

PENEUTRALAN SALIRAN ASID LOMBONG (AMD) MENGGUNAKAN CENGKERANG LAUT  
*Crassostrea iradalei* dan *Anadara grariosa*

MURNIRA BT OTHMAN

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

PROGRAM SAINS SEKITARAN  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Mei 2010



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PUMS9



## UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: PENEUTRALAN SALIRAN ASID LOMBONG (AMP) MENGGUNAKAN CENG KERANG LAUT (CASSOSTREA iradalei dan Anadara granosa)

IJAZAH: SARJANA MUDA SAINS

SAYA MURNIRA BT OTHMAN  
(HURUF BESAR)

SESI PENGAJIAN: 2007 - 2010

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

1. Tesis adalah hak milik 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

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Disahkan Oleh

NURULAIN BINTI ISMAIL

LIBRARIAN

UNIVERSITI MALAYSIA

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 448 JLN A15,  
BANDAR WARISAN PUTERI 70400  
SEREMBAN, N. SEMBILAN

\_\_\_\_\_  
Nama Penyelia

Tarikh: 10.5.2010

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 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).

PERPUSTAKAAN UMS



\* 1000353678 \*



UMS  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## **PENGAKUAN**

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



MURNIRA BT OTHMAN  
(BS07160552)

10 Mei 2010

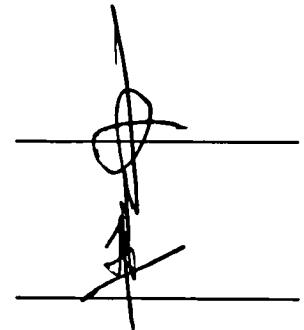


**DIPERAKUKAN OLEH**

Tandatangan

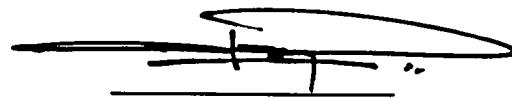
**1. PENYELIA**

(Prof Madya Dr Piakong bin Mohd Tuah)



**2. PEMERIKSA 1**

(Dr Justin Sentian)



**3. PEMERIKSA 2**

(Dr Harry Chong Lye Hin)



**4. DEKAN**

(Prof Dr Mohd Harun bin Abdullah)

## **PENGHARGAAN**

'Bismillahirrahmanirrahim'

Dengan nama Allah yang maha pemurah lagi maha mengasihani, saya memanjatkan kesyukuran kerana telah berjaya untuk menyiapkan tesis bertajuk Peneutralan Saliran Asid Lombong Menggunakan Cengkerang Laut *Crassostrea iradalei* dan *Anadara grariosa* tepat pada masa yang telah ditetapkan.

Setinggi-tinggi ribuan terima kasih saya ucapkan kepada penyelia saya, Prof Madya Dr Piakong Mohd Tuah kerana telah banyak memberi tunjuk ajar, nasihat dan meluangkan masa beliau semasa tempoh kajian yang dijalankan. Tunjuk ajar beliau akan sentiasa saya kenang dan digunakan di masa akan datang.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada En Azli, pembantu makmal dan bekas pelajar Program Sains Sekitaran yang banyak memberi tunjuk ajar dan panduan dalam melaksanakan Projek 2. Kepada rakan-rakan seperjuangan, Che Rozana dan Siti Mastura, terima kasih atas nasihat dan dorongan yang kalian berikan. Tidak lupa juga rakan-rakan seprogram Sains Sekitaran tahun 2007-2010.

Akhir sekali, terima kasih yang tak terhingga saya ucapkan kepada ayah dan ibu yang tidak putus-putus mendoakan kejayaan saya dan sentiasa memberi sokongan kepada saya. Sesungguhnya kalian semua adalah sentiasa di hati.

Sekian, terima kasih.

## **ABSTRAK**

Kajian terhadap peneutralan saliran asid lombong (AMD) telah dijalankan dengan menggunakan cengkerang laut *Crassostrea iradalei* dan *Anadara grariosa* yang bertindak sebagai bahan peneutral. Sebuah reaktor rawatan telah direkabentuk bagi tujuan rawatan peneutralan. pH saliran, kandungan logam berat dan morfologi permukaan cengkerang dibandingkan sebelum dan selepas rawatan untuk menentukan keupayaan bahan peneutral ini untuk meneutralkan saliran asid lombong. Air saliran asid lombong telah di ambil dari Lombong Tembaga Mamut yang telah menjadi sumber saliran berasid. Pemonitoran pH telah dijalankan selama tujuh hari menggunakan tiga jenis bahan peneutral bagi setiap Ruang Pemonitoran di dalam reaktor rawatan. Keadah Spektroskopi Pelepasan Atom Berpasangan (ICP-OES) telah digunakan untuk menganalisis kandungan logam berat dan Mikroskop Elektron Pengimbas (*Scanning Electron Spectrometer*, SEM) digunakan untuk mengkaji morfologi permukaan spesies cengkerang yang digunakan semasa rawatan. Pemonitoran pH saliran menunjukkan peningkatan pH daripada pH 3 sehingga ke pH 7 menggunakan ketiga-tiga jenis bahan peneutral selama 24 jam. Kepekatan logam berat juga dapat disingkirkan pada akhir rawatan terutamanya bagi logam aluminium yang menunjukkan penurunan kepekatan sehingga 95% bagi ketiga-tiga jenis bahan peneutral daripada kepekatan purata 205.1 ppm ke 8.5 ppm. Selain itu, terdapat keliangan yang dapat diperhatikan pada permukaan cengkerang *A. grariosa* manakala cengkerang *C. iradalei* tidak menunjukkan sebarang keliangan tetapi menunjukkan morfologi permukaan cengkerang yang terhakis di akhir rawatan. Kajian ini menunjukkan cengkerang laut yang digunakan berupaya untuk meneutralkan saliran asid lombong dalam skala makmal dan spesies *A. grariosa* menunjukkan peningkatan pH tertinggi dengan purata 7.33 di Ruang Pemonitoran 6 di akhir rawatan berbanding spesies *C. iradalei* yang mempunyai purata pH 7.19.

# **NEUTRALIZATION OF ACID MINE DRAINAGE (AMD) USING MARINE SHELL**

***Crassostrea iradalei* and *Anadara grariosa***

## **ABSTRACT**

This study was carried out to neutralize Acid Mine Drainage (AMD) by using marine shells *Crassostrea iradalei* and *Anadara grariosa* that acted as the neutralizing agent. A treatment reactor was designed for neutralization treatment. The pH value of the drainage, the concentration of the heavy metal and the morphology of the shell surface were compared before and after the treatment to determine the ability each of the neutralizing agent to neutralize the drainage. The AMD sample was taken from Mamut Copper Mine that had been the source of AMD. pH monitoring was conducted for 7 days by using three types of neutralizing agents in each of the Monitoring Point in the treatment reactor. Furthermore, the concentration of heavy metal was determined by using Inductive Couple Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) and the morphology of shell surfaces were analyzed by using Scanning Electron Microscopy (SEM) before and after the treatment. The pH monitoring result showed that the increasing pH value from initial pH 3 to pH 7 in 24 hours treatment by using each of the neutralizing agent. The removal of heavy metal concentration also was achieved for aluminum that showed decreasing in concentration at almost 95% the end of the treatment with average concentration 205.1 ppm to 8.5 ppm for each of neutralizing agent. Moreover, there were also pores detection in *A. grariosa* shell but *C. iradalei* not showing any pores but the surface morphology seem to be eroded at the end of the treatment. The results obtained from this study shows that the marine shell has the ability to neutralize the acid mine drainage in lab scale and *A. grariosa* species showed the highest pH value with average pH value 7.33 at Monitoring Point 6 compared to *C. iradalei* that had average pH value 7.19 at the end of treatment.

## KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI FOTO	xii
SENARAI SIMBOL DAN UNIT	xiii
SENARAI SINGKATAN	xiv
 <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	 1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Kepentingan Kajian	3
1.3 Objektif Kajian	3
 <b>BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN</b>	 4
2.1 Perlombongan	4
2.2 Saliran Asid Lombong (Acid Mine Drainage)	8
2.3 Tindakbalas Kimia Saliran Asid Lombong (AMD)	14
2.4 Spesies Cengkerang Laut	14
2.5 Rawatan Terhadap Saliran Lombong Berasid (AMD)	15
 <b>BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH</b>	 22
3.1 Sumber Saliran Asid Lombong (AMD)	22
3.2 Persampelan Saliran Asid Lombong	25
3.3 Persampelan Bahan Peneutral	25
3.4 Penyediaan Bahan Peneutral	27
3.5 Kaedah Analisis	27

3.5.1	Peneutralan Saliran Asid Lombong Menggunakan Reaktor Rawatan	27
3.5.2	Analisis Logam	29
3.5.3	Analisis Permukaan Cengkerang Laut Menggunakan Mikroskop Elektron Pengimbas ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> )	30
<b>BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>		32
4.1	Keputusan Parameter <i>in-situ</i>	32
4.2	Peneutralan Saliran Asid Lombong Selepas Rawatan Menggunakan Reaktor Rawatan	32
4.3	Kandungan Logam Sebelum dan Selepas Rawatan	38
4.4	Morfologi Permukaan Spesies Cengkerang Sebelum dan Selepas Rawatan Menggunakan Mikroskop Elektron Pengimbas (SEM)	40
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>		48
5.1	Kesimpulan Kajian	48
5.2	Cadangan dan Kajian Akan Datang	49
<b>RUJUKAN</b>		50
<b>LAMPIRAN A</b>		56
<b>LAMPIRAN B</b>		57
<b>LAMPIRAN C</b>		62

## **SENARAI JADUAL**

No. Jadual	Muka Surat
2.1 Pengelasan air lombong berdasarkan nilai pH	7
2.2 Kesan yang berpotensi terhadap alam sekitar akibat aktiviti perlombongan	8
2.3 Ciri-ciri fiziko-kimia saliran asid lombong	12
2.4 Kesan-kesan saliran asid lombong terhadap persekitaran	13
2.5 Kebaikan dan keburukan rawatan jenis aktif dan pasif	17
2.6 Rawatan bahan peneutral digunakan untuk merawat saliran asid lombong	21

## **SENARAI RAJAH**

No. Rajah	Muka Surat
2.1 Proses-proses terlibat di dalam aktiviti perlombongan	5
2.2 Proses pemprosesan mineral lombong	6
2.3 Skala pH perbandingan antara saliran asid lombong dan cecair lain	10
2.4 Strategi pemuliharaan secara biotik dan abiotik terhadap saliran asid lombong	18
3.1(a) Lokasi Lombong Tembaga Mamut dan sungai berdekatan	24
3.1(b) Lokasi bagi Lombong Tembaga Mamut, Empangan Lohan dan sungai-sungai berdekatan	24
3.2 Rajah skematik reaktor yang digunakan di dalam kajian	28
3.3 Ringkasan proses rawatan terhadap saliran asid lombong menggunakan reaktor rawatan dan cengkerang laut sebagai bahan peneutralan	31
4.1 Pemonitoran peneutralan pH saliran asid lombong menggunakan cengkerang spesies <i>A. grariosa</i> selama 7 hari rawatan	33
4.2 Pemonitoran peneutralan pH saliran asid lombong menggunakan cengkerang spesies <i>C. iradalei</i> selama 7 hari rawatan	34
4.3 Pemonitoran peneutralan pH saliran asid lombong menggunakan campuran cengkerang spesies <i>A. grariosa</i> dan <i>C. iradalei</i> selama 7 hari rawatan	34

4.4	Pemonitoran peneutralan pH saliran asid lombong di Ruang Pemonitoran 6 bagi setiap spesies bahan peneutral	35
4.5	Pemonitoran peneutran pH kawalan bagi ketiga-tiga jenis bahan peneutral selama 30 hari	36
4.6	Kandungan logam aluminium dan magnesium sebelum dan selepas rawatan menggunakan tiga jenis bahan peneutral	38
4.7	Imej permukaan cengkerang <i>A. grariosa</i> sebelum (a) dan selepas (b) rawatan dengan 500 kali pembesaran	41
4.8	Imej permukaan cengkerang <i>A. grariosa</i> sebelum (a) dan selepas (b) rawatan dengan 1,500 kali pembesaran	41
4.9	Imej permukaan cengkerang <i>A. grariosa</i> sebelum (a) dan selepas (b) Rawatan dengan 5,000 kali pembesaran	42
4.10	Imej permukaan cengkerang <i>C. iradalei</i> sebelum (a) dan selepas (b) rawatan dengan 500 kali pembesaran	43
4.11	Imej permukaan cengkerang <i>C. iradalei</i> sebelum (a) dan selepas (b) rawatan dengan 1,500 kali pembesaran	44
4.12	Imej permukaan cengkerang <i>C. iradalei</i> sebelum (a) dan selepas (b) rawatan dengan 5,000 kali pembesaran	45

## **SENARAI FOTO**

No. Foto	Muka Surat
3.1 (a) Cengkerang laut spesies <i>C. iradalei</i> yang digunakan sebagai bahan peneutral di dalam rawatan	26
3.1 (b) Cengkerang laut spesies <i>A. grariosa</i> yang digunakan sebagai bahan peneutral di dalam rawatan	26
3.2 Reaktor rawatan bersama bahan peneutral yang digunakan di dalam proses peneutralan saliran asid lombong	28



## **SENARAI SIMBOL DAN UNIT**

km	Kilometer
g	Gram
g/L	Gram per liter
$\mu\text{g}/\text{L}$	Mikrogram per liter
mg/L	milligram per liter
m	Meter
cm	Centimeter
$^{\circ}\text{C}$	Darjah Celcius
ppm	Bahagian per sejuta
mL	Miligram per liter
$\mu\text{m}$	Mikrometer
%	Peratus
mm	milimeter
Fe	Ferum
Zn	Zink
Pb	Plumbum
Ca	Kalsium
gal	Gelen

## **SENARAI SINGKATAN**

APHA	<i>American Public Health Association</i>
AMD	<i>Acid Mine Drainage</i>
ICP-OES	<i>Inductively Coupled Plasma –Optical Emission Spectrometry</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscopy</i>

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Pengenalan**

Air adalah amat penting dalam kehidupan. Air mempunyai banyak kegunaan termasuk menjadi sumber minuman. Oleh itu, sistem saliran air yang terjaga dan bebas daripada bahan pencemar penting untuk membekalkan air yang bersih kepada pengguna. Sumber air perlu dipelihara bagi menjamin bahawa ia adalah mencukupi dan selamat untuk digunakan oleh generasi akan datang (Ibrahim *et al.*, 2005). Pencemaran air sangat mudah berlaku di dalam ekosistem akibat bahan-bahan pencemar yang merendahkan kualiti air tersebut. Bahan pencemar air terdiri daripada bahan biologikal, kimia dan fizikal yang boleh member kesan buruk kepada organisme hidup (Botkin & Keller, 2003). Terdapat aktiviti manusia yang membawa kepada pencemaran air sebagai contoh ialah aktiviti perlombongan. Sisa-sisa perlombongan yang mengalami beberapa tindakbalas secara semulajadi mudah memasuki sistem saliran air dan mencemarkan sumber bekalan air.

Terdapat aktiviti perlombongan yang telah di lakukan dari dulu hingga kini untuk mendapatkan hasil perlombongan yang diproses bagi menghasilkan produk berdasarkan logam untuk pelbagai jenis kegunaan. Pada kebiasaannya, aktiviti perlombongan dilakukan untuk mendapatkan bahan logam seperti timah, emas, kuprum dan lain-lain lagi termasuk arang batu. Aktiviti perlombongan juga boleh mengganggu sistem hidrologi di kawasan lombong kerana sisa-sisa perlombongan yang dihasilkan semasa proses pengekstrakan untuk mendapatkan bijih tembaga dibuang ke dalam sungai dan seterusnya mengakibatkan pencemaran air berlaku (Wan Mohd Razi *et al.*, 2005).

Saliran asid lombong sering dikaitkan dengan nilai pH air yang rendah dan ia mempengaruhi sistem saliran air di sekitar kawasan tersebut. Tambahan lagi, aktiviti perlombongan untuk mendapatkan bahan logam menghasilkan sisa-sisa yang boleh mencemarkan sungai dan kawasan sekitarnya. Aktiviti perlombongan telah mengubah keadaan geologi kawasan perlombongan maka air yang terdapat di kawasan tersebut contohnya dari air hujan yang berkumpul di kawasan perlombongan akan mengalami beberapa tindakbalas yang mengubah pH air di kawasan tersebut. Akibatnya saliran asid lombong yang merbahaya akan terhasil daripada sisa perlombongan. Menurut Nyquist & Greger (2008), kandungan kepekatan logam yang tinggi dan nilai pH yang rendah menunjukkan kehadiran saliran asid lombong. Kajian terhadap nilai pH sebagai penentu nilai kealkalian dan keasidan bagi saliran asid lombong adalah penting sebagai penanda aras dalam menentukan tahap pencemaran air di sesuatu kawasan.

Menurut Tabak dan Govind (2003), rawatan yang bersesuaian terhadap saliran asid lombong perlu dijalankan sebelum ia dilepaskan ke persekitaran kerana ia boleh mencemarkan kawasan persekitarannya. Rawatan yang bersesuaian adalah penting untuk merawat saliran asid lombong dari mengancam alam sekitar kerana kepekatan dan magnitud pencemar yang tinggi wujud di dalam sungai berdekatan (Singh & Singh, 1995).

Rawatan terhadap saliran asid lombong menggunakan spesies cengkerang laut adalah satu teknik untuk meningkatkan nilai pH saliran kerana terdapatnya kandungan kalsium karbonat. Rawatan terhadap saliran asid lombong menggunakan spesies cengkerang laut dan batu kapur digunakan sebagai bahan peneutral untuk membandingkan kebolehan peneutralan oleh air saliran berasid lombong tersebut (Kim *et al.*, 2007). Penggunaan bahan berkarbonat boleh bertindak sebagai bahan peneutral yang menjalani tindakbalas peneutralan di dalam air untuk meningkatkan pH air.

## **1.2 Kepentingan Kajian**

Kajian terhadap saliran asid lombong amat penting untuk mencari kaedah yang sesuai untuk memulihara saliran ini daripada terus tercemar kerana ia boleh memberikan kesan terhadap persekitaran. Selain itu, kajian terhadap saliran asid lombong amat penting untuk melihat rawatan yang berkesan terhadap saliran asid lombong dan meningkatkan pH saliran serta keadaan kualiti air di kawasan yang terjejas. Rawatan menggunakan spesies cengkerang laut digunakan untuk melihat kadar kebolehan cengkerang tersebut untuk bertindakbalas dengan saliran asid lombong dan meneutralkan pH. Penggunaan spesies cengkerang laut yang bersesuaian juga perlu dikenalpasti agar tindakbalas yang lebih berkesan terhasil di sepanjang kajian. Selain itu, spesies cengkerang yang mudah didapati dan murah adalah sesuatu yang boleh dimanfaatkan untuk merawat saliran asid lombong.

## **1.3 Objektif kajian**

Kajian yang terperinci perlu dijalankan untuk mengetahui rawatan yang bersesuaian untuk merawat saliran asid lombong. Selain itu, kajian ini juga ingin melihat keupayaan cengkerang sebagai bahan peneutral pH.

- i. Membandingkan nilai pH saliran asid lombong sebelum dan selepas rawatan.
- ii. Menentukan keupayaan peneutralan saliran asid lombong menggunakan reaktor rawatan mengandungi cengkerang *Crassostrea iradalei* dan *Anadara grariosa* sebagai bahan peneutral yang menjalani tindakbalas kimia untuk meningkatkan pH saliran asid lombong.
- iii. Menentukan jenis-jenis logam yang terkandung di dalam saliran dan kandungan logam berat selepas rawatan terhadap saliran asid lombong.
- iv. Memerhatikan keadaan morfologi permukaan cengkerang sebelum dan selepas rawatan dijalankan.

## **BAB 2**

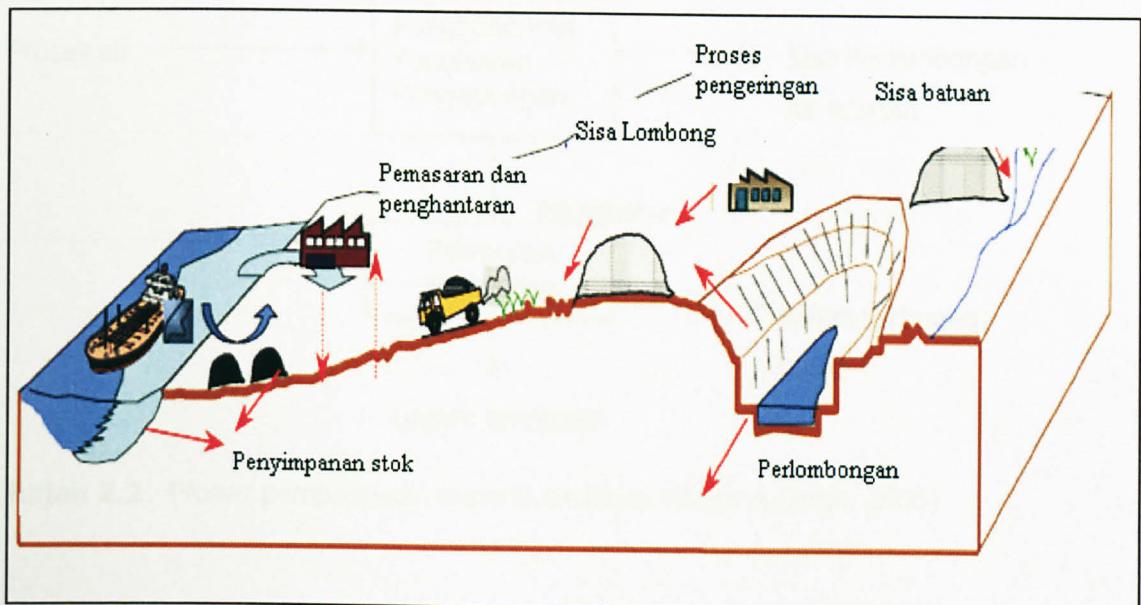
### **ULASAN PERPUSTAKAAN**

#### **2.1 Perlombongan**

Lombong adalah kawasan penghasilan bahan mentah yang mengandungi beberapa fasa pengekstrakan bijih daripada kandungan terenap kepada mineral logam (Charbonnier, 2001). Perlombongan adalah operasi pertama dalam pemprosesan mineral dan sumber tenaga (Lottermoser, 2007). Perlombongan yang di jalankan di kawasan lombong adalah untuk mengekstrak material daripada dalam tanah untuk mendapatkan komponen bijih melalui proses penerokaan, perlombongan dan pemprosesan mineral. Terdapat dua kaedah perlombongan iaitu lombong dedah dan lombong bawah tanah. Lombong dedah adalah lombong yang berada di permukaan dengan menggunakan air pancutan ke atas tanah pinggir bukit manakala kaedah kedua melibatkan pembinaan terowong bawah tanah dan kerja-kerja penggalian (Zulfahmi *et al.*, 2001).

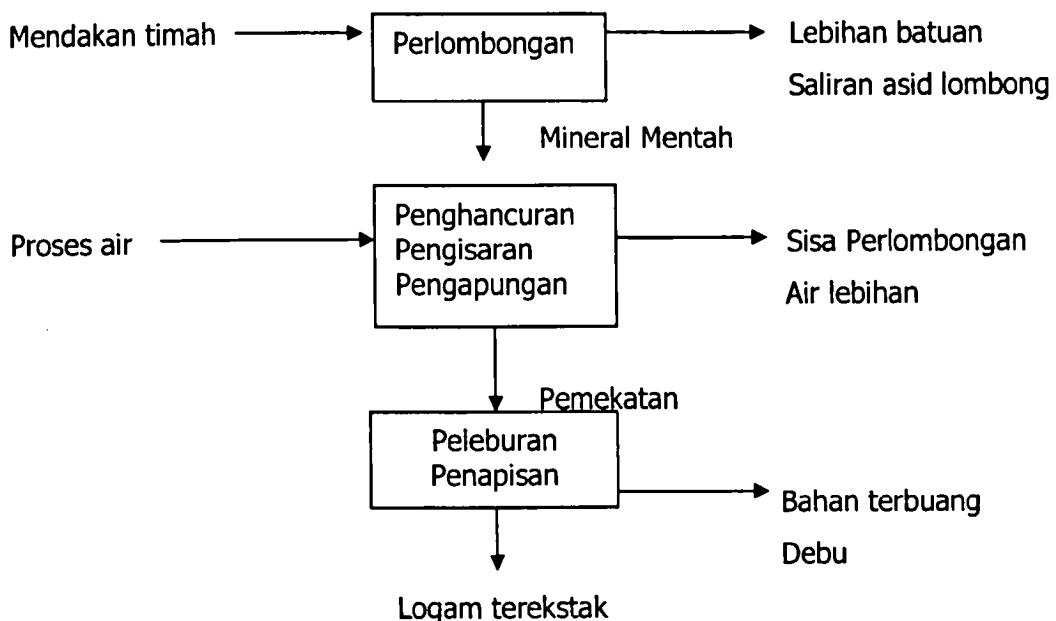
Pengekstrakan mineral memerlukan penggalian di bawah tanah sehingga beberapa meter ke bawah untuk mendapatkan mineral lombong. Oleh itu, shaf atau terowong selalunya dibina dibantu oleh jentera penggali untuk menjalankan proses penggalian tersebut. Kayu balak biasanya digunakan untung menyokong terowong tersebut. Terdapat beberapa proses semasa perlombongan dijalankan termasuk proses pemecahan dan penggunaan bahan kimia; bahan tambah organik dan tak organik (Charbonnier, 2001). Kerja-kerja penggalian ini menghasilkan lebihan sisa batuan dan permukaan yang termendap menjadi lombong. Sisa-sisa perlombongan seperti batuan ditempatkan di sebuah kawasan tertentu yang dinamakan kolam pembuangan khas.

Apabila mineral lombong sudah diperolehi, bahan tersebut perlulah diproses dan dihantar ke kilang untuk penghasilan produk. Rajah 2.1 menunjukkan proses-proses yang dijalankan di kawasan aktiviti perlombongan daripada proses perlombongan sehingga ke proses penghantaran untuk pemprosesan bahan.



**Rajah 2.1** Proses-proses terlibat di dalam aktiviti perlombongan (Charbonnier, 2001)

Semasa pemprosesan bahan mineral logam, proses penghancuran, pengisaran dan pengapungan dijalankan untuk memekatkan kandungan mineral yang dikehendaki. Proses-proses ini menghasilkan sisa batuan, sisa tahi lombong dan air sisa. Proses pengekstrakan logam diteruskan dengan menggunakan proses pemanasan yang menggunakan suhu yang tinggi untuk mendapatkan logam asli. Semua proses-proses ini menghasilkan sisa enapan yang juga dipanggil sisa perlombongan yang memerlukan rawatan lanjutan. Akhirnya, mineral yang telah diproses menghasilkan logam terekstrak. Rajah 2.2 menunjukkan peringkat-peringkat di dalam pemprosesan mineral lombong semasa aktiviti perlombongan dijalankan.



**Rajah 2.2** Proses pemprosesan mineral lombong (Singh & Singh, 1995)

Menurut Lottermoser (2007), sisa perlombongan adalah bahan yang tidak mengandungi mineral timah, mineral industri, arang baru atau mineral bahan bakar; atau kepekatan mineral, logam, arang batu; atau mineral bahan bakar. Selain itu, sisa perlombongan adalah berpunca daripada tapak perlombongan yang dalam atau tapak perlombongan permukaan meninggalkan pelbagai bahan sampingan yang terdiri daripada bahan geologi (Evangelou, 1995). Tambahan lagi, aktiviti perlombongan juga menggunakan tenaga dan mengubah kitaran di dalam persekitaran yang semulajadi, maka adalah penting untuk menganalisis penyebaran bahan toksik yang semakin meningkat (Luis *et al.*, 2009). Aktiviti perlombongan juga cenderung untuk menghasilkan air lombong pada pH tertentu bergantung kepada keadaan kawasan perlombongan tersebut. Jadual 2.1 menunjukkan pengelasan air lombong yang terhasil di tapak perlombongan berdasarkan nilai pH.

**Jadual 2.1** Pengelasan air lombong berdasarkan nilai pH (Lottermoser, 2007)

Kelas	Sifat-sifat air daripada aktiviti perlombongan
Sangat berasid	pH<1. Air yang sangat berasid terhasil melalui pengoksidaan sulfida dan tindakbalas hidrolisis. Batuan yang kaya dengan pirit dan kurang bahan pemampang asid.
Asid	pH<5.5. Asid terhasil melalui pengoksidaan sulfida besi. Selalunya dijumpai di lombong logam, emas dan arang batu.
Neutral kepada alkali	pH 6-10. Asid terhasil dan tindakbalas pemampang asid menjadikan nilai pH adalah seimbang atau tanpa kehadiran sulfida besi. Selalunya dijumpai di lombong permata, logam, emas, uranium,besi, arang batu dan mineral pasir
Garam	pH berbeza-beza iaitu mempengaruhi kandungan ion akues. Berkaitan dengan perlombongan arang batu dan mineral industri.

Menurut Lottermoser (2007), kesan utama aktiviti perlombongan boleh berlaku semasa dan selepas operasi perlombongan termasuk pemusnahan tanaman; pembinaan jalan pengangkutan dan infrastruktur; pemendapan permukaan; pemusnahan dan gangguan terhadap habitat semulajadi; pelepasan tenaga, radioaktif dan hingar; dan pelepasan pencemar pepejal, cecair atau gas ke ekosistem setempat. Selain itu, Balkau (1995) juga menerangkan mengenai kesan-kesan yang terhasil akibat aktiviti perlombongan seperti hakisan tanah, pelepasan bahan-bahan yang boleh menipiskan ozon, perubahan iklim sekeliling dan penggunaan tenaga. Jadual 2.2 menunjukkan kesan yang berpotensi terhadap alam sekitar akibat aktiviti perlombongan.

**Jadual 2.2** Kesan yang berpotensi terhadap alam sekitar akibat aktiviti perlombongan (Balkau, 1995)

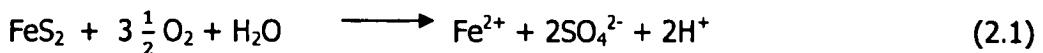
Kesan Perlombongan	Kesan-kesan yang terhasil
Terhadap Persekutaran	Pemusnahan habitat semulajadi akibat pengaliran keluar saliran asid lombong dan penerokaan Perubahan ekologi sungai di sebabkan tanah lanar Peningkatan aras air bawah tanah Pelupusan tanah Tanah tidak stabil
Penghasilan Bahan Pencemar	Efluen daripada tapak lombong AMD Pengaliran enapan daripada lombong dan enapan di dasar sungai Sisa-sisa pepejal dan kimia daripada operasi pemprosesan mineral Sisa kumbahan daripada tapak lombong Tumpahan minyak dan bahan bakar Pencemaran tanah daripada sisa-sisa rawatan dan tumpahan kimia Larut resap bahan pencemar dan mencemarkan tanah Pembebasan bahan daripada operasi pemprosesan mineral ke udara Pembebasan metana daripada lombong
Terhadap Kesihatan Pekerja	Pengendalian bahan kimia, sisa dan produk Kemasukan debu yang berterbangan ke dalam hidung Pendedahan kepada asbestos, sianida, merkuri dan bahan toksik yang lain Pendedahan kepada haba, hingar dan gegaran Risiko fizikal

## 2.2 Saliran Asid Lombong (Acid Mine Drainage)

Pencemaran air yang melibatkan saliran asid lombong selalunya dikaitkan dengan kawasan perlombongan. Menurut McGinness (1999), saliran asid lombong terjadi apabila proses pengepaman keluar air daripada lombong terhenti dan air bawah tanah perlahan-lahan memenuhi kawasan lombong seterusnya sampai ke aras air bawah tanah. Maka, air yang memenuhi lombong menjadi saliran asid lombong akibat tindakbalas dengan mineral di dalam lombong berkenaan dan dilepaskan keluar melalui sungai-sungai berdekatan. Selain itu, proses seperti pemecahan, penggalian dan

penimbunan pecahan tanah terdedah kepada tindakan air larian permukaan secara larut resap, luluhawa larut dan hakisan (Zulfahmi *et al.*, 2001). Pembuangan dan perlonggokkan tanah ini akan mudah mengalir ke dalam sistem sungai dan menyebabkan kehadiran kandungan logam di dalam tanah sekitarnya.

Saliran asid lombong adalah disebabkan oleh mineral pirit ( $\text{FeS}_2$ ) yang terdapat di dalam batuan bertindakbalas dengan oksigen di dalam air yang menyebabkan proses luluhawa kimia dan akhirnya membentuk asid sulfurik (Botkin & Keller, 2003) dan ion feros (Singh & Singh, 1995). Menurut Gitari *et al.*, (2008), mineral sulfat menjalani tindakbalas pengoksidaan menghasilkan keasidan di dalam air seperti persamaan di bawah :



Selain itu, asid yang terhasil apabila air larian permukaan atau air bawah tanah bergerak dan melalui kawasan perlombongan seterusnya mengalir keluar daripada kawasan perlombongan. Tambahan lagi, saliran asid lombong juga mengandungi kepekatan logam yang tinggi seperti besi, mangan, zink, kadmium, plumbum, timah, tembaga dan nikel (Mohan & Chander, 2006; Gitari *et al.*, 2008). Menurut Evangelou (1995), mineral yang terdapat di dalam sistem geologi semulajadi dan terlibat dalam penghasilan saliran asid lombong adalah aluminosilika, oksida besi dan bahan organik.

Pengoksidaan sulfur melepaskan ferum terlarut dan keasidan di dalam air, di mana ia juga melepaskan ion logam (Nyquist & Greger, 2008) yang meningkatkan piawaian kualiti air yang menghasilkan bahan toksik dan beracun yang boleh membunuh hidupan akuatik (Lottermoser, 2007). Menurut Akcil dan Koldas (2004), walaupun pengoksidaan sulfida berlaku secara semula jadi tetapi aktiviti perlombongan menggalakkan peningkatan kepekatan sulfida.

Nilai pH diukur menggunakan skala pH yang mengukur darjah keasidan dan kealkalian. pH bagi satu larutan boleh didefinisikan sebagai logaritma negatif bagi

## RUJUKAN

- Aimizai, M. H. 2001. *Kajian SEM (Scanning Electron Microscopy) ke atas Poly (3-Dodesiltiofena)*. Disertasi Sarjana Muda Sains. Universiti Malaysia Sabah.
- Akcil, A. & Koldas, S. 2006. Acid Mine Drainage (AMD): causes, treatment and case studies. *Journal of Cleaner Production*, **14**:1139-1145.
- Ali, M.F., Heng,L.Y., Ratnam, W., Nais, J. & Ripin, R. 2004. Metal distribution and contamination of the Mamut River, Malaysia, caused by copper mine discharge. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **73**:535–542.
- Allen, G. 1996. *Marine Life of Malaysia and Southeast Asia*. Periplus Edition. Singapore.
- Aziz, H.A., Yusuf, M.S., Adlan, M.N., Adnan, N.H. & Alias, S.2004. Physicochemical removal of iron from semi-aerobic landfill leachate by limestone filter. *Water Management*, **24**:353-358.
- Balkau, F. 1995. *Management of Environmental Issues at Mines-An International Perspective*. First World Mining Environmental Congress. New Delhi.
- Botkin, D. B. & Keller, E.A. 2003. *Environmental Science : Earth as a Living Planet*. John Wiley & Sons, New York.
- Byerly, R., Severns, M. & Stevrens, P. F. 1998. *Tropical Seashells of Malaysia*. Periplus Edition. Singapore.
- Carter, J.G. 1980. *Environmental and Biological Controls of Bivalve Shell Mineralogy and Microstructure, Skeletal Growth of Aquatic Organisms, Biological Records of Environmental Change*. Plenum Press. New York.
- Chang, R. 2002. *Chemistry*. McGraw-Hill. Singapore.

- Chapman, B.M., Jones D.R. & Jung, R.F. 1983. Processes controlling metal ion attenuation in acid mine drainage streams. *Geochim Cosmochim Acta*, **47**:1957 –1973.
- Charbonnier, P. 2001. *Management of Mining, Quarrying and Ore-Processing Waste in the European Union*. European Union. BRGM/RP-50319-FR.
- Cole, M., B., Arnold, D. E. & Watten, B.J. 2001. Physiological and behavioral responses of stonefly nymphs to enhanced limestone treatment of acid mine drainage. *Water Resources*, **35** (3):625-632.
- Costello, C. 2003. *Acid Mine Drainage: Innovative Treatment Technologies*. US Environmental Protection Agency. Washington.
- De Paula, S. M. & Silveira, M. 2009. Studies on molluscan shells: contributions from microscopic and analytical. *Micron*, **40**: 669–690.
- Elander, P., Lindvall, M. & Hakansson, K. 1998. *Prevention and Control of Pollution from Mining Waste Products*. MiMi Print, Lulea, Sweden.
- Evangelou, V. P. 1995. *Pyrite Oxidation and Its Control*. CRC Press. Florida.
- Gitari, W. M., Petrik, L.F., Etchebers, O., Key, D.L., Iwuoha, E. & Okujeni, C. 2008. Passive neutralization of acid mine drainage by fly ash and its derivatives: A column leaching study. *Fuel*, **87**: 1637–1650.
- Ibrahim, K., Mazlin, M. & Ooi, S.T. 2005. Kajian awal kualiti Sungai Kilim, Langkawi: Kajian kes bagi pengurusan sumber air bersepadu di sebuah pulau, Malaysia. *Malaysian Journal of analytical Science*, **9** (3): 396-405.

Igarashi, T., Pepe Herrera, S., Uchiyama, H., Asakura, K., Ochi, Y., Ishizuka, F. & Kawada, S. 2007. Acid mine drainage treatment through a two-step neutralization ferrite-formation process in Northern Japan: Physical and chemical characterization of the sludge. *Minerals Engineering*, **20**:1309–1314.

Izwandy, I. 2006. *Pengaruh Faktor-faktor Persekutaran Terhadap Pertumbuhan dan Kemandirian Tiram Komersial, Crassostrea iradalei (Fausino) di Kawasan Perniakan Tiram di Kg. Telaga Nenas, Perak*. Disertasi Ijazah Sarjana Sains. Universiti Sains Malaysia.

Johnson, D.B. & Hallberg, K.B. 2005. Acid mine drainage remediation options: A review. *Science of the Total Environment*, **338**: 3– 14.

Jopony, M., Tongkul, F., Atong, M., Surugau, N., Juin, E. & Gabriel, J. 2002. *Assessment and Management of Residual Impacts of Mamut Copper Mine in Sabah, Malaysia :Himpunan Laporan Teknik Sekolah Sains dan teknologi tahun 2002*. Universiti Malaysia Sabah. Kota Kinabalu.

Kalin, M., Fyson, A. & Wheeler, W.M. 2006. The chemistry of conventional and alternative treatment systems for the neutralization of acid mine drainage. *Science of the Total Environment*, **366**: 395–408.

Kim, J.J. dan Kim, S. J. 2004. Seasonal factors controlling mineral precipitation in the acid mine drainage at Donghae Coal Mine, Korea. *Science of the Total Environment*, **325**: 181–191.

Kim, J. Y., Lee, B. T., Shin, K. H., Lee, K. Y., Kim, K. W., An, K. G., Park, Y. S., Kim, J. Y. & Kwon, Y. H. 2007. Ecological health assessment and remediation of the stream impact by acid mine drainage of the Gwangyang Mine Area. *Environmental Monitoring Assessment*, **129**:79-85.

Lottermoser, B. 2007. *Mine Waste : Characterization, Treatment and Environmental Impact*. Springer. Berlin.

Luis, A. T., Teixeira, P., Almeida, S.F.P., Ector, L., Matos, J.S. & Ferreira de Silva, E.A. 2009. Impact of acid mine drainage (AMD) on water quality, stream sediments and periphytic diatom communities in the surrounding streams of Aljustrel Mining Area, Portugal. *Water Air Soil Pollution*, **200**:147–167.

McCauley, C. A., O'Sullivan, A. D., Mike, M. W. Waber, P. A. & Trumm, D. A. 2009. Sulfate and metal removal in bioreactors treating acid mine drainage dominated with iron and aluminum. *Water Research*, **43**: 960-970.

McGinness, S. 1999. *Treatment of Acid Mine Drainage*. House of Commons Library. London.

Mohamed, F.A., Wickneswari, R., Lee., Y.H. Jamili, N. & Remi, R. 2006. Effects of arsenic and heavy metals pollution on plant species in Mamut River Riparian Zone, Sabah, Malaysia. *Malaysian Application Biology*, **35** (2): 29-34.

Mohan, D. & Chander, S. 2006. Removal and recovery of metal ions from acid mine drainage using Lignite-A low cost sorbent. *Journal of Hazardous Materials*, **B137**:1545–1553.

Mohd Najep, S. 2008. *Olahan air tanah gambut menggunakan batu kapur dan penyerapan karbon teraktif*. Disertasi Sarjana Muda Kejuruteraan Awam. Universiti Teknologi Malaysia.

Murshedza, M., Rakimi, A. R. & Ghazally, I. 1984. *Garis Dasar Kualiti Air Labuk-Sungut*. Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia. Bangi.

Murshedza, M. 1987. *Environmental Conservation in Sabah : Issues and Strategies*. Institute for Development Studies Sabah. Kota Kinabalu.

- Neculita, C. M. & Zagury, G. J. 2008. Biological treatment of highly contaminated acid mine drainage in batch reactors: Long-term treatment and reactive mixture characterization. *Journal of Hazardous Materials*, **157**:358–366.
- Nyquist, J. & Greger, M. 2009. A field study of constructed wetlands for preventing and treating acid mine drainage. *Ecological Engineering*, **35**:630–642.
- Porter, C.M. & Nairn, R.W. 2007. Ecosystem functions within a mine drainage passive treatment system. *Ecological Engineering*, **32**:337–346.
- Ridzwan, B.H. & Kaswandi, M. A. 1995. Hidupan marin intertidal : Sumber makanan penduduk daerah Semporna, Sabah. *Malaysian Journal of Nutrition*, **1**: 105-114.
- Singh, P. N. & Singh, D. K. 1995. *Overview of Mining Waste Management in USA : Management of Environmental Issues at Mines – An International Perspective*. First World Mining Environment Congress, New Delhi.
- Tabak, H.H. & Govind, R. 2003. Advances in biotreatment of acid mine drainage and biorecovery of metals: 2. Membrane bioreactor system for sulfate reduction. *Biodegradation*, **14**: 437–452, 2003.
- Tordoff, G.M., Baker, A.J.M. & Willis, A.J. 2000. Current approaches to the revegetation and reclamation of metalliferous mine wastes. *Chemosphere*, **41**:219–228.
- Tsukamoto, T.K., Killion, H.A. & Miller, G.C. 2004. Column experiments for microbiological treatment of acid mine drainage: Low-temperature, low-pH and matrix investigations. *Water Research*, **38**: 1405–1418.

Wan Mohd Razi, I., Sahibin, A.R., Tukimat, L., Baba, M., Adong, L., Azman, H., Shahril Nizam, M. Y. & Leanor, V. A. 2005. Pencemaran logam berat di dalam air tasik dan sepanjang Sungai Pelepas Kanan di kawasan bekas lombong bijih besi, timah dan tembaga di Kota Tinggi, Johor. *Malaysian Journal of Analytical Science*, **9** (3):426-433.

Watten, B.J., Sibrell, P.L. & Schwartz, M. F. 2005. Acid neutralization within limestone sand reactors receiving coal mine drainage. *Environmental Pollution*, **137**: 295-304.

Watzlaf, G. R., Schroeder, K. T., Kleinmann, R. L.P., Kairies, C.L. & Nairn, R. W. 2004. *The Passive Treatment of Coal Mine Drainage*. U.S Department of Energy. Pittsburgh.

Zulfahmi, A.R., Sahibin, A.R., Mohd. Talib, L. & Lee, L.Y. 2001. Taburan unsur major dan logam berat tanah atas kawasan Lombong Emas Bukit Koman, Raub Pahang. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, **7**(1): 41-48.