hazardous Materials* **141**: 483–488.
- Joo, H. S., Hirai, M. & Shado, M. 2006. Piggery wastewater treatment using *Alcaligenes faecalis* strain No. 4 with heterotrophic nitrification and aerobic denitrification. *Water Research* **40**: 3029-3036.



- Jorgensen, T. C. & Weatherley, L. R. 2003. Ammonia removal from wastewater by ion exchange in the presence of organic contaminants. *Water Research* **37**: 1723-1728.
- Jung, J. Y., Shinb, H. S. & Sona, D. H. 2004. Enhanced ammonia nitrogen removal using consistent biological regeneration and ammonium exchange of zeolite in modified SBR process. *Water Rresearch* **38**: 347-354.
- Ismail, A. & Badri, M. A. 1992. *Ekologi Air Tawar*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Karadag, D., Yunus, K., Mustafa, T. & Armagan, B. 2006. Removal of ammonium ion from aqueous solution using Turkish cliptitolilit. *Journal of Hazardous Materials* **136** (B): 604-609.
- Krestou, A., A. Xenidis, A. & Panyas, D. 2003. Mechanism of aqueous uranium (VI) uptake by natural zeolitic tuff. *Mineral engineering* **16**: 1363-1370.
- Lagrega, M. D., Buckingham, P. L. & Evans, J. C. 1994. *Environment Resources Management Group*. McGraw Hill Inc, Singapore.
- Leakovic, S., Mitjatovic, I., Cerjan-Stefanovic, S. & Hodzic, E. 2000. Nitrogen removal from fertilizer wastewater by ion exchange. *Water Research* **34** (1): 185-190.
- Lee, J. H., Nam, H. U., Park, T. J. 1999. Removal of nitrogen and phosphorus using a new biofilm process—INRS (innovative nutrient removal system). *Korean Journal Chemical Engineering* **16** (3): 303-307.
- Levine, I. N. 1995. *Physical chemistry*. 4th ed. McGraw-Hill Inc, New York.



- Li, X. Z., Zhao, Q. L. & Hao, X. D. 1999. Ammonium removal from landfill leachate by chemical precipitation. *Waste Management* **19**: 409–415.
- Li, Y. M., Gu, G. W., Zhao, J. F., Yu, H. Q., Qiu, Y. L. & Peng, Y. Z. 2003. Treatment of coke-plant wastewater by biofilm systems for removal of organic compound and nitrogen. *Chemosphere* **52**: 997-1005.
- Manuel, C. & Molles, J. 2005. *Ecology: Concept and Application*. 3rd Ed. McGraw Hill Inc, New York.
- Maranon, E., Ulmanu, M., Fernandez, Anger, I. & Castrillon, L. 2006. Removal of ammonium from solutions with volcanic tuff. *Journal of Hazardous Materials* **137** (B): 1402-1409.
- Martinen, S. K., Kuttunen, R. H., Sormunen, R. M., Soimasao, R. M. & Rintala, J. A. 2002. Screening of physical–chemical methods for removal of organic material, nitrogen and toxicity from low strength landfill leachates. *Chemosphere* **46**: 851-858.
- Mihaly-Cozmuta, L., Visan, T., Mihaly-Cozmuta, A., Varga, C., Viman, V. & Vatca, G. 2005. Energetic aspects related to heavy metals adsorption on the surface of volcanic tuff. I. The influence of activation parameters in Cu^{2+} adsorption. *American Journal of Environmental Sciences* **1** (2): 159-163.
- Miladinovic, N., Weatherley, L. R. & Lopez-ruiz, J. L. 2004. Ammonia removal from saline wastewater by ion exchange. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus* **4**: 169-177.



- Nam, H. U., Lee, J. H., Kim, Y. O., Kim, Y. G. & Park, T. J. 1998. Comparison of COD, nitrogen and phosphorus removal between anaerobic/anoxic/aerobic and anoxic/aerobic fixed biofilm reactor using SAC (synthetic activated ceramic) media. *Korean Journal Chemical Engineering* **15** (4): 429–433.
- Okumara, M., Fujinaga, K., Seike, Y. & Honda, S. 1999. A simple and rapid visual method for the determination of ammonia nitrogen in environmental waters using thymol. *Frensus Journal Analytical Chemistry* **365**: 467–469.
- Ozcan, A. S., Erdem, B. & Ozcan, A. 2004. Adsorption of acid blue 193 from aqueous solutions onto Na-bentonite and DTMA-bentonite. *Journal Colloid Interface Science* **280**: 44–54.
- Park, J. B., Lee, S. H. & Lee, C. Y. 2002. Lab scale experiments for permeable reactive barriers against contaminated groundwater with ammonium and heavy metals using clinoptilolite (01-29B). *Journal of Hazardous Materials* **95** (B): 65–79.
- Rozic, M., Cerjan-Stefanovic, S., Kurajica, S., Vannica, V. & Hodzic, E. 2000. Ammoniacal nitrogen removal from water by treatment with clay and zeolites. *Water Research* **34** (14): 3675–3681.
- Saltah, K. Sari, A. & Aydin, M. 2007. Removal of ammonium from aqueous solution by natural Turkish (Yildzeli) zeolite for environment quality. *Journal of Hazardous Materials* **141**: 258–263.
- Sarioglu, M. 2005. Removal of ammonium from municipal wastewater using natural Turkish (Dogantepe) zeolite. *Separation and Purification Technology* **41**: 1–11.
- Shelley, D. 1993. *Igneous and methamorphic rocks under the microscope: classification, textures, microstructures and mineral preferred orientations*. Chapman & Hall, London.



- Sheng, H. L. & Chang, L. W. 1996. Ammonia removal from aqueous solution by ion exchange. *Ind. Eng. Chem. Res.* **35**: 353–358.
- Singh, G. & Prasad, B. 1997. Removal of ammonium from coke-plant by using synthetic zeolite. *Water Environment Research* **69** (2): 157-161.
- Sinkankas, J. 1964. *Mineralogy*. Van Nostrand Company, New York.
- Sprynskyy, M., Lebedynets, M., Zbytniewski, R., Namiesnik, J., Buszewski, B. 2005. Ammonium removal from aqueous solution by natural zeolite, Transcarpathian mordenite, kinetics, equilibrium and column test. *Journal of Separation and Purification Technology* **46**: 155-160.
- Trgo, M. & Peric, J. 2003. Interaction of the zeolitic tuff with Zn-containing simulated pollutant solutions. *Journal of Colloid and Interface Science* **260**: 166-175.
- Wang, Y., Lin, F. & Pang, W. Q. 2006. Ammonium exchange in aqueous solution using natural clinoptilolite and modified zeolite. *Journal of Hazardous Materials. In Press*.
- Wang, Y., Liu, S., Xu, Z., Han, T., Chuan, S. & Zhu, T. 2006. Ammonia removal from leachate solution using natural Chinese Clinoptilolite. *Journal of Hazardous Materials* **136** (B): 735-740.
- Wen, D., Ho, Y. & Tang, X. 2006. Comparative sorption kinetic studies of ammonium onto zeolite. *Journal of Hazardous Materials* **133** (B): 252-256.



Zeledon-Toruno, Z., Lao-Luque, C. & Sole-Sardans, M. 2005. Nickel and copper removal from aqueous solution by an immature coal (leonardite): effect of pH, contact time and water hardness. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* **80**: 649-656.

