

## Pengaruh jenis batuan sekitar terhadap taburan Pb dalam sedimen muara Sungai Merbok, Kedah

HABIBAH HJ JAMIL, WAN FUAD WAN HASSAN & MOHAMAD MD TAN

Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam, Fakulti Sains dan Teknologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor Darul Ehsan

**Abstrak:** Plumbum dalam sedimen muara terbahagi kepada dua fraksi utama iaitu Pb baki atau litogenik (*residual*) dan Pb bukan baki (*non-residual*). Pengaruh jenis batuan terhadap kepekatan Pb bukan baki dalam sedimen muara penting bagi mengenalpasti sama ada kepekatan Pb bukan baki dalam sedimen muara berpunca secara tabii ataupun disumbangkan oleh kegiatan manusia. Kajian ini bertujuan untuk mengenalpasti pengaruh jenis batuan sekitar iaitu granit-pegmatit, syis, syal dan bijih besi terhadap kepekatan Pb baki dan bukan baki dalam sedimen muara Sungai Merbok. Sebanyak 80 sampel sedimen berkedalaman 5-50 cm di sepanjang Sungai Merbok dan Sungai Petani telah diambil. Kandungan Pb pukal dalam batuan granit-pegmatit, syis, syal dan bijih besi masing-masing sebanyak 91 ppm, 6.3 ppm, 59 ppm dan di bawah had pengesanan. Sebahagian besar daripada Pb baki dan bukan baki dalam sedimen muara dipengaruhi oleh batuan syal Formasi Mahang. Pengaruh batuan granit-pegmatit terhadap Pb baki di kesan dalam sedimen muara di selatan Gunung Jerai. Walau bagaimanapun, kesannya terhadap Pb bukan baki tidak begitu ketara. Batuan syis dan bijih besi mempunyai kepekatan Pb yang rendah dan tidak menunjukkan pengaruh yang besar terhadap kepekatan Pb dalam sedimen muara Sungai Merbok. Secara kesimpulan, pengaruh jenis batuan didapati lebih jelas dalam fraksi Pb baki atau litogenik berbanding dengan Pb bukan baki.

**Abstract:** Lead in estuarine sediments can be divided into two fractions i.e. residual or lithogenic Pb and non-residual Pb. The influence of country rocks on non-residual Pb in estuarine sediments is important to differentiate natural or anthropogenic sources of Pb. The purpose of this study is to determine the influence of the country rocks i.e. granite-pegmatite, schist, shale and iron ore on the total, residual and non-residual Pb concentrations in the Sungai Merbok estuarine sediments. Eighty sediment samples were collected representing 5-50 cm depths along Sungai Merbok and Sungai Petani. Total Pb concentrations in granite-pegmatite, schist, shale and iron ore were 91 ppm, 6.3 ppm, 59 ppm and below the detection limit respectively. Most of the residual and non-residual Pb in the estuarine sediments show the influence of shale from the Mahang Formation. The influence of granite-pegmatite on residual Pb were detected in estuarine sediments south of Gunung Jerai. However, their influence on non-residual Pb was not significant. Schist and iron ore contain low Pb concentrations and did not show any significant influence on Pb concentrations in the estuarine sediments in Sungai Merbok. It is concluded that the influence of rock types are clearer in residual or lithogenic Pb compared to the non-residual fraction.

### PENDAHULUAN

Sedimen muara merupakan sinki logam berat yang baik. Kedudukan muara sungai yang agak terlindung dan tenang menyebabkan proses sedimentasi berlaku dengan baik. Pertembungan antara air laut yang masin dengan air tawar pula menggalakkan proses penjerapan dan pengendapan logam berat di persekitaran tersebut.

Plumbum dalam sedimen muara terbahagi kepada dua fraksi utama iaitu Pb baki (*residual*) dan Pb bukan baki (*non-residual*). Fraksi Pb baki terdiri daripada Pb yang terkandung dalam kekisi mineral. Ia juga dikenali sebagai fraksi litogenik dan berpunca daripada batuan (Badri, 1984; de Groot *et al.*, 1982; Khairiah, 1987; Rose *et al.*, 1979). Fraksi Pb bukan baki pula terdiri daripada Pb yang berasosiasi dengan sedimen muara secara tukarganti ion, membentuk selaput di permukaan butiran atau terperangkap dalam mendakan bersifat amorf (hidroksida, karbonat, sulfat dan fosfat) ataupun koloid (oksida Fe-Mn, lempung dan bahan organik) dan membentuk kompleks organo-logam dengan bahan organik (Badri, 1984; Förstner, 1989; Rose *et al.*, 1979). Pb dalam fraksi ini tidak berada dalam kekisi

mineral. Secara tabii, Pb bukan baki berpunca daripada batuan yang terluluhawa secara kimia. Walau bagaimanapun, ia juga boleh disumbangkan oleh kegiatan manusia (antropogenik).

Jenis batuan di kawasan tadahan didapati mempengaruhi kepekatan Pb dalam sedimen. Ini dibuktikan dalam beberapa kajian terdahulu di persekitaran yang berbeza iaitu sedimen tasik (Abraham, 1998), sedimen muara (Tan, 1986) dan sedimen sungai (Datta & Subramaniam, 1998; Irabien & Velasco, 1990; Pulkkinen & Rissanen, 1997). Dalam kebanyakan kajian, nilai Pb pukal (total) digunakan untuk merujuk kesan jenis batuan terhadap sedimen. Pengaruh jenis batuan terhadap Pb baki (*residual*) dan Pb bukan baki (*non-residual*) dalam sedimen masih kurang diperbincangkan. Bagi kawasan beriklim tropika lembab, pengaruh jenis batuan terhadap Pb bukan baki perlu diketahui kerana batuan di kawasan tersebut mengalami luluhawa kimia yang lebih tinggi dan cenderung untuk terurai daripada batuan. Pengetahuan tersebut juga penting bagi mengenalpasti sama ada kepekatan Pb bukan baki dalam sedimen muara berpunca secara tabii ataupun disumbangkan oleh kegiatan manusia.

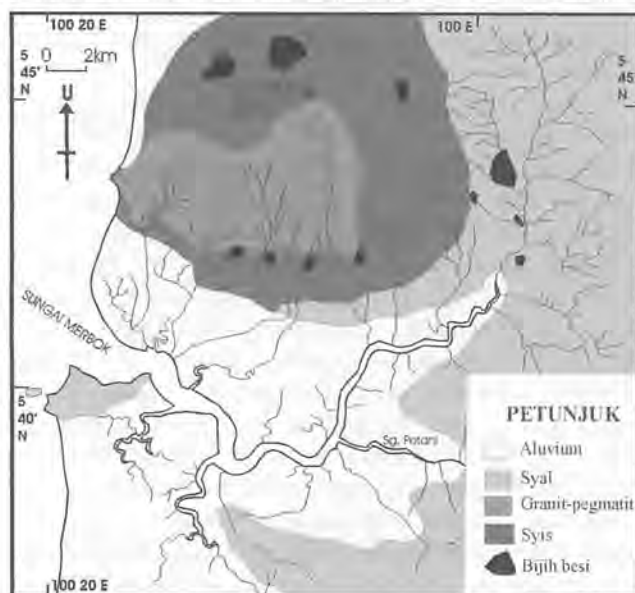
Kajian ini bertujuan untuk mengenalpasti pengaruh jenis batuan sekitar iaitu granit-pegmatit, syis, syal dan bijih besi terhadap kepekatan Pb baki dan bukan baki dalam sedimen muara Sungai Merbok.

## GEOLOGI

Kawasan Sungai Merbok, Kedah terletak di bahagian barat laut Semenanjung Malaysia (Rajah 1). Hampir separuh daripada kawasan Sungai Merbok terdiri daripada batuan syal Formasi Mahang, terutama sekali di bahagian timur dan selatan. Batuan granit-pegmatit membentuk stok Gunung Jerai di utara Sungai Merbok. Rejahan granit menyebabkan batuan di sekitar Gunung Jerai termetamorf lalu membentuk aureol batuan syis (Bradford, 1970). Pemineralan bijih besi yang terbentuk hasil proses pirometasomatik pula tertabur pada zon persentuhan antara kedua-dua unit batuan tersebut (Bean, 1969). Sungai Merbok dan anak-anak sungainya menempati sebahagian besar daripada kawasan kajian. Sungai Petani merupakan cawangan sungai yang utama bagi Sungai Merbok. Ia mengalir melintasi Bandar Sungai Petani, iaitu sebuah bandar yang paling sibuk di kawasan kajian sebelum bertemu dengan Sungai Merbok. Secara keseluruhan, jenis gunatanah di kawasan ini masih bersifat kedesaan (Kedah, 1996).

## BAHAN DAN KAEDAH KAJIAN

Kandungan unsur major dan Pb pukal dalam batuan granit-pegmatit, syis, syal dan bijih besi ditentukan menggunakan teknik pendarflour-X (XRF) mengikut kaedah Norrish & Hutton (1969). Sebanyak 80 sampel sedimen berkedalaman 5-50cm di sepanjang Sungai Merbok dan Sungai Petani telah diambil menggunakan Piston Corer. Sedimen diayak menggunakan penapis nilon bersaiz <63µm



Rajah 1. Peta geologi kawasan Sungai Merbok, Kedah (Bean 1969; Bradford 1970).

sebelum penentuan Pb dan unsur major dilakukan. Kandungan unsur major dalam sedimen muara ditentukan menggunakan kaedah yang sama seperti di atas. Pb bukan baki diekstrak menggunakan asid hidroklorik berkepekatan 1.0M. Baki sedimen kemudiannya dilarutkan menggunakan campuran asid hidroklorik dan asid nitrik mengikut kaedah Peerzada & Rohoza (1989) bagi mendapatkan Pb baki. Kepekatan Pb bukan baki dan baki dalam hasil ekstraksi (supernatan) dianalisis menggunakan Spektrometer Serapan Atom (AAS) model AAS Flame Spectrometer Perkin-Elmer.

## KEPUTUSAN

Purata komposisi unsur major dalam batuan granit-pegmatit, syal, syis, bijih besi dan sedimen muara ditunjukkan oleh Jadual 1. Kepekatan Pb bukan baki, Pb baki dan Pb keseluruhan pula adalah seperti dalam Jadual 2.

Batuan granit-pegmatit mengandungi kepekatan Pb paling tinggi iaitu sebanyak 91.25ppm (Rajah 2). Kepekatan Pb berkait rapat dengan kandungan mineral felspar dalam batuan granit-pegmatit. Pb terkandung dalam kekisi mineral felspar secara tukarganti dengan ion K. Ini kerana saiz ionik radii  $Pb^{2+}$  dengan  $K^+$  yang hampir sama membolehkan kedua-dua ion tersebut saling bertukarganti secara isomorfik (Deer *et al.*, 1989). Batuan granit-pegmatit juga menunjukkan nisbah  $K_2O:Al_2O_3$  yang tinggi berbanding dengan jenis batuan lain. Kandungan  $K_2O$  yang tinggi dalam batuan granit-pegmatit disebabkan oleh kehadiran mineral felspar. Ini kerana unsur major tersebut merupakan komponen utama yang membentuk felspar (Deer *et al.*, 1989; Tebbens *et al.*, 2000).

Batuan syal mempunyai kepekatan Pb sebanyak 58.88ppm. Pada beberapa sampel, kepekatannya meningkat sehingga 353ppm (Rajah 2). Kepekatan tersebut agak tinggi berbanding dengan purata Pb dalam batuan syal dan batu lumpur iaitu sebanyak 23ppm (Davies, 1995). Kepekatan Pb yang tinggi dalam batuan tersebut berkemungkinan disebabkan oleh kandungan  $Fe_2O_3$  dan  $MnO$  yang tinggi dalam batuan syal Formasi Mahang. Batuan syal Formasi Mahang merupakan jenis batuan endapan laut dalam (Bradford, 1970). Pb cenderung untuk berasosiasi dengan oksida mangan dalam batuan tersebut ketika proses pengendapan sedimen di persekitaran laut dalam (Chester & Hughes, 1967; Salomons & Förstner, 1984).

Kepekatan Pb dalam syis sangat rendah iaitu kurang daripada 12 ppm (Rajah 2). Komposisi utama syis terdiri daripada kuarza, biotit dan muskovit. Mineral felspar tidak terkandung dalam syis di Gunung Jerai. Ini menyebabkan kepekatan Pb dalam batuan tersebut sangat rendah. Pemineralan bijih besi di Sungai Merbok tidak mengandungi Pb. Kepekatannya dalam bijih besi primer sangat rendah iaitu dibawah had pengesanan (Rajah 2).

Kepekatan Pb dalam sedimen muara lebih rendah berbanding dengan batuan granit-pegmatit dan syal di kawasan tadahan. Nilai Pb dalam kedua-dua medium

**Jadual 1.** Kandungan unsur major dalam batuan di kawasan tadahan dan sedimen muara Sungai Merbok.

Unsur major (%)	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	Jumlah
Batuan												
Granit-pegmatit (N=30)	60.02	0.46	22.86	3.84	0.12	0.63	0.73	2.29	7.45	0.19	1.44	100.00
Syal (N=40)	73.28	0.63	13.18	5.35	0.14	0.54	bdl	0.17	2.78	0.03	3.90	100.02
Syis (N=30)	66.54	0.47	21.12	7.17	0.11	0.89	bdl	0.54	2.24	0.11	0.95	100.01
Bijih besi (N=11)	0.56	0.08	0.44	93.11	0.38	0.68	0.03	1.14	0.04	0.09	3.63	100.18
Sedimen muara (N=80)	53.64	0.77	16.85	5.16	0.02	1.09	0.27	1.28	1.79	0.14	19.03	100.05

tersebut juga tidak menunjukkan korelasi yang signifikan ( $P > 0.05$ ). Keadaan ini berkemungkinan disebabkan oleh proses penyebaran semula Pb seperti aktiviti hidrodinamik, penjerapan dan penyahjerapan di persekitaran muara (Liu *et al.*, 2003).

Graf K<sub>2</sub>O:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> melawan Pb keseluruhan menunjukkan sampel sedimen terbahgi kepada dua kelompok utama. Kelompok pertama terdiri daripada sedimen yang terletak di selatan Gunung Jerai. Sampel-sampel di lokasi tersebut didapati mempunyai kandungan K<sub>2</sub>O yang tinggi berbanding dengan sampel-sampel lain. Kehadiran K<sub>2</sub>O di lokasi tersebut menunjukkan kehadiran mineral felspar dalam sedimen (Tebbens *et al.*, 2000), iaitu mineral yang terkandung dalam batuan granit-pegmatit.

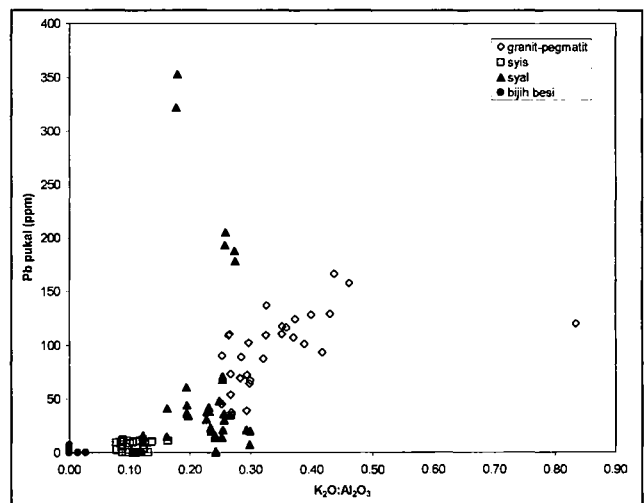
Kelompok yang kedua terdiri daripada sampel-sampel yang selebihnya iaitu di lokasi Sungai Petani, tebing selatan dan tebing utara Sungai Merbok. Sampel-sampel tersebut mempunyai nilai K<sub>2</sub>O:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Pb keseluruhan yang hampir sama. Kelompok tersebut menunjukkan pengaruh batuan yang dominan di Sungai Merbok, iaitu syal berdasarkan kandungan K<sub>2</sub>O yang tidak begitu tinggi berbanding dengan sedimen di selatan Gunung Jerai. Pengasingan tersebut dikesan lebih jelas pada Pb baki atau litogenik. Graf K<sub>2</sub>O:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> melawan Pb baki menunjukkan pengasingan sampel kepada dua kelompok. Walau bagaimanapun, jumlah kepekatan Pb baki dalam kedua-dua kelompok tersebut adalah hampir sama. Graf K<sub>2</sub>O:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> melawan Pb bukan baki menunjukkan sampel-sampel sedimen terhimpun dalam beberapa kelompok kecil yang mewakili kepekatan Pb bukan baki tabii dan antropogenik. Sebahagian daripada sampel di Sungai Petani, tebing selatan dan tebing utara Sungai Merbok menunjukkan kepekatan Pb bukan baki yang lebih tinggi daripada nilai garis dasar Pb bukan baki dalam sedimen muara Sungai Merbok iaitu 6.13 µg/g. Pb tersebut dianggap berpunca daripada pengaruh antropogenik. Seperti Pb keseluruhan dan Pb baki, sampel di bawah paras garis dasar juga didapati terhimpun dalam dua kelompok yang menggambarkan perbezaan jenis batuan.

## PERBINCANGAN

Kajian ini menunjukkan bahawa jenis batuan di kawasan tadahan mempengaruhi kepekatan Pb dalam sedimen muara Sungai Merbok. Pengaruh batuan granit-pegmatit terhadap taburan Pb dikesan dalam sedimen muara

**Jadual 2.** Kepekatan Pb dalam batuan di kawasan tadahan dan sedimen muara Sungai Merbok.

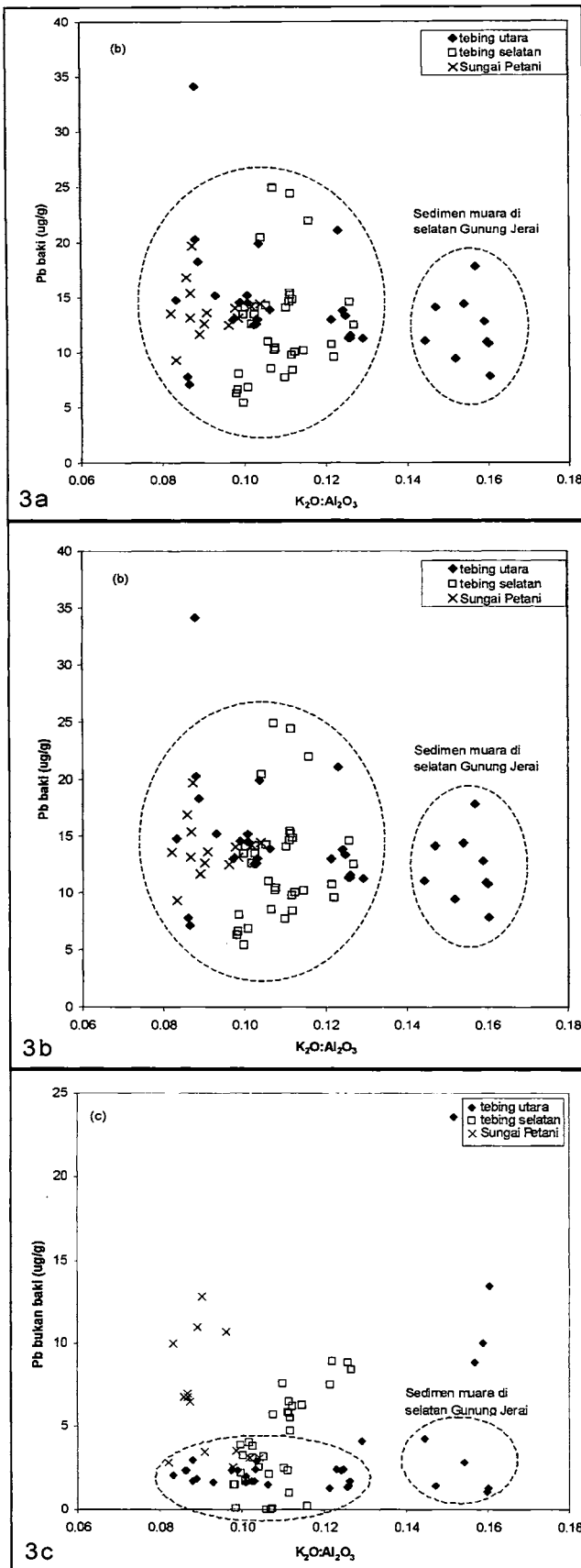
Pb (µg/g)	purata	minima	maksima
Batuan			
Granit-pegmatit (N=30)	91.25	35.00	166.00
Syal (N=40)	58.88	bdl	353
Syis (N=30)	6.33	bdl	12.00
Bijih besi (N=11)	1.54	bdl	7.00
Sedimen muara (N=80)			
Pb keseluruhan	17.54	7.60	37.100
Pb bukan baki	4.18	bdl	23.60
Pb baki	13.36	5.40	34.10



**Rajah 2.** Graf K<sub>2</sub>O:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> melawan Pb pukal dalam batuan granit-pegmatit, syis, syal dan bijih besi di kawasan tadahan.

di selatan Gunung Jerai. Pengaruh batuan daripada Gunung Jerai terhadap aluvium di Sungai Merbok pernah dilaporkan sebelum ini oleh pengkaji terdahulu berdasarkan kandungan K<sub>2</sub>O yang tinggi (Allbrooks, 1974) dan kehadiran mika (Bradford, 1970) dalam sedimen. Sampel-sampel di lokasi lain pula menunjukkan pengaruh batuan yang paling dominan di kawasan tadahan iaitu syal Formasi Mahang. Batuan syis dan bijih besi mempunyai kepekatan Pb yang rendah dan tidak menunjukkan pengaruh yang besar terhadap kepekatan Pb dalam sedimen muara Sungai Merbok.

Walaupun kepekatan Pb dalam batuan granit-pegmatit lebih tinggi berbanding syal, kepekatan Pb keseluruhan



Rajah 3. (a) Graf  $K_2O:Al_2O_3$  melawan Pb keseluruhan dalam sedimen muara Sungai Merbok. (b) Graf  $K_2O:Al_2O_3$  melawan Pb baki dalam sedimen muara Sungai Merbok. (c) Graf  $K_2O:Al_2O_3$  melawan Pb bukan baki dalam sedimen muara Sungai Merbok.

dan Pb baki di selatan Gunung Jerai hampir sama dengan sampel-sampel lain. Ini mungkin disebabkan oleh sebaran Pb dalam batuan granit-pegmatit dan syal yang berbeza. Pb dalam batuan granit-pegmatit terkandung dalam kekisi mineral felspar secara isomorfik. Sebaliknya Pb dalam batuan syal berasosiasi dengan oksida mangan. Batuan syal Formasi Mahang pula mempunyai kandungan Pb yang lebih tinggi daripada purata syal dan batu lumpur (Davies, 1995). Sebaran semula Pb di sekitaran muara menyebabkan kepekataannya menjadi hampir sama.

Pengaruh jenis batuan sekitar dikesan dengan jelas dalam fraksi Pb baki atau litogenik. Fraksi tersebut mewakili Pb yang terkandung dalam kekisi mineral. Ia menggambarkan kepekatan Pb yang berasal daripada batuan. Pengaruh batuan sekitar juga dikesan dengan baik dalam Pb keseluruhan. Ini kerana sebahagian besar daripada Pb dalam sedimen muara terdiri daripada Pb baki.

Pengaruh jenis batuan terhadap Pb bukan baki tidak begitu ketara. Ini disebabkan oleh kehadiran Pb bukan baki dalam sedimen yang berpunca daripada kegiatan manusia. Walau bagaimanapun, kesan tersebut dapat dikenalpasti dengan lebih baik sekiranya sampel yang mengandungi Pb antropogenik dikeluarkan daripada data terlebih dahulu.

## KESIMPULAN

Kajian ini menunjukkan kepekatan Pb dalam sedimen muara Sungai Merbok dipengaruhi oleh batuan syal Formasi Mahang. Pengaruh batuan granit-pegmatit dikesan dalam sedimen di selatan Gunung Jerai. Kepekatan Pb dalam syis dan bijih besi sangat rendah dan sumbangannya terhadap kepekatan Pb dalam sedimen muara Sungai Merbok tidak begitu ketara. Pengaruh jenis batuan sekitar didapati lebih jelas dalam Pb baki atau litogenik berbanding dengan Pb bukan baki.

## RUJUKAN

- Abraham, J., 1998. Spatial distribution of major and trace elements in shallow reservoir sediments: an example from Lake Waco, Texas. *Environmental Geology* 36(3-4):349-363.
- Albrooks, F. A., 1974. *An investigation into the genesis and characteristics of soils derived from the recent marine sediments in the north west of West Malaysia*. Tesis Ph.D. Universiti Malaya (Unpubl.).
- Badri, M. A., 1984. *A study of comparative behaviour of selected heavy metals in polluted and unpolluted estuarine and coastal sediments*. Ph.D. Thesis, University of Lancaster (Unpubl.).
- Bean, J. H., 1969. The iron-ore deposits of West Malaysia. *Geological Survey Malaysia Economic Bulletin* 2.
- Bradford, E. F., 1970. Geology and mineral resources of the Gunung Jerai area, Kedah. *Geological Survey Malaysia District Memoir* 13.
- Chester, R. & Hughes, M. J., 1967. A chemical technique for the separation of ferro-manganese minerals, carbonate minerals and adsorbed trace elements from pelagic sediments. *Chemical Geology* 2:249-262.
- Datta, D. K. & Subramaniam, V., 1998. Distribution and fractionation of heavy metals in the surface sediments of the Ganges-

- Brahmaputra-Meghna river system in the Bengal basin. *Environmental Geology* 36(1-2):93-101.
- Davies, B. E., 1995. Lead. Dlm. Alloway, B. J. (pynt.). *Heavy metals in soils*, Chapman & Hall, London, p. 206-223.
- Deer, W. A., Howie, R. A. & Zussman, J., 1989. *An introduction to the rock-forming minerals*. Longman Scientific & Technical, England.
- de Groot, A. J., Zschuppe, K. H. & Salomons, W. 1982. Standardization of methods of analysis for heavy metals in sediments. *Hydrobiologia* 92:689-695.
- Förstner, U. 1989. *Contaminated Sediments*. Springer-Verlag, Berlin.
- Irabien, M. J. & Velasco, F. 1990. Heavy metals in Oka river sediments (Urdaibai National Biosphere Reserve, Northern Spain): lithogenic and anthropogenic effects. *Environmental Geology* 37(1-2):54-63.
- Kedah, 1996. Rancangan struktur Majlis Perbandaran Sungai Petani 1990-2010. *Warta Kerajaan Negeri Kedah* 39(11). Nombor Makluman 174.
- Khairiah Jusoh, 1987. *Kajian pencemaran logam-logam berat di dalam sistem sungai dengan rujukan khas kepada kawasan perbandaran Kuala Lumpur*. Tesis Sarjana Sains, Universiti Kebangsaan Malaysia (unpubl.).
- Liu, W. X., Li, X. D., Shen, Z. G., Wang, D. C., Wai, O. W. H. & Li, Y. S., 2003. Multivariate statistical study of heavy metal enrichment in sediments of the Pearl River Estuary. *Environmental Pollution* 121:377-388.
- Norrish, K. & Hutton, J. T., 1969. An accurate x-ray spectrographic method for the analysis of wide range of geological samples. *Geochim cosmochim. Acta* 33:461-453.
- Peerzada, N. & Rohoza, W., 1989. Some heavy metals in sediments from Darwin Harbour, Australia. *Marine Pollution Bulletin* 20:91-92.
- Pulkkinen, E. & Rissanen, K., 1997. A geochemical investigation on overbank sediments in the Inari area, Northern Finnish Lapland. *Jour. of Geochem. Exploration* 59:11-26.
- Rose, A. W., Hawkes, H. E. & Webb, J. S., 1979. *Geochemistry in mineral exploration*. (Edisi Ke-2). Academic Press, London.
- Salomons, W. & Förstner, U. 1984. *Metals in hydrocycle*. Springer-Verlag, Berlin.
- Tan Teong Hing, 1986. Estuarine sediment geochemistry. *Geol. Soc. Malaysia Bulletin* 23:29-40.
- Tebbens, L. A., Veldkamp, A. & Kroonenberg, S. B., 2000. Natural compositional variation of the River Meuse (Maas) suspended load: A 13ka bulk geochemical record from the Upper Kreftenheye and Betuwe Formations in Northern Limburg. *Geologie en Mijnbouw* 79(4):391-409.

—◆◆◆◆◆◆◆◆◆◆—  
*Manuscript received 8 April 2004*