

156993

4000008891



HADIAH

CIRI-CIRI PERTUKARAN KATION OLEH H-ZEOLIT DALAM LARUTAN
AKUAS LOGAM DAN SALIRAN ASID LOMBONG

NUR BAINI BT. DZULKIFLI

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

PERPUSTAKAAN UMS



1400008891

April 2006



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

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

28 APRIL 2006

PUMS99:1


BT DZULKIFLI

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: CIRI - CIRI PERTUKARAN KATION OLEH H-ZEOLIT DALAM LARUTAN
AKUAS LOGAM DAN SALIRAN ASID LOMBONG (AMD)

PELAKSANA: SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN.

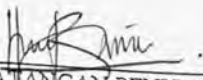
NAMA: NUR BAINI BT - DZULKIFLI (HURUF BESAR) SESI PENGAJIAN: 03/04

Tesis ini dibenarkan disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

- Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
- Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
- Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
- 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 PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat: 3454 TAMAN INDAH
73 000 TAMPIN
NEGERI SEMBILAN

PROF MADYA DR. MARCUS SOPONY
Nama Penyelia

08/4/06

Tarikh: 08/4/06

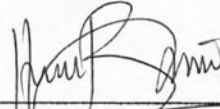
NOTA: - *Potong yang tidak berkenaan.
**Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.
@Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan 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.

28 APRIL 2006



NUR BAINI BT DZULKIFLI

HS 2003-3009

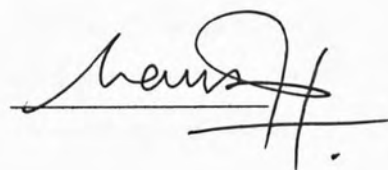


DIPERAKUKAN OLEH

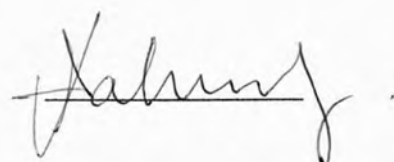
Tandatangan

1. PENYELIA

(PROF MADYA DR. MARCUS JOPONY)

**2. PEMERIKSA 1**

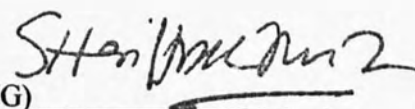
(EN. JAHIMIN ASIK)

**3. PEMERIKSA 2**

(DR. SUHAIMI MD YASIR)

**4. DEKAN**

(SUPT/KS PROF MADYA DR. SHARIFF A.K.A OMANG)



PENGHARGAAN

Saya ingin merakamkan ucapan terima kasih dan setinggi-tinggi penghargaan kepada penyelia saya Prof Madya Dr. Marcus Jopony di atas kesudiannya memberi tunjuk ajar dan panduan dalam menghasilkan disertasi ini. Tidak lupa juga kepada keluarga dan En Jahimin B. Asik di atas kesudian beliau memberikan nasihat dalam memperbaiki lagi penulisan saya . Akhir sekali kepada semua yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam proses penghasilan disertasi ini.



ABSTRAK

Ciri pertukaran kation oleh H-Zeolit dalam larutan akuas logam dan saliran asid lombong (AMD) telah dikaji. Kepekatan akhir logam (kuprum dan zink) ditentukan dengan menggunakan spektroskopi serapan atom (AAS). Hasil kajian mendapati jerapan ion Cu^{2+} dan Zn^{2+} oleh H-Zeolit melibatkan pelepasan ion H^+ ke dalam larutan menerusi proses pertukaran kation. Jerapan Cu^{2+} adalah lebih tinggi dari Zn^{2+} dan ini menunjukkan H-Zeolit mempunyai kepilihan yang tinggi terhadap Cu^{2+} . Walaubagaimanapun, jerapan kuprum berkurang dalam kehadiran Zn^{2+} dan ion-ion logam lain (seperti di dalam kes AMD). Keberkesanan penyingkiran ion Cu^{2+} adalah 26.39% dalam larutan tunggal, 18.67% dalam AMD dan 16% dalam larutan campuran kuprum-zink. Bagi Zn pula, keberkesanan penyingkiran adalah 43.06% dalam larutan tunggal dan 17.52% dalam AMD.



ABSTRACT

The cation exchange characteristic of H-Zeolite in aqueous metal solution and acid mine drainage (AMD) have been studied. The final metal (copper and zinc) concentration was determined using Atomic Absorption Spectrometer (AAS). The results showed that the adsorption of Cu^{2+} and Zn^{2+} by H-Zeolite involved the release of H^+ into solution due to cation exchange process. Comparatively, the adsorption of $\text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$, indicating a greater selectivity of H-Zeolite for Cu^{2+} . The adsorption of Cu^{2+} , however, decreased in the presence of Zn^{2+} , and other metal ions (as in the case of AMD). The removal efficiency of Cu^{2+} was 26.39% in single metal solution, 18.67% in AMD and 16% in dual metal solution. Comparatively, the removal efficiency of Zn^{2+} is 43.06% in single metal solution and 17.52% in AMD.



KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI SIMBOL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kajian	2
1.3 Skop Kajian	2
BAB 2 ULASAN LITERATUR	3
2.1 Tindakbalas Pertukaran Ion	3
2.1.1 Definasi dan konsep asas	3
2.1.2 Kepilihan kation	4



2.2	Zeolit	6
2.2.1	Jenis dan kegunaan zeolit	6
2.2.2	Struktur zeolit	7
2.2.3	Ciri cas permukaan zeolit	9
2.3	Pertukaran Kation Oleh Zeolit	11
2.3.1	Komposisi larutan	11
2.3.2	pH larutan	12
2.3.3	Kinetik tindakbalas	13
2.4	Siri Kepilihan Logam Oleh Zeolit	14
2.5	Saliran Asid Lombong	15
2.5.1	Ciri-ciri saluran asid lombong	16
BAB 3	BAHAN DAN KAEDAH	19
3.1	Bahan Kimia dan Alat Radas	19
3.2	Zeolit dan Penyediaan H-Zeolit	20
3.3	Larutan Logam	20
3.3.1	Penyediaan larutan stok Cu (1000 µg/mL)	20
3.3.2	Penyediaan larutan stok Zn (1000 µg/mL)	21
3.3.3	Penyediaan larutan piawai Cu	21
3.3.4	Penyediaan larutan piawai Zn	22
3.3.5	Penyediaan larutan kerja Cu (50 µg/mL)	22
3.3.6	Penyediaan larutan kerja Zn (10 µg/mL)	22
3.3.7	Penyediaan larutan kerja campuran Cu (50 µg/mL) dan Zn (10 µg/mL)	23



3.4	Sampel Saliran Asid Lombong (AMD)	23
3.5	Eksperimen Pertukaran Ion	23
3.5.1	Pertukaran kation sistem H-Zeolit dan larutan kawalan	23
3.5.2	Pertukaran kation sistem H-Zeolit dan larutan Cu^{2+} bagi masa tindakbalas yang berbeza	24
3.5.3	Pertukaran kation sistem H-Zeolit dan larutan Cu^{2+} bagi berat H-Zeolit yang berlainan	25
3.5.4	Pertukaran kation sistem H-Zeolit dan larutan Zn^{2+}	25
3.5.5	Pertukaran kation sistem H-Zeolit dan larutan Cu^{2+} - Zn^{2+}	25
3.5.6	Pertukaran kation sistem H-Zeolit dan logam Cu^{2+} dan Zn^{2+} dalam AMD	25
3.6	Penentuan pH	26
3.7	Analisis Kepekatan Logam Cu dan Zn dengan AAS	26
3.7.1	Spesifikasi instrumen	26
3.7.2	Penyediaan graf kalibrasi	27
3.7.3	Pengiraan	27
BAB 4	HASIL DAN PERBINCANGAN	28
4.1	Kepilihan Ion	28
4.1.1	Larutan kuprum	28
4.1.2	Larutan zink	31
4.1.3	Larutan campuran kuprum-zink	34
4.1.4	Larutan AMD	36
4.2	Pengaruh Jumlah Bahan Penjerap	39



4.3	Kinetik Tindakbalas	41
BAB 5	KESIMPULAN	45
	RUJUKAN	46
	LAMPIRAN	53



SENARAI JADUAL

Nombor Jadual		Muka surat
Jadual 2.1	Kandungan dan kapasiti pertukaran ion bagi sebahagian zeolit semulajadi dan sintetik	10
Jadual 2.2	Hasil kajian siri kepilihan zeolit terhadap logam berat	15
Jadual 2.3	Menunjukkan kandungan kepekatan logam (mg/L) dan pH dari pelbagai lombong	18
Jadual 3.1	Senarai bahan kimia yang digunakan	19
Jadual 3.2	Senarai alat radas yang digunakan	20
Jadual 3.3	Skema ujikaji pertukaran kation H-Zeolit dan Cu ²⁺	24
Jadual 3.4	Spesifikasi instrumen	26
Jadual 4.1	Perubahan amaun terjerap kuprum dan amaun H ⁺ yang dilepaskan pada masa tindakbalas yang berlainan	30
Jadual 4.2	Perubahan amaun terjerap zink dan amaun H ⁺ yang dilepaskan pada masa tindakbalas yang berlainan	31
Jadual 4.3	Perubahan amaun terjerap kuprum dan amaun H ⁺ yang dilepaskan pada masa tindakbalas yang berlainan	34
Jadual 4.4	Perubahan amaun terjerap kuprum, zink dan amaun H ⁺ yang terbebas pada masa tindakbalas yang berlainan	37
Jadual 4.5	Perubahan amaun kuprum terjerap dn amaun H ⁺ yang dilepaskan pada berat zeolit yang berlainan.	40



SENARAI RAJAH

Nombor Rajah		Muka Surat
Rajah 2.1	Stuktur rangka zeolit dalam bentuk dua dan tiga dimensi	7
Rajah 2.2	Kombinasi <i>secondary building unit</i> (SBU) yang membentuk alur dan rongga dalam zeolit	8
Rajah 4.1	Graf jerapan kuprum melawan masa	29
Rajah 4.2	Graf amaun H^+ dilepaskan melawan masa	29
Rajah 4.3	Graf amaun H^+ dilepaskan melawan amaun terjerap Cu	31
Rajah 4.4	Graf jerapan zink melawan masa	32
Rajah 4.5	Graf amaun H^+ dilepaskan melawan masa	32
Rajah 4.6	Amaun terjerap zink melawan amaun H^+ dilepaskan	34
Rajah 4.7	Graf jerapan kuprum melawan masa	35
Rajah 4.8	Graf amaun H^+ dilepaskan melawan masa	35
Rajah 4.9	Graf kepekatan larutan AMD (Cu) melawan masa	38
Rajah 4.10	Graf kepekatan larutan AMD (Zn) melawan masa	39
Rajah 4.11	Graf amaun H^+ dilepaskan melawan masa	39
Rajah 4.12	Graf amaun terjerap kuprum melawan berat zeolit	40
Rajah 4.13	Graf amaun H^+ dilepaskan melawan berat zeolit	41
Rajah 4.14	Graf tertib tindakbalas pertama kuprum dalam larutan tunggal	42
Rajah 4.15	Graf tertib tindakbalas pertama zink dalam larutan tunggal	42
Rajah 4.16	Graf tertib tindakbalas kuprum dalam larutan kuprum-zink	43
Rajah 4.7	Graf tertib tindakbalas pertama kuprum dalam larutan saliran asid lombong	43
Rajah 4.18	Graf tertibtindakbalas pertama zink dalam larutan saliran Asid lombong	44

SENARAI SIMBOL

AAS	Spektroskopi serapan atom
K_c	Koefisi kepilihan
q_e	Amaun yang terjerap pada keseimbangan
q_t	Amaun yang terjerap pada masa t
C_o	Kepekatan awal
C_f	Kepekatan akhir
V	Isipadu larutan
H^+_f	Jumlah akhir H^+ dalam larutan
H^+_I	Jumlah awal H^+ dalam larutan
H_2SO_4	Asid Sulfurik
$FeSO_4$	Ferum (II) Sulfat
$MnSO_4$	Mangan Sulfat
SiO_4	Silika Oksida
AlO_4	Aluminium Oksida
Ba	Barium
Sr	Strontium
Ca	Kalsium
Mg	Magnesium
Na	Natrium
Ka	Kalium
Cu	Kuprum
Zn	Zink
Al^{3+}	Ion Aluminium



Si^{4+}	Ion Silikon
Na^{+}	Ion Natrium
Pb^{2+}	Ion Plumbum
Cd^{2+}	Ion Kadmium
Ni^{2+}	Ion Nikel
Cr^{3+}	Ion Kromium
Fe^{3+}	Ion Ferum
Cu^{2+}	Ion Kuprum
Zn^{2+}	Ion Zink



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Pertukaran ion adalah satu proses berbalik melibatkan ion dalam fasa larutan dan ion dalam fasa pepejal. Pepejal yang terlibat adalah dikenali sebagai penukar ion (Kemmer, 1998). Sekiranya ion yang terlibat adalah bercas negatif, pepejal berkaitan ialah penukar kation (Tan, 1993). Sesuatu penukar kation ialah bahan yang mempunyai tapak bercas negatif pada permukaannya dan mengambil ion yang bercas positif manakala penukar anion ialah bahan yang mempunyai tapak bercas positif dan mengikat ion yang bercas negatif. Amnya proses pertukaran kation dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti valensi ion (Inglezakis *et al.*, 2003), nombor atom (Kemmer, 1998) dan jejari ion terhidrat (Tangkanawit *et al.*, 2005).

Zeolit merupakan sejenis mineral filosilikat semulajadi yang mempunyai kapasiti pertukaran kation yang tinggi (Sheta *et al.*, 2003). Zeolit sering digunakan dalam pelbagai aplikasi termasuklah dalam rawatan air (Dyer *et al.*, 2004). Ini berkait rapat dengan ciri zeolit sebagai bahan penukar kation (Inglezakis *et al.*, 2003). Mineral ini berinteraksi dengan ion logam melalui proses pertukaran ion (Al-Haj & El-Bishtawi, 1997).



Tiga ciri utama proses pertukaran ion ialah kinetik pertukaran, kapasiti pertukaran dan kepilihan ion. Kinetik pertukaran ion melibatkan masa yang diperlukan untuk tindakbalas pertukaran ini mencapai keadaan keseimbangan manakala kapasiti merujuk kepada jumlah ion yang dapat ditukarkan per unit berat bahan penukar ion. Kepilihan kation pula adalah merujuk kepada turutan keutamaan penukar ion terhadap ion-ion dalam larutan (Ouki *et al.*, 1994).

1.2 Objektif

Objektif kajian ini adalah:

- a) Untuk menguji pertukaran ion antara H-Zeolit dengan ion Zn^{2+} dan Cu^{2+} dalam larutan.
- b) Untuk membandingkan kepilihan H-Zeolit terhadap ion Zn^{2+} dan Cu^{2+} .

1.3 Skop Kajian

Dalam kajian ini ciri pertukaran kation oleh mineral H-Zeolit adalah diberi tumpuan. Terlebih dahulu H-Zeolit disediakan daripada zeolit semulajadi secara prarawatan dengan larutan asid. Seterusnya H-Zeolit ditindakbalas dengan larutan yang mengandungi larutan tunggal Cu^{2+} atau Zn^{2+} , dan larutan yang mengandungi kedua-dua ion logam. Kepekatan akhir ion Cu^{2+} dan Zn^{2+} dalam larutan adalah ditentukan menggunakan alat AAS, sementara nilai pH akhir larutan ditentukan dengan pH meter.

BAB 2

ULASAN LITERATUR

2.1 Tindakbalas Pertukaran Ion

2.1.1 Definisi dan Konsep Asas

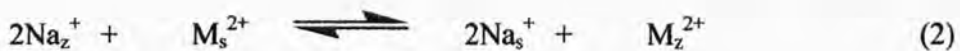
Tindakbalas pertukaran ion boleh didefinisikan sebagai tindakbalas pertukaran berbalik antara ion pada fasa pepejal, iaitu penukar ion, dengan ion dalam fasa cecair (Kemmer, 1998). Tindakbalas pertukaran ion adalah satu proses stoikiometri di mana satu ion di dalam penukar ion digantikan oleh satu ion daripada larutan. Penukar ion terbahagi kepada dua jenis iaitu penukar kation dan penukar anion. Penukar kation ialah bahan yang mempunyai tapak bercas negatif pada permukaannya dan berinteraksi dengan ion yang bercas positif, manakala penukar anion ialah bahan yang mempunyai tapak bercas positif dan berinteraksi dengan ion yang bercas negatif.

Apabila suatu penukar ion, misalnya M^+A^- yang membawa kation A^+ sebagai ion yang bertukar, diletakkan di dalam larutan akuas yang mengandungi kation B^+ , pertukaran kation antara ion A^+ dan B^+ akan berlaku. Tindakbalas pertukaran kation tersebut boleh digambarkan melalui persamaan berikut (Kemmer, 1998):





Dalam tindakbalas di atas, M^- adalah satu anion tetap yang tidak larut yang merupakan pelengkap kepada penukar kation M^+A^+ . Kation A^+ dan B^+ adalah ion lawan (*counter-ions*). Ion yang mempunyai cas yang sama dengan '*fixed anion*' (M^-) iaitu pada penukar ion dikenali sebagai '*co-ions*'. Sewaktu proses pertukaran berlaku, jumlah '*counter-ion*' yang bertukar adalah dalam keadaan setara. Jika jumlah kation B^+ yang terikat kepada M^- adalah satu, maka jumlah kation A^+ yang akan terkeluar juga akan bernilai satu. Bagi pertukaran ion berganda, iaitu melibatkan kation monovalen (contohnya Na^+) dan kation divalent (contohnya Cu^{2+} , Cd^{2+}). Tindakbalas pada keseimbangan adalah seperti berikut:



di mana z dan s merujuk kepada fasa pepejal dan fasa larutan. Pertukaran ion pada keadaan keseimbangan dinyatakan dalam bentuk koefisien kepilihan (K_c) dalam bentuk persamaan berikut (Patnaik, 2004):

$$K_c = \frac{[A^+]_M [B^+]_s}{[B^+]_M [A^+]_s} \quad (3)$$

2.1.2 Kepilihan Kation

Perbezaan kepilihan logam oleh suatu penukar kation adalah dipengaruhi oleh bahan yang digunakan sebagai penukar ion, teknik eksperimen yang digunakan dan juga komposisi larutan yang digunakan. Kehadiran pelbagai jenis logam di dalam larutan

akan membawa kepada kepilihan yang berlainan terhadap ion logam (Inglezakis *et al.*, 2003). Proses pertukaran kation antara lain bergantung kepada jenis dan ciri kation yang terlibat. Secara amnya, penukar kation menunjukkan ciri kepilihan terhadap kation dalam larutan di atas faktor-faktor seperti valensi ion, nombor atom dan jejari ion terhidrat (Kemmer, 1998). Kepilihan kation meningkat dengan meningkatnya valensi ion iaitu $3 > 2 > 1$. Apabila valensi ion meningkat, ini bermakna tarikan cas nukleus berkesan terhadap elektron di petala terluar meningkat. Oleh itu saiz ion menjadi kecil dan memudahkan ion tersebut untuk masuk dan membuat ikatan di tapak jerapan (Ibrahim, 1994).

Bagi ion yang mempunyai valensi yang sama, kepilihan bergantung kepada faktor jejari ion terhidrat (Tan, 1993). Zeolit menunjukkan kepilihan terhadap jejari ion terhidrat yang lebih kecil. Ion dengan jejari terhidrat yang kecil mempunyai rangka hidrasi yang kecil dan lebih mudah bergerak ke permukaan bahan penukar. Ion ini seterusnya akan dijerap oleh bahan penukar memandangkan tenaga serapannya semakin menurun (Purbayanti *et al.*, 1995). Kepilihan juga turut dipengaruhi oleh ciri pengsolwatan ion. Penukar ion menunjukkan afiniti terhadap ion yang mempunyai jejari ion tersolvat yang kecil. Jika ion mempunyai jejari ion terhidrat yang besar, lebih banyak tenaga diperlukan untuk menanggalkan rangka luar solvatan yang mengelilingi ion.

Peningkatan nombor atom juga meningkatkan kepilihan terhadap sesuatu ion. Contohnya kepilihan kation meningkat dari $Ba > Sr > Ca > Mg$ dalam kumpulan IIA jadual berkala. Ba mempunyai nombor atom 56 diikuti Sr (38), Ca (20) dan Mg (12)

(Hein, 1986). Selain itu, kadar pengambilan sesuatu ion dalam bahan penukar juga berkadar dengan kepekatan ion tersebut (Gougar *et al.*, 2005).

2.2 Zeolit

2.2.1 Jenis dan Kegunaan Zeolit

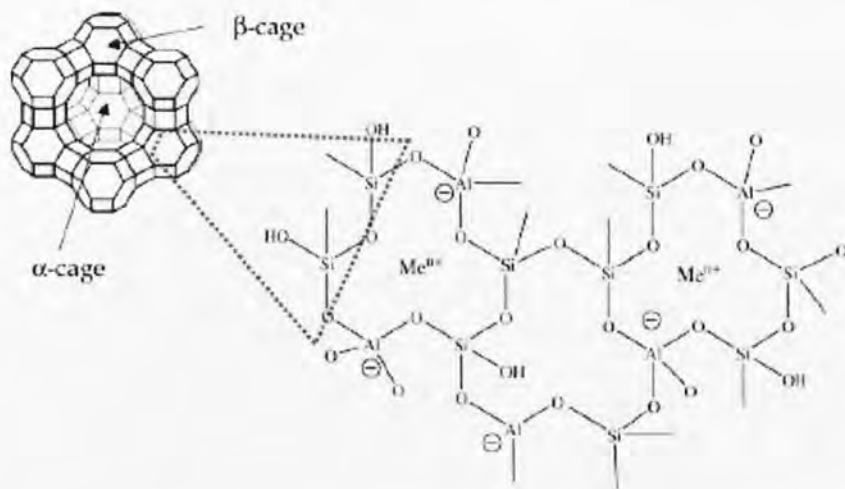
Zeolit tergolong dalam kumpulan mineral jenis tektosilikat (Erdem *et al.*, 2004) dan lebih daripada 50 spesis telah dikenal pasti (Trgo & Perić, 2003). Kepelbagaian jenis zeolit adalah disebabkan oleh perbezaan bagaimana tetrahedral terikat dalam ruang satu, dua atau tiga dimensi dan juga penggantian jenis ion di ruang yang sempit di dalam struktur zeolit (Ouki *et al.*, 1994). Susunan ini yang menyumbang kepada ciri-ciri kimia dan fizikal bagi zeolit. Tujuh jenis zeolit yang tulen dan wujud dalam kuantiti yang banyak serta mencukupi untuk dieksploitasi ialah kabazit, klinoptilolit, eronit, ferririt, filipsit, mordenit serta analcime (Ouki *et al.*, 1994).

Zeolit yang telah denyahair digunakan sebagai agen pengering kerana ia akan menyerap air untuk mendapatkan semula keadaan koordinasi asalnya yang tinggi. Selain itu, zeolit juga boleh berfungsi sebagai penjerap (Hui *et al.*, 2005). Oleh kerana zeolit yang terhidrat mempunyai struktur poros yang terbuka, ia mempunyai luas permukaan yang besar serta boleh menjerap sejumlah besar bahan selain daripada air. Klinoptilolit misalnya boleh menyingkirkan kation logam yang beracun dan toksik (Langela *et al.*, 2000). Zeolit yang telah diubahsuai menjadi lebih hidrofobik pula berpotensi untuk menyingkirkan molekul organik daripada larutan akua. Zeolit yang mempunyai kebolehan tinggi untuk menapis molekul dieksploitasi untuk proses

penulenan dan pemisahan. Zeolit juga boleh bertindak sebagai mangkin. Salah satu cara penggunaan zeolit sebagai mangkin adalah penggantian ion Na^+ dengan ion logam lain seperti Ni^{2+} , Pd^{2+} atau Pt^{2+} yang kemudian diturunkan kepada 'in situ' supaya atom logam dapat dimasukkan ke dalam rangka zeolit (Smart & Moore, 1995).

2.2.2 Struktur Zeolit

Formula am bagi menggambarkan struktur kimia zeolit ialah $\text{M}_{2/n}\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x \text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ di mana 'x' selalunya sama atau lebih besar daripada dua. Manakala M adalah kation yang mempunyai valensi 'n' (Ouki *et al.*, 1994). Selain itu, zeolit juga yang mengandungi kation alkali dan logam alkali bumi (biasanya Na, K, Ca dan Mg) serta air di dalam struktur rangkanya. Dari segi struktur fizikal, zeolit bersifat porous serta mempunyai kurungan rongga yang bersambung di mana ion logam dan molekul air terkandung di dalamnya (Al-Haj & El-Bishtawi, 1997).



Rajah 2.1 Struktur rangka zeolit dalam bentuk dua dan tiga dimensi

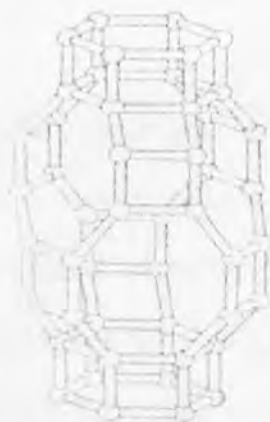
Zeolit terbina daripada satu rangka aluminosilikat yang terdiri daripada struktur tiga-dimensi tetrahedron SiO_4 dan AlO_4 yang bersambung antara satu sama lain melalui perkongsian atom oksigen seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1 (Valdés *et al.*, 2006). Kebanyakan struktur zeolit adalah berdasarkan *secondary building unit* yang mengandungi 24 silika atau alumina yang bersambung secara tetrahedra. Tetrahedral oksigen disusun dalam bentuk empat, lima, enam, lapan dan dua belas gelang. Zeolit yang mempunyai 4 dan 6 gelang akan bersambung membentuk struktur seperti bakul (basket-like) dinamakan *truncated octahedron*. Struktur ini merupakan *sodalite unit* (β -cage). Rajah 2.2 menunjukkan susunan tetrahedral oksigen dalam zeolit.



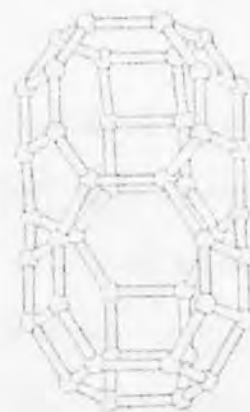
a) Ganda 6-gelang



b) Ganda 8- gelang



c) Rongga Kabazit



d) Sangkar Erionit

Rajah 2.2 Kombinasi *secondary building unit* (SBU) yang membentuk alur dan rongga dalam zeolit.

2.2.3 Ciri Cas Permukaan Zeolit

Ciri cas permukaan negatif pada zeolit adalah disebabkan oleh penggantian isomorfik Si^{4+} oleh Al^{3+} . Ia terhasil daripada perbezaan jumlah cas negatif $(\text{AlO}_4)^{-5}$ dan $(\text{SiO}_4)^{-4}$ (Valdés *et al.*, 2006). Penggantian isomorfik adalah bergantung kepada saiz dan valensi ion yang terlibat. Atom aluminium dan silika walaupun mempunyai saiz yang hampir sama tetapi valensi atom-atom ini adalah berbeza. Atom aluminium mempunyai valensi 3+ manakala atom silikon mempunyai valensi 4+. Oleh itu, penggantian aluminium ke atas silikon menyebabkan berlakunya lebih cas negatif pada rangka zeolit dan menghasilkan permukaan bercas negatif (Tan, 1993). Cas negatif yang terhasil ini adalah tetap dan tidak akan berubah dengan perubahan pH.

Magnitud cas negatif ini amnya ditunjukkan oleh nilai kapasiti pertukaran kation. Zeolit menunjukkan ciri-ciri seperti kapasiti pertukaran ion yang tinggi dan bersifat kepilihan (Petrus & Warchol, 2003). Mengikut teori kapasiti pertukaran, kapasiti pertukaran adalah jumlah amaun ion Na, K dan Ca yang hadir dalam 1g zeolit (Al-Haj & El-Bishtawi, 1997).

Hablur zeolit mempunyai tiga kali ganda kapasiti pertukaran kation (CEC) berbanding smektit dan vermikulit (Sheta *et al.*, 2003). Walaubagaimanapun, kandungan dan kapasiti pertukaran berbeza mengikut jenis zeolit seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.2. Zeolit sintetik menunjukkan kapasiti pertukaran yang tinggi seperti linde-X (6.34 eqkg^{-1}), faujasit (5.02 eqkg^{-1}) dan linde-A (4.95). Zeolit semulajadi mempunyai pertukaran yang rendah seperti klinoptilolit (2.64 eqkg^{-1}) dan mordenit (2.62 eqkg^{-1}).

RUJUKAN

- Al-Haj, Ali Ahmad & El-Bishtawi, Ribhi, 1997. Removal of Lead and Nickel Ions Using Zeolite Tuff. *Journal Of Chemistry Technology & Biotechnology*. **69**, 27-34.
- Ali Hakan Ören & Abidin Kaya, 2005. Factors Affecting Adsorption Characteristics of Zn^{2+} on Two Natural Zeolites. *Journal of Hazardous Materials*. (in press)
- Aswathanarayana, U., 1995. *Geoenvironment, An Introduction*. A.A Balkema Publishers, Netherlands.
- Atkins, P.W. & Beran, J.A., 1992. *General Chemistry: International Student Edition*. 2nd Edition. Scientific American Books, New York, 446-454.
- Barton, P., 1978. The Acid Mine Drainage. Dlm: Nviagu, J.O., *Sulfur In The Environment: Part II: Ecological Impacts*. John Wiley & Sons, New York.
- Bhole, A.G., 1994. Acid Mine Drainage And Its Treatment. *Impact Of Mining On The Environment*.
- Biškup, B. & Subotić, B., 2004. Kinetic Analysis of The Exchange Processes Between Sodium Ion From Zeolite A and Cadmium, Copper and Nickel Ions From Solutions. *Separation And Purification Technology*. **37**, 17-31.



- Chojnacki, A., Chojnacka, K., Hoffman, J., Górecki, H., 2004. The Application Of Natural Zeolites For Mercury Removal: From Laboratory Tests To Industrial Scale. *Minerals Engineering*. **17**, 933-937.
- Desilva, F.J., 1999, Essentials Of Ion Exchange. 25th Annual WQA Conference, 17 Mac 1999.
- Dyer, A., Tangkanawit, S., Rangsriwatananon, K., 2004. Exchange Diffusion of Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} and Zn^{2+} Into Analcime Synthesized From Perlite. *Microporous and Mesoporous Materials*. **75**, 273-279.
- Environmental Encyclopedia, 2003. Conningham, W.P., Cooper, T.H., Golham, E., Hepworth, T.M. (ed.), 2nd Edition. USA
- Erdem, E., Karapinar, N., Donat, R., 2004. The Removal Of Heavy Metal Cation By Natural Zeolite. *Journal Of Colloid And Interface Science*. **280**, 309-314.
- Ford, H., 1995. Fundamental Of Soil Science. Ir. Endang Dwi Purbayanti, Ir. Dwi Retno Lukiwati dan Ir. Rahayuning Trimulatsih (ptrj.). *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Edisi ke-7. Fakulti Peternakan Iniversitas Diponigoro, Gadjah Mada, University Press, Indonesia.
- Gougar, D.M.L., Simpson, M.F., Scheetz, B.E., 2005. Two-site Equilibrium Model For Ion Exchange Between Multi-valent Cations and Zeolite-A In A Molten Salt. *Microporous And Mesoporous Materials*. **84**, 366-372.



- Greenberg, A.E., Trussell, R.R., Clesceri, L.S. (penyt), 1985. *Standard Methods For Examanation Of Water And Waste Water*. Ed. ke-16. American Public Health Assosiation, American Works Association & Water Pollution Control Federattion, Washington, USA.
- Harland, C.E. 1994. *Ion Exchange : Theory And Practice*. 2nd Edition. Royal Society Of Chemistry, U.K
- Hein, M. 1986. *Foundation Of Collage Chemistry*. 6th Edition. Brooks/ Cole Publishing Company, California, 120-121.
- Hui, K.S., Chao, C.Y.H., Kot, S.C., 2005. Removal Of Mixed Heavy Metal Ions In Wastewater By Zeolite 4A And Residual Products From Recycled Coal Fly Ash. *Journal Of Hazardous Materials*. (in press)
- Ibrahim Baba, 1994. *Kimia Tak Organik, Konsep Dan Struktur*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Selangor, 49.
- Inglezakis, V.J., Loizidou, M.D., Grigoropoulou, H.P., 2003. Ion Exchange of Pb^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , and Cr^{3+} on natural Clinoptilolite: Selectivity Determination and Influence of Acidity On Metal Uptake. *Journal Of Colloid and Interface Science*. **261**, 49-54.



- Inglezakis, V.J., Zorpas, A.A., Loizidou, M.D., Grigoropoulou H.P., 2005. The Effect of Competitive Cations and Anions On Ion Exchange of Heavy Metals. *Separation And Purification Technology*. (in press)
- Kemmer, F.N.(pnyt.),1988. *The Nalco Water Handbook*. Edisi ke-2. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Keane, M.A., 1998. The Removal Of Copper and Nickel From Aqueous Solution Using Y Zeolite Ion Exchangers. *Colloids And Surfaces, A; Physicochemical And Engineering Aspects*.138.11-20.
- Langmi, H.W., Book, A., Walton, A., Johnson, S.R., Al-Mamouri., M.M., Speight., J.D., Edwards, P.P., Harris, I.R., Anderson, P.A., 2005. Hydrogen Storage In Ion-Exchanged Zeolites. *Journal of Alloys and Compounds*.405-406, 637-642.
- Langella, A., Pansini, M., Cappelletti, P., de Gennero, B., de' Gennero, M., Colella, C., 2000. NH_4^+ , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} and Pb^{2+} Exchange For Na^+ In A Sedimentary Clinoptilolite, North Sardinia, Italy. *Microporous and Mesoporous Materials*. 37, 337-343.
- Meites, L (pnyt), 1993. *Handbook Of Analytical Chemistry. A McGraw-Hill Classic Handbook Reissue*, 1st Edition. McGraw-Hill, Inc, New York.
- Meree, J.E., Tonder, G.J.V., Millord, P., Erasmus T.C., 1996. Pilot-Scale Neutralisation Of Underground Mine Water. *Water Science Technology*. 34(10), 141-149.



- Meyers, R.A., 1999. *Encyclopedia Of Enviromental Pollution & Cleanup*. Volume I. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Mitchell, P., Prediction, Prevention, Control, and Treatment Of Asid Rock Drainage. Dlm: Warhurst, A.& Noronha, L.,1999. *Enviromental Policy In Mining: Corporate Strategy and Planning For Closure*. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Mohan, D. & Chander, S., 2001. Single Component And Multi-Component Adsorption Of metal Ions By Activated Carbons. *Colloids and Surfaces A :Physicochemical and Engineering Aspects*. **177**, 183-196
- Mondale,K.D.,Carland,R.M., Aplan,F.F.,1995. The Comparative Ion Exchange Capacities Of Natural Sedimentary And sythetic Zeolites.*Minerals Engineering*. **8** (4/5),535-538.
- Ouki, K.S.,Cheeseman, C.R. & Perry, R.,1994. Natural Zeolite Utilisation in Pollution Control: A Review of Applications to Metal's Effluents. *Journal Of Chemistry Technology And Biotechnology*. **59**, 121-129.
- Patnaik, P., 2004. *Dean's Analytical Chemistry Handbook*. 2nd Edition. McGraw-Hill Companies, Inc, USA, 2.59-2.71.
- Petrus, R. & Warchol , J.,2003. Ion Exchange Equilibria Between Clinoptilolite And Aqueous Solutions Of $\text{Na}^+ / \text{Cu}^{2+}$, $\text{Na}^+ / \text{Cd}^{2+}$ And $\text{Na}^+ / \text{Pb}^{2+}$. *Microporous And Mesoporous Materials*. **61**,137-146.



- Pratap, N.S., Dilip, K.S., 1995. Overview Of Mining Waste Management In USA. *Proceedings of The First World Mining Environment Congress*, 11-14 December 1995, New Delhi, India
- Sengupta, M., 1993. Environmental Impacts Of Mining Monitoring, Restoration, And Control. Lewis Publisher, USA.
- Sheta, A.S., Falatah, A.M., Al-Sewailem, M.S., Khaled, E.M., Sallam, A.S.H., 2003. Sorption Characteristic Of Zinc And Iron By Natural Zeolite And Bentonite. *Microporous And Mesoporous Materials*. **61**, 127-136.
- Smart, S., Moore, E., 1995. *Solid State Chemistry: An Introduction*. 2nd Edition. Chapman & Hall, London, 238-265.
- Tan, K.H., 1993. *Principle Of Soil Chemistry*. 2nd Edition. Marcel Dekker Inc, New York, 229-235.
- Tangkawanit, S., Rangsiwatananon, K., Dyer, A., 2005. Ion Exchange of Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} and Zn^{2+} in Analcime (ANA) Synthesized From Thai Perlite. *Microporous And Mesoporous Materials*. **79**, 171-175
- Trgo, M. & Perić, J., 2003. Interaction Of The Zeolite Tuff With Zn-Containing Simulated Pollutant Solutions. *Journal of Colloid And Interface Science*. **260**, 66-175.



Veldés, M.G., Cordoves, A.L.P., García, M.E.D., 2006. Zeolites And Zeolite-based Materials In Analytical Chemistry. *Trends in Analytical Chemistry*. **25**, 1

Vulava, V.M, Kretschmar, R, Rush, U, Grolimund, D, Westall, J.C, Borkovec, M, 2000. Cation Competition In A Natural Subsurface Material: Modelling of Sorption Equilibria. *Environmental Science Technology*. **34**, 2149-2155

Weatherly, L.R. & Miladinovic, N.D., 2004. Comparison of The Ion Exchange Uptake Of Ammonium Ion Onto New Zealand Clinoptilolite And Mordenite. *Water Research*. **38**, 4305-4312.

