

## UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

TUDUL: Taburan logam berat dalam sedimen sungai  
berdasarkan kepada saiz butiran dan fraksi geokimia.  
 JAJAH: Sarjana muda dengan kejuruan (Kimia Industri)

NAMA: MASLIHA BT. LORIK  
 (HURUF BESAR)

SESI PENGAJIAN: 2005/2006

Pengaku membenarkan tesis (LPSM/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

Masliha  
 (TANDATANGAN PENULIS)

[Signature]  
 (TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Lamat Tetap: K. G. Gent. San,  
WOT 374, 88995 K.K.,  
Sabah.

Prof. Masliha Dr Marcus Apang  
 Nama Penyalia

Tarikh: 20.04.06

Tarikh: 28.04.06

PERCATATAN:- \*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).



**TABURAN LOGAM BERAT  
DALAM SEDIMEN SUNGAI MENGIKUT  
SAIZ BUTIRAN DAN FRAKSI GEOKIMIA**

**MASLIHA BINTI LORIK**

**DISERTASI YANG 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 2006**

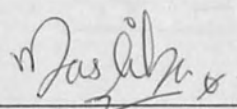


**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGAKUAN

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

31 Mac 2006



MASLIHA BINTI LORIK

HS 2003-2998

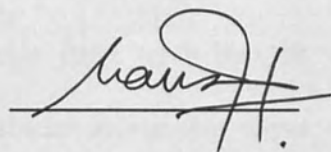


## DIPERAKUKAN OLEH

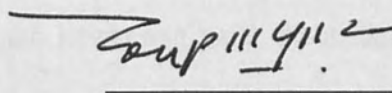
Tandatangan

1. **PENYELIA**

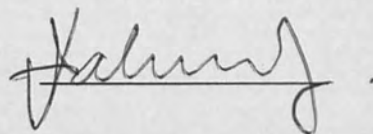
(PROF. MADYA DR. MARCUS JOPONY)

2. **PEMERIKSA 1**

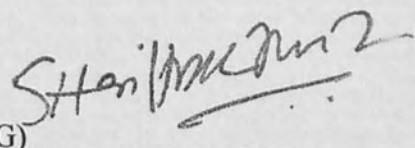
(EN. MOH PAK YAN)

3. **PEMERIKSA 2**

(EN. JAHIMIN ASIK)

4. **DEKAN**

(SUPT. (K) PROF. MADYA DR. SHARIFF AK OMANG)



## PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi penghargaan kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan kerjasama semasa kajian ini di jalankan. Pertama sekali, ucapan terima kasih tidak terhingga kepada Prof. Dr. Marcus Jopony selaku penyelia yang telah banyak memberikan tunjuk ajar, bimbingan dan bantuan bagi memastikan kajian ini dapat disempurnakan dan berjalan lancar. Buat ibu bapa dan ahli keluarga tersayang, terima kasih di ucapkan atas dorongan dan semangat serta bantuan kewangan yang diberikan. Tidak lupa, buat rakan-rakan yang sentiasa memberikan semangat dan bantuan dalam kajian ini. Akhir kata, ribuan terima kasih untuk semua pihak yang terlibat dalam proses penyempurnaan kajian ini.



## ABSTRAK

Taburan logam berat (Fe, Cu, Zn dan Pb) dalam sedimen dari Sungai Segama berdasarkan kepada saiz butiran dan fraksi geokimia telah dikaji. Saiz partikel sedimen yang dipilih adalah 1mm < 2mm, 0.5mm < 1mm, 0.25mm < 0.5mm, 0.125mm < 0.25mm dan < 0.063mm. Manakala setiap fraksi geokimia iaitu fraksi boleh tukar ganti (F1), fraksi karbonat (F2), fraksi Fe-Mn oksida (F3), fraksi organik (F4) dan fasa residu (F5) pula dikenal pasti menggunakan ekstraksi berjjukan. Kepekatan logam berat dalam ekstraksi di analisis menggunakan AAS. Taburan logam berat yang diperolehi berdasarkan saiz butiran sedimen adalah Fe;  $S_5 > S_2 > S_4 > S_1 > S_3$ , Cu;  $S_1 > S_3 > S_2 > S_5 > S_4$ , Zn;  $S_5 > S_3 > S_4 > S_2 > S_1$ , dan Pb;  $S_5 > S_3 > S_4 > S_2 > S_1$ , manakala taburan logam berat berdasarkan fraksi geokimia pula adalah Pb;  $F_4 > F_5 > F_2 > F_1 > F_3$ , Zn;  $F_4 > F_5 > F_1 > F_2 > F_3$ , Fe;  $F_5 > F_4 > F_3 > F_2 > F_1$  dan Cu;  $F_5 > F_1 > F_4 > F_2 > F_3$ .

## ABSTRACT

The distribution of heavy metals (Fe, Cu, Zn and Pb) in the sediment of Segama River with respect to particle size and geochemical fraction was investigated. The sediment particle size selected were 1mm -< 2mm, 0.5mm -< 1mm, 0.25mm -< 0.5mm, 0.125mm -< 0.25mm and < 0.063mm, while geochemical fraction were exchangeable fraction (F1), carbonate fraction (F2), Fe-Mn oxide fraction (F3), organic fraction (F4) and residual (F5) was determined by sequential extraction. The concentration of heavy metals in the extract was determined using AAS. The distribution of heavy metal according to size particle was Fe: S5 > S2 > S4 > S1 > S3, Cu: S1 > S3 > S2 > S5 > S4, Zn: S5 > S3 > S4 > S2 > S1, and Pb: S5 > S3 > S4 > S2 > S1. The distribution of heavy metal according to geochemical fraction were Pb: F4 > F5 > F2 > F1 > F3, Zn: F4 > F5 > F1 > F2 > F3, Fe: F5 > F4 > F3 > F2 > F1 and Cu: F5 > F1 > F4 > F2 > F3.



## KANDUNGAN

|                                             | Muka surat   |
|---------------------------------------------|--------------|
| PENGAKUAN                                   | ii           |
| PENGESAHAN                                  | iii          |
| PENGHARGAAN                                 | iv           |
| ABSTRAK                                     | v            |
| ABSTRACT                                    | vi           |
| SENARAI KANDUNGAN                           | vii          |
| SENARAI JADUAL                              | x            |
| SENARAI RAJAH                               | xii          |
| <br><b>BAB 1        PENDAHULUAN</b>         | <br><b>1</b> |
| 1.1    Pengenalan                           | 1            |
| 1.2    Logam berat dalam sedimen            | 1            |
| 1.3    Objektif                             | 2            |
| 1.4    Skop kajian                          | 3            |
| <br><b>BAB 2        ULASAN PERPUSTAKAAN</b> | <br><b>4</b> |
| 2.1    Logam berat                          | 4            |
| 2.1.1    Ciri-ciri logam berat              | 4            |
| 2.2    Logam berat dalam sedimen            | 6            |
| 2.2.1    Punca logam berat                  | 6            |
| 2.2.1.1    Secara semulajadi                | 7            |
| 2.2.1.2    Aktiviti antropogenik            | 10           |



|              |                                                   |           |
|--------------|---------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.2        | Taburan logam mengikut saiz butiran sedimen       | 12        |
| 2.2.3        | Taburan logam berat mengikut fraksi geokimia      | 16        |
| 2.2.3.1      | Jenis dan ciri-ciri fraksi geokimia               | 17        |
| 2.2.3.2      | Ekstraksi berjujukan                              | 19        |
| <b>BAB 3</b> | <b>BAHAN DAN KAEDAH</b>                           | <b>24</b> |
| 3.1          | Sampel sedimen                                    | 24        |
| 3.2          | Pengfraksian sampel mengikut saiz butiran         | 24        |
| 3.3          | Penentuan kepekatan logam mengikut saiz butiran   | 25        |
| 3.4          | Ekstraksi berjujukan                              | 25        |
| 3.4.1        | Fraksi boleh tukar ganti (F1)                     | 26        |
| 3.4.2        | Fraksi terikat kepada karbonat (F2)               | 26        |
| 3.4.3        | Fraksi terjerap dengan oksida Fe dan Mn (F3)      | 27        |
| 3.4.4        | Fraksi terkompleks dengan bahan organik (F4)      | 27        |
| 3.4.5        | Fraksi residu (F5)                                | 27        |
| 3.4.6        | Pengiraan kepekatan logam bagi setiap fraksi      | 29        |
| 3.4          | Analisis logam berat menggunakan AAS              | 32        |
| 3.5.1        | Spesifikasi alat AAS                              | 32        |
| 3.5.2        | Penyediaan larutan piawai                         | 32        |
| 3.5.3        | Penyediaan graf kalibrasi                         | 33        |
| 3.5.4        | Penentuan kepekatan logam berat                   | 33        |
| <b>BAB 4</b> | <b>HASIL DAN PERBINCANGAN</b>                     | <b>34</b> |
| 4.1          | Taburan sedimen mengikut saiz partikel            | 34        |
| 4.2          | Kepekatan logam berdasarkan saiz butiran sedimen. | 35        |



|              |                                                            |           |
|--------------|------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3          | Kepekatan logam berdasarkan kepada fraksi geokimia sedimen | 49        |
| <b>BAB 5</b> | <b>KESIMPULAN</b>                                          | <b>47</b> |
|              | <b>RUJUKAN</b>                                             | <b>48</b> |
|              | <b>LAMPIRAN</b>                                            | <b>52</b> |

## SENARAI JADUAL

| No. Jadual |                                                                                                               | Muka Surat |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.1        | Sumber semula jadi logam dan elemen dalam kerak bumi                                                          | 9          |
| 2.2        | Kepekatan logam toksik ( $\mu\text{g/g}$ ) dalam sedimen<br>di Sungai Rhine (Salomons dan Forstner, 1984)     | 10         |
| 2.3        | Panduan logam tercemar dan tidak tercemar<br>dalam sedimen oleh USEPA                                         | 11         |
| 2.4        | Nilai logam berat dalam tanah yang telah<br>dilaporkan di Eropah dan dilain-lain negara ( $\text{mg/kg}$ )    | 12         |
| 2.5        | Saiz butiran sedimen mengikut skala Wentworth (1922),<br>Friedman dan Sanders (1978)                          | 13         |
| 2.6        | Peratus taburan logam berat dalam sedimen mengikut<br>saiz butiran di sedimen Sungai Tiete-Pinheiros, Brazil. | 14         |
| 2.7        | Keputusan eksperimen ekstraksi berjujukan dalam sampel<br>sedimen                                             | 19         |
| 2.8        | Jenis-jenis larutan pengekstrak ekstraksi berjujukan<br>untuk sampel sedimen                                  | 21         |
| 3.1        | Parameter-parameter AAS                                                                                       | 32         |
| 3.2        | Kepekatan larutan piawai                                                                                      | 33         |
| 4.1        | Taburan sedimen mengikut saiz                                                                                 | 34         |
| 4.2        | Taburan logam mengikut saiz butiran                                                                           | 35         |
| 4.2        | Kepekatan logam berdasarkan kepada saiz butiran sedimen                                                       | 37         |



|     |                                                    |    |
|-----|----------------------------------------------------|----|
| 4.3 | Kepekatan logam berdasarkan kepada fraksi geokimia | 40 |
|-----|----------------------------------------------------|----|

|       |                                                    |    |
|-------|----------------------------------------------------|----|
| 4.3.1 | Kepekatan logam berdasarkan kepada fraksi geokimia | 40 |
| 4.3.2 | Kepekatan logam berdasarkan kepada fraksi geokimia | 41 |
| 4.3.3 | Kepekatan logam berdasarkan kepada fraksi geokimia | 42 |
| 4.3.4 | Kepekatan logam berdasarkan kepada fraksi geokimia | 43 |
| 4.3.5 | Kepekatan logam berdasarkan kepada fraksi geokimia | 44 |



**SENARAI RAJAH**

| No. Rajah |                                                        | Muka Surat |
|-----------|--------------------------------------------------------|------------|
| 3.1       | Skema ekstraksi berjujukan                             | 28         |
| 4.1       | Peratus kepekatan logam Pb dalam setiap fraksi sedimen | 41         |
| 4.2       | Peratus kepekatan logam Zn dalam setiap fraksi sedimen | 42         |
| 4.3       | Peratus kepekatan logam Fe dalam setiap fraksi sedimen | 44         |
| 4.4       | Peratus kepekatan logam Cu dalam setiap fraksi sedimen | 45         |



## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Pengenalan**

Logam berat tertabur dengan luasnya dalam kerak bumi dan kebanyakan logam berat tersebut tertabur secara kolompok dalam kerak bumi. Kewujudan logam berat dalam persekitaran disebabkan oleh punca semulajadi dan punca antropogenik. Punca semulajadi utama ialah batuan induk yang terdapat dalam kerak bumi. Luluhawa batuan induk ini menghasilkan tanah dan sedimen (Salomons dan Forstner, 1995).

Sejak dua dekad yang lalu, kandungan logam di persekitaran telah mengalami peningkatan yang mendadak akibat daripada punca antropogenik seperti aktiviti-aktiviti perlombongan, penggunaan bahan agrokimia, perbandaran, industri, serta pembakaran bahan fosil. Kehadiran logam berat dalam sedimen secara berlebihan di persekitaran boleh mendatangkan pencemaran alam sekitar (Salomons dan Forstner, 1995).



## 1.2 Logam berat dalam sedimen

Kebanyakan kewujudan logam berat dalam sedimen adalah berkait rapat dengan paras semula jadi dalam persekitaran dan saiz partikel sedimen (Salomons dan Forstner, 1995). Secara amnya, kepekatan logam adalah rendah dalam butiran kasar dan tinggi dalam sedimen halus. Logam berat dalam sedimen boleh didapati dalam pelbagai bentuk kimia, dan biasanya berbeza dari segi fizikal dan sifat-sifat kimia seperti interaksi bahan, pergerakan, kebolehan biologi dan keupayaan toksik.

Kepekatan logam berat dalam sedimen adalah bergantung kepada jenis logam, jenis batuan induk, saiz butiran serta kehadiran punca antropogenik dalam sedimen (Salomons dan Forstner, 1995). Fraksi logam berat dalam sedimen adalah merujuk kepada lima kategori utama iaitu boleh tukar ganti, ikatan karbonat, ikatan fasa residu, ikatan organik dan residu (Salomons dan Forstner, 1995). Setiap kategori mempunyai sifat yang berbeza merujuk kepada perubahan keadaan persekitaran (Kunwar *et al.*, 2005). Bentuk kimia logam berat dalam sedimen adalah bergantung kepada kaedah ekstraksi berjujukan yang digunakan. Penentuan ekstraksi berjujukan adalah penting untuk mengetahui taburan logam dalam sedimen. Taburan logam ini adalah untuk mengetahui sedimen tersebut samada tidak tercemar atau tercemar.

### 1.3 Objektif

Objektif kajian ini ialah:

- i. Untuk menentukan taburan logam mengikut saiz butiran sedimen
- ii. Untuk menentukan taburan logam dalam sedimen mengikut fraksi geokimia

### 1.4 Skop kajian

Dalam kajian ini, sampel sedimen dari Sungai Segama di Lembah Danum, Sabah telah dipilih. Kepekatan logam berat seperti Fe, Cu, Zn dan Pb mengikut saiz butiran sedimen ditentukan secara penghadaman asid. Kepekatan logam dalam pelbagai fraksi geokimia pula ditentukan secara ekstraksi berjujukan. Analisis logam dalam sampel larutan dilakukan menggunakan Spektroskopik Serapan Atom (AAS).

## **BAB 2**

### **ULASAN PERPUSTAKAAN**

#### **2.1 Logam berat**

Jadual berkala mengandungi lebih dari 90 elemen dari hidrogen hingga trans-uranians. Terdapat 59 elemen logam yang diklasifikasikan sebagai logam berat dan berkeupayaan menjadi toksik terhadap persekitaraan. Logam berat merupakan elemen yang mempunyai densiti  $\geq 6.0 \text{ g cm}^{-3}$  (Wright, 2003). Antara contoh logam berat ialah Fe, Zn, Cu dan Pb.

##### **2.1.1 Ciri-ciri logam berat**

Secara amnya, logam berat mempunyai ciri-ciri seperti tidak mudah rapuh, berkilau, pepejal pada suhu bilik, kehilangan elektron bagi membentuk ion bercas positif, serta pendebat haba dan elektrik yang baik. Salah satu contoh logam berat adalah logam kuprum (Cu). Cu merupakan logam ketiga toksik kepada biota selepas merkuri dan perak (Waldichuk, 1974). Cu mempunyai nombor atom 29 dan berat jisim 63.55 manakala takat

lebur dan takat didih adalah masing-masing  $1084.62^{\circ}\text{C}$  dan  $2562^{\circ}\text{C}$ . Warna logam ini adalah merah kekuningan dan ianya berkilat. Oleh kerana ianya berkilat, ia sesuai digunakan sebagai bahan barang perhiasan. Cu diperolehi daripada bijih kuprum (tembaga) terutamanya bornit, kuprit, chalkopirit dan azurit (Scheinberg, 1991).

Zink (Zn) pula logam ion yang amat berguna dalam tubuh badan manusia. Zn mempunyai nombor atom 30 dan jisim atom 65.4 manakala takat lebur dan takat didih adalah masing-masing  $420^{\circ}\text{C}$  dan  $907^{\circ}\text{C}$  (Harvey *et al.*, 2000). Zn melebur pada suhu lebih rendah berbanding logam peralihan yang lain. Zn adalah logam yang lembut dan mudah untuk bertindak balas dengan bahan-bahan inorganik yang digunakan dalam industri dan mudah larut di dalam kebanyakan pelarut. Zn didapati daripada bijih zink dalam bentuk zink sulfida seperti *sphalerit* dan *wurtzit*.

Ferum (Fe) merupakan unsur kumpulan ke-lapan dalam jadual berkala dengan berat molekul 55.85. Takat lebur dan takat didih Fe ialah masing-masing  $1535^{\circ}\text{C}$  dan  $2750^{\circ}\text{C}$  (Harvey *et al.*, 2000). Fe merupakan logam yang berwarna putih keperakkan dan mudah berkarat apabila bertindakbalas dengan oksigen dan air untuk membentuk besi oksida terhidrat. Ferum boleh wujud dalam bentuk-bentuk seperti hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), geotite ( $\alpha\text{-FeOOH}$ ), lepidocrocite ( $\gamma\text{-FeOOH}$ ) dan siderite ( $\text{FeCO}_3$ ). Fe merupakan logam yang paling kerap dijumpai dalam tanah.

Logam plumbum (Pb) pula adalah logam berat yang toksik dan amat merbahaya kepada manusia. Pb mempunyai nombor atom 82, jisim atom 207.2, takat didih 327 °C. Warna logam Pb ialah kelabu.

## **2.2 Logam berat dalam sedimen**

Logam berat memasuki persekitaran melalui aktiviti antropogenik dan secara semulajadi. Aktiviti antropogenik yang dijalankan oleh manusia telah meningkatkan taburan logam berat di atmosfera, tanah, sungai, tasik dan laut. Logam berat merupakan elemen semulajadi dan akan menjadi toksik apabila kepekatan dalam persekitaran semakin meningkat tanpa ada had (Forstner dan Solomons, 1995). Tidak semua logam yang memasuki sedimen akan kekal, logam tersebut akan mengalami kitaran semula secara biologiikal dengan menggunakan agen kimia dan seterusnya memasuki kitaran air semula.

### **2.2.1 Punca logam berat**

Sungai merupakan pembekal utama sedimen ke dalam laut dimana hanya partikel yang halus dapat memasuki kawasan laut dalam. Sungai juga merupakan sumber utama kemasukan bahan terlarut seperti silika, kalsium, kalium, ferum, magnesium, fosforus, dan asid humik ke dalam laut. Bahan terlarut dan terenal dari sungai merupakan sumber semulajadi yang terhasil melalui proses luluhawa batu, tanah, tumbuhan dan organisma pengurai. Sungai juga merupakan pengeluar primer bagi bahan sedimen dalam tasik air tawar, dimana kadar sedimentasi secara keseluruhannya lebih tinggi berbanding di dalam

laut. Logam berat memasuki sedimen sungai melalui dua punca utama iaitu melalui aktiviti antropogenik dan secara semulajadi.

### **2.2.1.1 Secara semulajadi**

Secara amnya, logam merupakan elemen yang terpenting dalam kerak bumi. Luluhawa mineral (semulajadi) dan proses perlombongan merupakan sumber utama kewujudan logam dalam teresterial bumi, akuatik, dan sistem atmosfera. Tanah dan sedimen terhasil secara semulajadi melalui proses luluhawa dan hakisan batu yang biasanya diangkut oleh agen angin, air dan ais dan diendapkan secara berlapis. Tanah daripada luluhawa mineral kaya dengan komponen seperti bahan organik mineral dan pereputan.

Dalam tanah, logam merupakan sebahagian daripada mineral tanah atau wujud sebagai kompleks partikel dalam pelbagai bentuk. Logam termendak dalam tanah dan sedimen apabila berlakunya perubahan pH, pengoksidaan dan lain-lain perubahan yang menyebabkan komposisi kimia logam tersebut berubah.

Menurut Salomons dan Forstner (1984), penyebab utama pemendakan dan pembentukan kompleks dalam sedimen adalah disebabkan oleh pengoksidaan komponen penurunan seperti ferum, magnesium dan sulfida, penurunan oleh logam yang bervalensi tinggi melalui interaksi bahan organik (selenium dan perak), penurunan sulfat kepada sulfida (ferum, kuprum, perak, zink, merkuri, nikel, arsenik dan selenium yang termendak sebagai sulfida logam), tindakbalas alkali (strontium, magnesium, ferum, zink, kadmium

dan lain-lain yang termendak oleh peningkatan pH disebabkan interaksi batu alkali dan sedimen atau melalui percampuran dengan air alkali), jerapan atau *co*-pemendakan ion metalik dengan ferum dan magnesium oksida serta tanah liat dengan partikel bahan organik, dan tindakbalas pertukaran ion terutamanya oleh tanah liat. Sumber semula jadi logam dan elemen dalam kerak bumi adalah merujuk dalam Jadual 2.1.

Dalam tanah dan sedimen, logam dipindahkan melalui proses hakisan oleh angin dan air. Tanah dan sedimen akan diperkaya dengan bahan pencemar semasa berlakunya hakisan dan aliran perpindahan. Kandungan logam yang banyak menerangkan perbezaan kepekatan logam dalam tanah diantara bahan induk dan perpindahan melalui aliran sungai. Proses ini berlaku dalam dua fasa. Pertama adalah pemisahan sedimen dan bahan pencemar daripada bahan induk yang terpilih bagi melarutkan bahan pencemar dan dalam fraksi halus sedimen. Ini adalah disebabkan, kebanyakan logam toksik dalam tanah dan sedimen didapati lebih banyak terikat dalam fraksi tanah liat dan bahan organik.

Dan yang kedua ialah, apabila hujan merempuh permukaan tanah, sesetengah logam akan terlepas dan masuk kedalam air dan sesetengah lagi akan terjerap dan/atau termendak kedalam partikel tanah dan sedimen. Oleh itu, kandungan logam adalah lebih banyak dalam sedimen *runoff* berbanding dalam bahan induk. Perbezaan logam diantara dalam tanah dan sedimen yang mengandungi logam toksik tanpa dipengaruhi oleh kegiatan manusia ditunjukkan dalam Jadual 2.2.

**Jadual 2.1** Sumber semula jadi logam dan elemen dalam kerak bumi

| Elemen    | Sumber semula logam dalam kerak bumi                                                                                                                                         |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Antimoni  | Stibnite ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ), mata air geoterma , bekas lombong                                                                                                      |
| Arsenik   | logam arsenida dan arsenit, bijih sulfida (arsenopyrite), Arsenite ( $\text{HAsO}_2$ ), gas vulkanik, mata air geoterma                                                      |
| Berillium | Beril ( $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ ), Phenacite ( $\text{Be}_2\text{SiO}_4$ )                                                                          |
| Kadmium   | Zink karbonat dan bijih sulfida, kuprum karbonat and bijih sulfit                                                                                                            |
| Kromium   | Kromit ( $\text{FeCr}_2\text{O}$ ), kromit oksida ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )                                                                                                |
| Kuprum    | Logam bebas ( $\text{Cu}^0$ ), kuprum sulfit ( $\text{CuS}_2$ ), Chalcopyrite ( $\text{CuFeS}_2$ ), bekas lombong                                                            |
| Plumbum   | galena ( $\text{PbS}$ )                                                                                                                                                      |
| Merkuri   | logam bebas ( $\text{Hg}^0$ ), Cinnabar ( $\text{HgS}$ )                                                                                                                     |
| Nikel     | mineral ferromagnes, bijih sulfida ferrous, Pentladite ( $(\text{Ni},\text{Fe})_9\text{S}_8$ ) nikel oksida ( $\text{NiO}_2$ ), nikel hidrosida ( $\text{Ni}(\text{OH})_3$ ) |
| Selenium  | logam bebas ( $\text{Se}^0$ ), ferroselite ( $\text{FeSe}_2$ ), mendapan uranium, cengkerang hitam Chalcopyrite – pantladite – mendapan Pyrrhotite                           |
| Argentum  | Logam bebas ( $\text{Ag}^0$ ), Argentum klorida ( $\text{AgCl}_2$ ), Argentida ( $\text{AgS}_2$ ), kuprum, plumbum dan zink                                                  |
| Thallium  | kuprum, plumbum, residu argentum                                                                                                                                             |
| Zink      | Zinc blende ( $\text{ZnS}$ ), Willemite ( $\text{ZnSiO}_4$ ), Calamine ( $\text{ZnCO}_3$ ) mine drainage                                                                     |

**Jadual 2.2** Kepekatan logam toksik ( $\mu\text{g/g}$ ) dalam sedimen di Sungai Rhine (Salomons dan Forstner, 1984)

| Logam | <i>Sub-recent Rhine</i> sedimen<br>( $\mu\text{g/g}$ ) | <i>Lacustrine</i> sedimen<br>( $\mu\text{g/g}$ ) |
|-------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Cd    | 0.3                                                    | 0.40                                             |
| Co    | 16                                                     | 16                                               |
| Cr    | 47                                                     | 62                                               |
| Cu    | 51                                                     | 45                                               |
| Hg    | 0.2                                                    | 0.35                                             |
| Mn    | 960                                                    | 700                                              |
| Ni    | 46                                                     | 66                                               |
| Pb    | 30                                                     | 34                                               |
| Zn    | 115                                                    | 118                                              |

### 2.2.1.2 Aktiviti antropogenik

Sediman yang terdedah dengan sumber utama antropogenik mengandungi lebih banyak kandungan bahan pencemar. Menurut Solomons dan Frostner (1995), benua Eropah mengandungi sedimen yang terdedah dengan bahan pencemar dalam jangka masa yang panjang. Penyingkiran logam ke atas persekitaran sedimen di benua Eropah merupakan yang terbesar diperolehi berbanding di lain benua. Logam antropogenik memasuki tanah dan sedimen melalui pelbagai cara diantaranya adalah melalui pemendapan udara, penggunaan pestisid dan baja, penggunaan tanah tandus (waste utilization), perlombongan serta sungai dan pengairan air.

Penspesisan dan taburan logam antropogenik dalam tanah adalah berkait rapat dengan bentuk kimia pada masa tembungan. Oleh itu, logam antropogenik mungkin berbeza dari segi fizikal di dalam sedimen, bergantung kepada permukaan tindakbalas serta ikatan dengan tenaga ikatan yang berbeza. Garis panduan mengenai kepekatan logam berat dalam sedimen tercemar dan tidak tercemar adalah berdasarkan dalam Jadual 2.2 yang diberikan oleh United States Enviromental Protection Agency (USEPA).

Pencemaran daripada sumber agrikultur memberikan kesan yang tinggi terhadap pengumpulan logam di dalam tanah dan sedimen (Jadual 2.3). Dalam sesetengah kes, logam yang diperolehi daripada kedua-dua sumber semulajadi dan antropogenik adalah sukar untuk dikenalpasti sumber utamanya. Hujan asid juga penyumbang utama kemasukan beberapa bahan pencemar inorganik ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , dan HF), dan pencemar organik ( *e.g polycyclic hydrocarbon*) ke dalam tanah dan sedimen (Salomons dan Forstner, 1984).

**Jadual 2.3** Panduan logam tercemar dan tidak tercemar dalam sedimen oleh USEPA

| Logam | Tidak tercemar<br>(mg/kg) | Sederhana tercemar<br>(mg/kg) | Sangat tercemar<br>(mg/kg) |
|-------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Pb    | < 40                      | 40-60                         | > 60                       |
| Ni    | < 20                      | 20-50                         | > 50                       |
| Cd    | -                         | -                             | > 6                        |
| Cr    | < 25                      | 25-75                         | > 75                       |
| Cu    | < 25                      | 25-30                         | > 50                       |
| Mn    | < 300                     | 300-500                       | >500                       |

## RUJUKAN

- Balkis N., Cagatay M. N., 2001. Factors controlling metal distributions in the surface sediment of the Erdek Bay, Sea of Marmara, Turkey. *Enviromental International* 27, 1-13.
- Banerjee A. D. K., 2003. *Heavy metal levels and solid phase speciation in street dusts of Delhi, India*. Environmental Pollution 123, 95-105.
- Brian M., Carletto B. M., Wan Fuad Wan Ismail dan Alias Hj. Salleh (ptjr.), 1989. *Prinsip-prinsip Geokimia*. Ed. Ke-4. Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Belzunce-Segarra M. J., Wilson M. J., Bacon J., Bolalek J., Szefer P., Chemical forms and distribution of heavy metal in core sediment in the Gdansk Basin, Baltic Sea, 2004.
- Bin Li, Wang Q., Huang B., Li S., 2001. Evaluation of the results from a Quasi-tessier's sequential extraction procedure for haevy metal speciation in soils and sediment by ICP-MS. *Analytical Sciences*. Vol 17.
- Fostner dan Salomons, 1995. *Heavy Metal: Problems and Solutions*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Forstner U., Wittmann G. T. W., 1981. *Metal pollution in the Aquatic Environment*, second ed. Springer, Berlin.
- Glasby G. P., Szefer P., Geldon J., Warzocha J., 2004. Heavy metal pollution of sediment from Szczecin Lagoon and the Gdansk Basin, Poland. *Science of the Total Environment* 330, 249-269.



- Haag I., Ulrich K., Bernhard W., 2001. *Erosion investigation and sediment quality measurements for a comprehensive risk assessment of contaminated aquatic sediments*. The science of the total environment.
- Hlavay J., Prohaska T., Weisz M., Wenzel W. W., Stingeder G. J., 2004. Determination of trace elements bound to soils and sediment fractions. *Pure Application Chemistry*. Vol 76, no.2, 415-442.
- Ivone S. da Silva, Gilberto A., Jaim L., Jorge C. M., 2002. Heavy metal distribution in recent sediments of the Tiete-Pinheiros river system in Sao Paulo state, Brazil. *Applied Geochemistry* 17, 105-116.
- Jain C. K., Sharma M. K., 2001. Distribution of trace metals in the Hindon River system, India. *Journal of Hydrology* 253, 81-90.
- Jain C. K., Metal fractionation study on bed sediments of River Yamuna, India. *Water Research* 38, 569-578.
- Jones B., dan Turki A., 1997. Distribution and speciation of heavy metal in surficial sediments from the Tees Estuary, north-east England. *Marine Pollution Bulletin* 34, 768-779.
- Kunwar P. S., Dinesh M., Vinod K. S., Amrita M., 2005. Studies on distribution and fractionation of heavy metals in Gomti river sediments – a tributary of the Ganges, India. *Journal of Hydrology* 312 (2005) 14-27.
- Lake D. L., Kirk P. W. W., Lester J. N., 1984. Fractionation, characterization and speciation of heavy metal in sewage sludge and sludge-amended soils: a review. *Journal of Environmental Quality* 13, 175-183.



- Matthieu W., Ricardo D. R., Jean-Francois M., Pierre L. C., 2004. Distribution and chemical speciation of dissolved cadmium and copper in the Loire estuary and North Biscay continental shelf, France. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **59**, 49-57.
- Moriarty F., Bull K. R., Hanson H. M., dan Freestone P., 1982. *The Distribution of Lead, Zinc and Cadmium in Sediment of an Ore-Enriched Lotic Ecosystem, The River Ecclesbourne, Derbyshire*. Applied Science Publishers Ltd, England.
- Pagnanelli F., Moscardini E., Giuliano V., Toro L., 2004. Sequential extraction of heavy metals in river sediments of an abandoned pyrite mining area: pollution detection and affinity series. *Environmental Pollution* **132**, 189-201.
- Perez-Cid B., Lavilla I., Bendicho C., 1998. *Analytical Chemistry Acta* 360 (1-3), 35-41.
- Ramos L., Hernandez M., Gonzalez M. J., 1994. Sequential fractionation of Copper, Lead, Cadmium and Zinc in Soils from our near Donana National Park. *Journal of Environmental Quality* **23**, 50-57.
- Salomons W. dan Forstner U., 1984. *Metals in the Hydrocycle*. Springer, Berlin.
- Scheinberg H., Merian E. (eds). 1991. *Copper. In: Metals and Their Compounds in the Environment: Occurrence, Analysis and Biological Relevance*, VCH Publishers, New York.
- Soares H. M. V. M., Boaventura R. A. R., Machado A. A. S. C., dan Silva J. C. G. E., 1999. *Environment Pollution*
- Stone M., Droopo I. G., 1996. Distribution of Lead, Copper and Zinc in size-fractionated river bed sediment in two agricultural catchments of Southern Ontario, Canada. *Environmental Pollution* **3** (93), 353-362.



- Tessier A., Campbell dan Bisson M., 1979. *Sequential extraction Procedure for Speciation of Particulate Trace Metals*. Analytical Chemistry, **51**, 844-850.
- Tsai L.J., 2003. *Correlation of Particle Sizes and Metals Speciation in River Sediment*. **14**, 26-29.
- Waldichuk M., Vernberg F. J. dan vernberg W. B., (eds). 1974. *Some Biological Concerns in Heavy Metal Pollution*. In: *Pollution and Physiology of Marine Organisms*. Academic Press, New York.
- Warren L. J., 1981. *Contamination of Sediment by Lead, Zinc and Cadmium: A review*. Applied Science Publishers Ltd, England.
- Wright, J., 2003. *Enviromental Chemistry*. Routledge Taylor and Francis Group, New York.
- Xiandong L., Zhenguo S., Onyx W. H. W., Yok-Sheung L., 2001. *Marine Pollution Bulletin* **3** (42), 215-223.
- Ying O., John H., Jeanne T., Tim O., Dean C., 2002. Characterization and spatial distribution of heavy metal in sediment from Cedar and Ortega rivers subbasin. *Journal of Contaminant Hydrology* **54**, 19-35.