

GEOKIMIA BAGI BEBERAPA LOGAM BERAT DI DALAM SEDIMENT TERAS HUTAN PAYA BAKAU SUNGAI BEBAR, PAHANG, MALAYSIA

Kamaruzzaman, B. Y., Hasrizal, B. S., Jamil, B. T. & Effendy, A. W. M.

Institut Oseanografi Kolej Universiti Sains Dan Teknologi Malaysia
Mengabang Telipot, 21030, Kuala Terengganu, Malaysia

ABSTRAK. Akumulasi menegak unsur-unsur Zn, U, Pb dan Th diukur pada teras sedimen sedalam 150 cm yang diperolehi di hutan paya bakau Bebar, Pahang, Malaysia. Secara keseluruhannya, kepekatan elemen kajian didapati menunjukkan sedikit peningkatan di permukaan dan menurun mengikut kedalaman. Nilai faktor pengkayaan (EF) yang dikira bagi menentukan pengaruh pencemaran mendapati semua logam mempunyai sumber dominan secara semulajadi dengan nilai EFnya yang menghampiri 1. Sementara itu kaedah kepekatan menegak ^{230}Th digunakan bagi menentukan kadar pemendapan di mana purata pemendapan sebanyak 0.52 cm th^{-1} adalah diperolehi.

KATAKUNCI. Thorium, plumbum, kadar pemendapan, uranium, zink

ABSTRACT. The accumulation of elements Zn, U, Pb and Th with respect to depth were determined in a 150 cm sediment core obtained from the mangrove forests of Bebar, Pahang, Malaysia. Generally, all elements have higher concentration at the surface layer and decrease with depth. In order to assess the influence of heavy metals pollution more precisely, enrichment factors (EF) were calculated, whereby all studied elements are considered to be predominantly terrigenous in origin with an EF values closer to 1. The sediment accretion rate in this study was determined using the ^{230}Th vertical profile method and an average sedimentation rate of about 0.52 cm yr^{-1} was obtained.

KEYWORDS. Lead, thorium, sedimentation rate, uranium, zinc

PENGENALAN

Hutan paya bakau merupakan satu ekosistem zon pasang surut yang dominan di tropika. Kepentingan ekologi kawasan ini telah banyak didokumentasikan termasuk keupayaannya mengekalkan produktiviti yang tinggi (Thong & Sasekumar, 1984; Ray & Chien, 1992). Ekosistem ini berperanan membekalkan nutrien kepada air dan juga berfungsi sebagai penapis biologi melalui penyerapan sisa-sisa bahan organik, kumuhan ikan dan

metabolisma alga (Ray & Chien, 1992). Selain daripada itu, akar pneumatofor hutan paya bakau boleh bertindak sebagai perangkap sedimen yang mana terkandung sejumlah amaun logam berat (Tam * Wong, 1996), tetapi bergantung kepada aliran pasang-surut iaitu samada membawa masuk atau membawa keluar enapan ke kawasan pantai yang berhampiran (Yeats dan Bewers, 1983). Kebelakangan ini, penebusgunaan ekosistem hutan paya bakau bagi tujuan pertanian, industri, penempatan dan pelbagai bentuk pembangunan didapati telah meningkat dengan mendadak dan secara tidak langsung menyebabkan hakisan di kawasan pantai (Hatcher *et al.*, 1989). Kemusnahan hutan paya bakau yang berterusan juga akan meningkatkan kesan antropogenik melalui proses penimbunan bahan yang di bawa daripada lautan dan daratan semasa air pasang dan air surut. Di kawasan perbandaran, kepekatan logam adalah banyak dipengaruhi oleh bahan buangan domestik, industri dan aktiviti perlombongan (Martin Whitfield, 1983; Martin *et al.*, 1989).

Di Malaysia, kajian berkaitan hutan paya bakau terhadap produktiviti pantai dan perikanan telah banyak didokumentasikan tetapi kebanyakannya lebih tertumpu kepada kajian biologi dan ekologi (Thong & Sasekumar, 1984; Gong & Ong, 1990). Tidak banyak maklumat diketahui tentang peranan alur dan proses pemendapan di hutan paya bakau (Mohd Lokman *et al.*, 1994). Ramai berpendapat kewujudan alur hanya sebagai satu ciri morfologi, di mana ianya bertindak sebagai saluran yang membawa air pasang ke bahagian belakang hutan paya bakau. Tambahan lagi, kajian-kajian geokimia dalam sedimen daripada hutan paya bakau di Malaysia kurang mendapat perhatian dan hanya terhad kepada peranan mereka dalam proses sedimentasi (Kamaruzzaman *et al.*, 2000). Berasaskan kepada kepentingan paya bakau daripada pelbagai aspek persekitaran, penyelidikan terhadap kandungan Zn, U, Pb dan Th dan kadar pemendapan dan corak taburan logam dalam sedimen telah dilakukan.

METODOLOGI

Lokasi kajian

Hutan paya bakau Bebar terletak di selatan bandar Kuantan, ibu negeri Pahang. Hutan paya bakau Bebar merupakan kawasan yang unik kerana persekitarannya yang meliputi pelbagai ekosistem seperti muara, paya bakau dan lagun. Selain daripada itu kawasan ini terletak di zon kawasan yang menerima taburan hujan yang tinggi terutamanya ketika musim monsun iaitu di antara bulan November hingga akhir Januari. Dalam kajian ini, satu sampel sedimen teras sepanjang 150 cm di ambil dengan menggunakan peralatan penyampelan teras-D. Sampel teras ini di potong kepada beberapa segmen dengan jarak sekurang-kurangnya 5 cm, dilabelkan dan disimpan sehingga analisa makmal dijalankan.

Kaedah Analisisi Th dan logam terpilih.

Sampel sedimen dihadamkan dan dianalisa bagi mendapatkan Th_{jumlah} (²³²Th) dan lain-lain logam terpilih dengan menggunakan kaedah yang disyorkan (Noriki *et al.*, 1980; Sen Gupta & Bertrand 1995; Kamaruzzaman 1999) dengan sedikit pengubahsuai. Alat ICP-MS (Inductively-Coupled Plasma Mass Spectrometer) yang sensitif digunakan bagi

mengukur kepekatan Zn, U, Pb dan Th dengan lebih tepat. Secara ringkasnya, kaedah penghadaman ini melibatkan pemanasan 50 mg sampel tanah ($63 \mu\text{m}$) di dalam bikar teflon dengan campuran asid HF, HNO_3 , dan HCl sebanyak 2.0 ml. Kemudian campuran dimasukkan ke dalam jaket keluli dan dipanaskan pada suhu 150°C selama 5 jam. Selepas penyejukan, larutan campuran asid borik dan EDTA (3 ml) dimasukkan dan dipanaskan semula pada suhu 150°C selama 5 jam. Setelah disejukkan pada suhu bilik, larutan jernih yang diperolehi dalam bikar teflon ini dimasukkan ke dalam tabung uji polipropilena sebelum dicairkan kepada 10 ml dengan air suling. Larutan jernih yang tidak berkeladak adalah sepatutnya diperolehi pada peringkat ini. Proses penghadaman bagi sedimen piawai paya bakau serta pengkosong adalah mengikut prosedur yang sama. Nilai relatif bagi replikasi sampel didapati kurang daripada 3 % dan nilai terakru bagi sedimen piawai adalah juga di dalam lingkungan $\pm 3\%$.

Kaedah analisis ^{230}Th bagi penentuan kadar sedimentasi dibuat dengan mengikut kaedah yang telah disyorkan (Tsunogai & Yamada, 1979; Harada & Tsunogai, 1985; Kamaruzzaman, 1999) dengan sedikit pengubahsuaian. Kaedah ini melibatkan pemanasan 1-2 g sedimen ($63 \mu\text{m}$) dihadamkan dengan larutan campuran (HF, HNO_3 , dan HCL). Campuran yang mengandungi Th perlu dipanaskan bagi mendapatkan larutan yang jernih sebelum dimasukkan ke dalam resin bagi proses pemisahan dan penulinan Th. Kandungan ^{230}Th yang keluar daripada kolumna dipanaskan sehingga kering sebelum dilarutkan ke dalam 5% HNO_3 dan kemudian dimasukkan kedalam tabung uji propilina. Kepekatan ^{230}Th kemudiannya diukur dengan menggunakan alat sensitif ICP-MS. Kejituhan replikasi sampel didapati berada di dalam lingkungan $\pm 3\%$. Ketepatan analisa adalah juga diuji dengan menganalisa sampel piawai (DL-1a) dan memperolehi nilai terakru yang kurang daripada $\pm 3\%$.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Kadar Pemendapan

Bagi penentuan kadar pemendapan, $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}$ digunakan seperti yang dilaporkan oleh ramai penyelidik-penyalidik seperti Suman & Bacon (1889) dan Mangini & Stoffers (1990). Jumlah $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}$ adalah diperolehi dengan menggunakan pengiraan seperti persamaan di bawah:

$$^{230}\text{Th}_{\text{ekses}} = ^{230}\text{Th}_{\text{jumlah}} - (0.8 \times ^{232}\text{Th}_{\text{jumlah}}) - ^{234}\text{U} (1 - \exp \{-\lambda^{230}\text{t}\}) \quad (1)$$

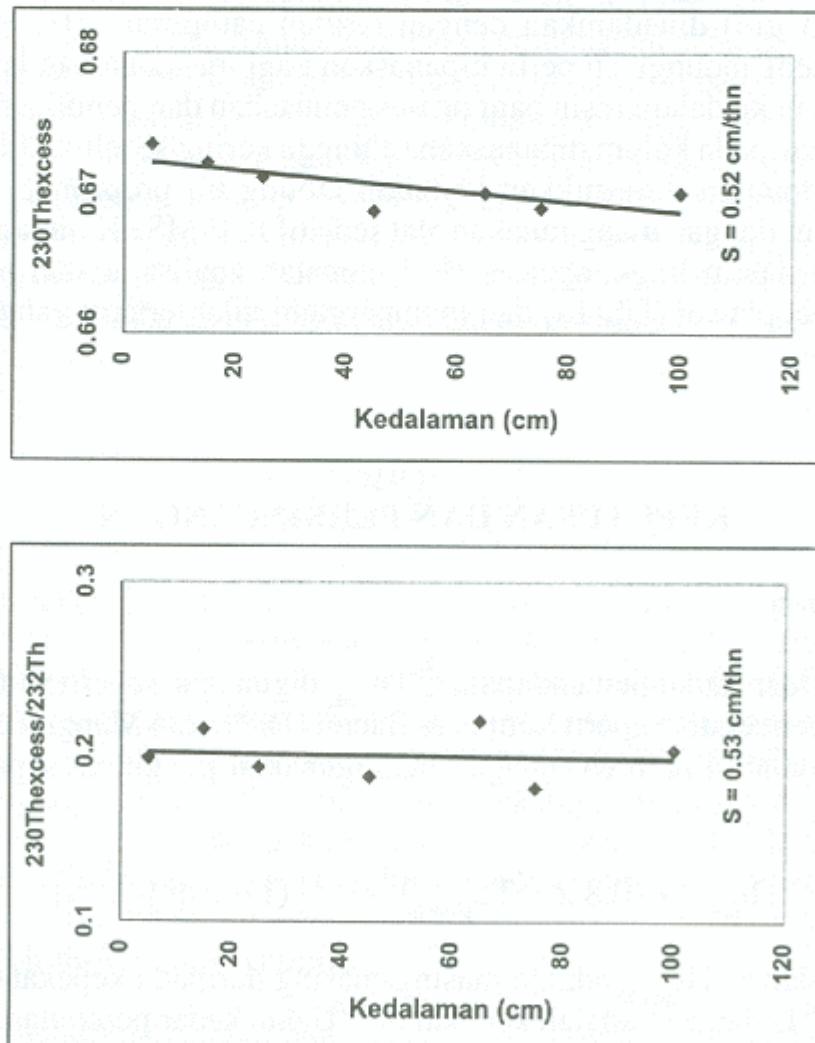
di mana $^{230}\text{Th}_{\text{jumlah}}$ dan $^{232}\text{Th}_{\text{jumlah}}$ adalah masing-masing daripada kepekatan ^{230}Th dan ^{232}Th yang diukur, dan ^{234}U dan λ^{230} adalah kepekatan ^{234}U dan kadar pereputan malar ^{230}Th (9.24×10^{-6} thn). Bahagian yang kedua di sebelah kanan bagi persamaan ini ($^{232}\text{Th}_{\text{jumlah}}$) adalah perlu bagi menolak pecahan litogenik dan koefisien 0.8 adalah nilai purata nisbah $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ bagi pecahan litogenik seperti yang dilaporkan oleh Anderson (1982). Bahagian yang ketiga iaitu $^{234}\text{U}(1-\exp\{-\lambda^{230}\text{t}\})$ adalah pembetulan bagi nilai ^{230}Th yang dihasilkan dari ^{234}U

di dalam sedimen, yang mana ia adalah perlu kerana ^{230}Th dihasilkan daripada autogenik U yang didapati di dalam sedimen.

Penentuan kadar pemendapan adalah berdasarkan kepada andaian bahawa $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}$ termendap di dalam sedimen dengan keadaan yang malar (Ku & Broecker 1966, Osmond 1979). Nilai bagi $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}$ diperolehi daripada persamaan (1) adalah seperti dalam Jadual 1. Jika andaian didapati benar, di mana kepekatan bagi $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}$ dalam sedimen teras menunjukkan penurunan secara eksponen mengikut kedalaman, maka kadar sedimentasi dapat dikira dengan menggunakan persamaan seperti berikut :

$$S = -\lambda^{230}/b \quad (2)$$

di mana b adalah kecerunan bagi keluk yang terbaik dalam plot logaritma kepekatan $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}$ terhadap kedalaman (cm). Bagi penentuan kadar sedimentasi, kedua-dua kepekatan $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}$ dan nisbah $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}/^{232}\text{Th}$ telah digunakan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.



Rajah 1. Graf $^{230}\text{Th}_{\text{excess}}/^{232}\text{Th}$ terhadap kedalaman dan b) Graf ^{230}Th excess terhadap kedalaman dengan nilai S masing-masing S = 0.53 cm/yr dan 0.52 cm/tahun.

Rajah ini menunjukkan kadar pemendapan di dalam kawasan kajian adalah masing-masing 0.52 cm thn^{-1} dan 0.53 cm thn^{-1} . Secara umumnya, nilai kadar pemendapan bagi kedua-dua kaedah ini adalah didapati lebih tinggi berbanding dengan kawasan-kawasan tanah lembab lain seperti kawasan paya bakau Mangal, Australia (Spenceley, 1982) dan hutan paya bakau Kuala Kemaman, Malaysia (Shahbudin *et al.*, 1999).

Jadual 1. Nilai $^{230}\text{Th}_{\text{excess}}$ dan $^{230}\text{Th}_{\text{excess}}/^{232}\text{Th}$ mengikut kedalaman yang diukur dengan ICP-MS di hutan paya bakau Bebar, Pahang

Kedalaman(cm)	$^{230}\text{Th}_{\text{excess}}$ (dpm)	$^{230}\text{Th}_{\text{excess}}/^{232}\text{Th}$ (dpm)
5	0.6734524	0.1965324
10	n.d	n.d
15	0.67215548	0.21365554
20	n.d	n.d
25	0.671125	0.19123545
30	n.d	n.d
35	n.d	n.d
45	0.6687462	0.18563354
65	0.67002215	0.854712
75	0.66895421	0.178955632
90	n.d	n.d
100	0.670022136	0.20123374

n.d: tidak diukur

Nilai kadar sedimentasi yang lebih tinggi di kawasan kajian adalah disebabkan oleh kedudukan geografinya yang berhampiran dengan kawasan muara dan dipengaruhi oleh 2 sumber kemasukan sedimen iaitu daripada sungai dan lautan. Sekiranya kadar sedimentasi yang diperolehi diambil kira, hutan paya bakau Bebar berkemungkinan berada dalam peringkat belum matang dengan anggaran usia lebih kurang 187 tahun. Penemuan ini mensyorkan bahawa hutan paya bakau bukan sahaja dilihat sebagai penghuni pasif dataran lumpur, tetapi bertindak sebagai perangkap sedimen yang aktif.

Faktor Pengkayaan

Rule (1986) dan Kim *et al.* (1998), telah menunjukkan bahawa kaedah faktor pengkayaan (EF) boleh digunakan bagi menentukan sumber-sumber elemen kimia di dalam sedimen dan juga sebagai penunjuk pencemaran bagi sesuatu kawasan. Jadual 2 menunjukkan nilai EF yang dikira bagi semua logam dengan menggunakan persamaan berikut seperti yang disyorkan oleh Taylor (1964):

$$\text{EF} = (\text{E}/\text{Al})_{\text{sed}} / (\text{E}/\text{Al})_{\text{crust}}, \quad (3)$$

di mana $(E/Al)_{sed}$ dan $(E/Al)_{crust}$ adalah masing-masing nisbah kepekatan elemen dengan Al dalam sediment dan kerak bumi (Kremling & Streu, 1993). Nilai faktor pengkayaan yang menghampiri 1, boleh dianggap banyak berasal daripada sumber semulajadi dan berdominikan antropogenik bila nilai-nilai EF menjadi lebih besar. Adalah jelas daripada Jadual 2 bahawa semua logam kajian di hutan paya bakau Bebar, Pahang adalah lebih dominan berasal daripada sumber semulajadi walaupun sesetengah nilai EF bagi U dan Th didapati dalam lingkungan 3.

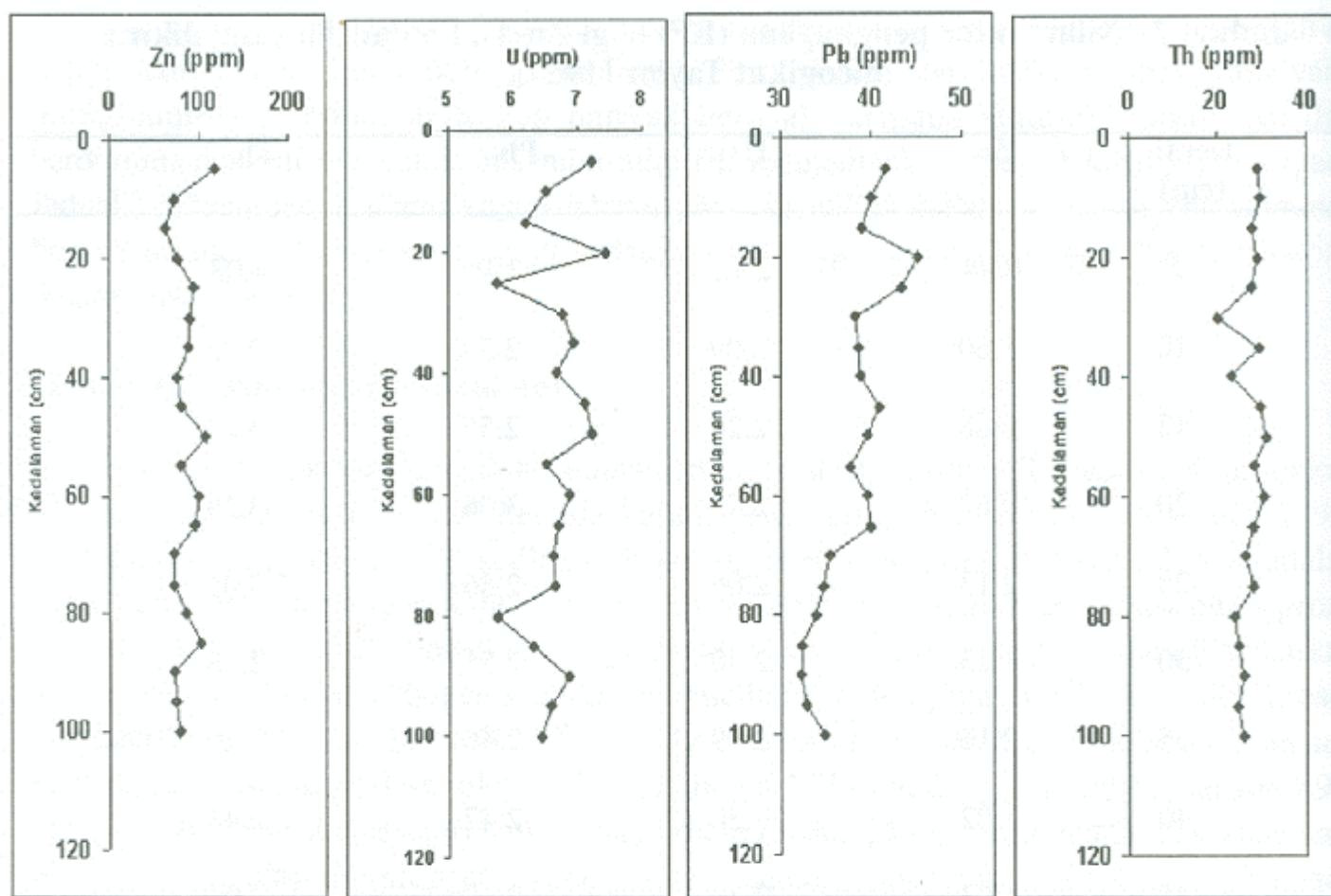
Taburan Logam Secara Mendatar

Profil kepekatan mengikut kedalaman bagi Zn, U, Pb dan Th adalah ditunjukkan dalam Rajah 2. Berdasarkan kepada kajian yang lepas (Mohd Lokman *et al.*, 1994; Kamaruzzaman *et al.*, 2000), sedimen di kebanyakan kawasan hutan paya bakau adalah jenis percampuran yang sekata dan bersifat homogenus. Walaupun sesetengah profil menunjukkan peningkatan kepekatan di permukaan, ianya tidak semestinya menggambarkan kemasukan sumber antropogenik tetapi fenomena ini boleh juga diakibatkan oleh proses diagenetik. (Ridgway and Price, 1987; Macdonald *et al.*, 1991). Didalam kajian ini, kepekatan Zn berada dalam julat 63.4 ppm hingga 127 ppm dengan purata sebanyak 89.6 ppm (Rajah 2). Secara keseluruhannya, kepekatan Zn didapati konstan mengikut kedalaman, walaupun terhadap sedikit peningkatan pada bahagian lapisan atas. Peningkatan Zn pada lapisan atas mungkin disebabkan oleh kesan antropogenik (Lindsay, 1979). Seperti Zn, U adalah juga konstan terhadap kedalaman (Rajah 2) dan berjulat antara 5.79 ppm hingga 7.21 ppm dengan purata 6.61 ppm. Nilai puratanya adalah 2 kali ganda lebih tinggi daripada nilai purata U bagi kerak bumi (Taylor, 1964) dan nilai EFnya yang dikira mendapat hampir semua U adalah terhasil secara semulajadi. Sesetengah kepekatan U yang tinggi di lapisan permukaan secara primernya boleh dikaitkan dengan peningkatan kandungan bahan organik pada kajian lain yang dilakukan pada tempat yang sama (Teng, 2002).

Variasi menegak pada profil kedalaman adalah berkemungkinan disebabkan oleh perubahan produktiviti biologi terhadap masa. Ini adalah kerana pengoksidaan bahan organik selepas pemendapan boleh meningkatkan U didalam sedimen (Francois *et al.*, 1993; Thomson *et al.*, 1990). Secara umumnya Pb didapati menurun mengikut kedalaman dan berada dalam julat 32.5 ppm hingga 46.7 ppm (Rajah 2). Nilai purata Pb adalah sebanyak 37.8 ppm iaitu 2 kali ganda daripada nilai purata kerak bumi (Taylor, 1964). Secara keseluruhannya, Pb adalah banyak terhasil daripada proses semulajadi, walaupun secara relatifnya ianya agak tinggi pada beberapa sentimeter lapisan permukaan. Kepekatan yang tinggi di lapisan permukaan adalah berasas kepada sumber utamanya di persekitaran marin iaitu daripada input atmosfera (Martin *et al.*, 1989; Nolting & Helder, 1991).

Jadual 2. Nilai faktor pengkayaan (EF) bagi Zn, U, Pb dan Th yang dikira mengikut Taylor (1964).

Depth (cm)	Zn	U	Pb	Th
5	0.94	2.12	2.49	3.03
10	1.60	2.09	2.39	2.93
15	0.88	2.20	2.55	3.04
20	0.67	2.73	3.06	3.25
25	2.13	2.06	2.86	3.05
30	1.25	2.40	2.51	2.18
35	2.16	2.39	2.46	3.10
40	1.02	2.30	2.47	2.44
45	1.03	2.34	2.48	2.98
50	1.39	2.38	2.41	3.13
55	1.11	2.31	2.46	3.05
60	2.11	2.32	2.47	3.15
65	1.34	2.40	2.65	3.09
70	1.07	2.49	2.46	3.05
75	1.06	2.45	2.36	3.18
80	1.45	2.51	2.71	3.18
85	1.62	2.56	2.42	3.07
90	1.05	2.55	2.21	2.97
95	1.12	2.54	2.33	2.91
100	1.17	2.45	2.45	3.02



Rajah 2. Profil kepekatan Zn, U, Pb dan Th terhadap kedalaman.

Purata kepekatan Th di kawasan kajian adalah sebanyak 28.7.0 ppm dan didapati 3 kali lebih besar daripada kepekatan kerak bumi (Taylor, 1964). Beberapa kepekatan Th yang tinggi di dalam profil terutamanya di lapisan permukaan mungkin disebabkan oleh proses luluhawa yang menghasilkan bahan monazite di dalam sediment (Suman & Bacon, 1989). Selain daripada itu, proses luluhawa boleh menyebabkan sedimen yang kaya dengan bahan detrital akan menjadi lebih halus dan berupaya bergabung dengan Th.

PENGHARGAAN

Kajian ini dilakukan dengan bantuan kewangan bersama daripada Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar, Malaysia dibawah IRPA (NO. Projek 51513). Penulis juga ingin merakamkan jutaan terima kasih kepada semua kakitangan makmal MARU atas segala kerjasama semasa penyampelan dilakukan.

RUJUKAN

- Anderson, R. F. 1982. Concentration, vertical flux and remineralization of particulate uranium in seawater. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, **46**: 1293 - 1299.
- Francois, R., Emerson, S. and Huested, S. S. 1993. Glacial/interglacial changes in sediment rain rate in the SW Indian sector of sunAntarctic waters as recorded by ^{231}Th , ^{231}Pa , U and $\delta^{15}\text{N}$, *Paleoceanography*, **8**: 611 – 629.
- Gong, W. K. and Ong, J. E. 1990. Plant biomass and nutrient flux in a managed mangrove forest in Malaysia. *Estuarine and Coastal Shelf Science*, **11**: 331 – 345.
- Harada, K. and S. Tsunogai. 1985. A practical method for the simultaneous determinations of ^{234}Th , ^{226}Ra , ^{210}Pb and ^{210}Po in seawater. *J. Oceanogr. Soc. Jpn.*, **41**: 98 - 104.
- Hatcher, B. G., Johannes, R. E. and Robertson, A. I. 1989. Review of research relevant to conservation of shallow tropical marine ecosystem. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* **27**: 337-414.
- Kamaruzzaman, K. Y. 1999. *Geochemistry of the marine sediments: Its paleoceanographic significance*. Ph.D Thesis. Hokkaido University, 143 pp.
- Kamaruzzaman, K. Y, Suhaimi, H., Teh, E. K., Leong, H. F., Soon, K. H. and Chong, K.Y. 2000. The determination of ^{230}Th in the sediments: Sedimentation in the mangrove Forests of Pulau Sekeping, Kemaman, Terengganu. *Journal of Ultra Scientist of Physical Sciences*, **13**(2): 239 – 245.
- Kremling, K., Streu, P. 1993. Saharan dust influence trace element fluxes in deep North Atlantic subtropical waters. *Deep sea Research*, **40**: 1155 – 1168.
- Ku, T. L. and W. S. Broecker 1966. Atlantic deep-sea stratigraphy, extension of absolute chronology to 320,000 years. *Science*, **151**: 448 - 450.
- Lindsay, W. Y. (1979). Chemical Equilibria in Soils. Wiley-Interscience, New York.
- Macdonald, R. W., Macdonald, D. M., O'Brien, M. C. and Gobeil, C. 1991. Accumulation of heavy metals (Pb, Zn, Cu Cd), carbon and nitrogen in sediments from strait of Georgia, B. C., Canada. *Marine Chemistry*, **34**: 109 – 135.

- Mangini, A. and P. Stoffers. 1990. A high resolution ^{230}Th depth profile in a piston core from the Southern Lau Basin. *Geol. Jahrb. Reihe D*, **92**: 255 -261.
- Martin, J. M., Elbaz-Poulichet, F., Guieu, C., Loyer-Pilot, M. D. and Han, G. 1989. River versus atmospheric input to the western mediterranean: a summary Martin, J. M. and Barth, H. (Eds.). *Water Pollution Research Reports 13*. EROS 2000. CEC Brussels, pp. 423 – 434.
- Martin, J. M. and Whitfield, M. 1983. The significant of the river input of chemical elements to the ocean. In: Wong, C. C., Boyle, E. A., Bruland, K. W., Burton, J. D. and Goldberg, E. D. (Eds.). *Trace Metals in Sea Water*, Plenum, New York, pp. 265 – 296.
- Mohd Lokman, H., Merehojono, S., Shazili, N. A. M., Rosnan, Y. and Kamil, A. R. M. 1994. Neap tidal transport of particulate organic matter (POM) in a mangrove creek at Pulau Sekeping, Kemaman, Terengganu. *3rd. Symposium of Applied Biology*, 28- 29 May, pp. 106 – 109.
- Noriki, S., K. Nakanishi, T. Fukawa, M. Uematsu, T. Uchida and S. Tsunogai. 1980. Use of a teflon vessel for the decomposition followed by the determination of chemical constituents of various marine samples. *Bull. Fac. Fish, Hokkaido Univ.*, **31**: 354 – 465.
- Nolting, R. F. and Helder, W. 1991. Lead and zinc as indicators for atmospheric and riverine particle transport to sediments in the Gulf of Lions. *Oceanologica Acta* **14(4)**: 357 – 367.
- Osmond, J. K. 1979. Accumulation models of ^{230}Th and ^{231}Pa in deep-sea sediments. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, **15**: 95 - 150.
- Ray, W.M. and Chien, Y.H. 1992. Effect of stocking density and age sediment on tiger prawn, *Panaeus monodon* nursery system. *Aquaculture* **104**: 231-248.
- Ridway, I. M. and Price, N. B. 1987. Geochemical associations and post depositional mobility of heavy metals in coastal sediments: Loch Etive, Scotland. *Marine Chemistry* **21**: 229 – 248.
- Sen Gupta, J. G. and N. B. Bertrand. 1995. Direct ICP-MS determination of trace and ultratrace elements in geological materials after decomposition in a microwave oven, Quantitation of Y, Th, U and the lanthanides. *Talanta.*, **42**: 1595 – 1607.

- Shahbuddin, S., Mohd Lokman, H., Rosnan, Y. and Asano, T. 1998. Sediment accretion and variability of sedimentological characteristics of a tropical estuarine mangrove: Kemaman, Terengganu, Malaysia. *Mangroves and Salt Marshes*, **55**: 1 – 8.
- Spenceley, A. P. 1982. Sedimentation patterns in a mangal on Magnetic Island near Townsville, North Queensland, Australia. *Singapore Journal of Tropical Geology*, **3** : 219-230.
- Suman, D. O. and Bacon, M. P. 1989. Variations in Holocene sedimentation in the North American Basin determined from ^{230}Th measurements. *Deep Sea Res.*, **36**: 869.
- Tam, N.F.Y. and Wong, Y.S. 1996. Retention and distribution of heavy metals in mangrove soils receiving waste water. *Environmental Pollution*, **94**(3): 283-291
- Taylor, S. R. 1964. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **28**: 1273 – 1285.
- Thomson, J., Wallace, H. E., Colley, S. and Toole, J. 1990. Authigenic uranium in Atlantic sediments of last glacial stage a diagenetic phenomenon. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **98**: 222 – 229.
- Thong, K. L. and Sasekumar, A. 1984. The trophic relationships of the fish community of the Ansa Bank, Selangor, Malaysia. In: Proceedings of the UNESCO Asian Symposium on “Mangrove Environment: Research and Management”. Soepadmo, E., Rao, A. N. and MacIntosh, D. J. (Eds.). Universiti Malaya, pp 385 – 399.
- Teng, Y. T. 2002. Penentuan unsur radionuklid dan usia sedimen di Hutan Paya Bakau Sungai Miang, Pekan, Pahang. Laporan Projek, Bac. Sains (Kepujian) Kimia. Fakulti Sains dan Teknologi, Kolej Universiti Sains dan Teknologi Malaysia; Universiti Putra Malaysia. 107p
- Tsunogai, S. and M. Yamada. 1979. ^{226}Ra in Bering Sea sediment and its application as a geochronometer. *Geochemical Journal*, **13**: 231 - 238.
- Yeats, P. A. and Bewers, J. M. 1983. Potential anthropogenic influences on trace metals distribution in the North Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **40**: 124 – 131.