

## Kadar Pengenapan dan Kepekatan Beberapa Logam Berat pada Permukaan Sedimen di Hutan Paya Bakau Bebar, Pahang

Kamaruzzaman, B. Y., B. S. Hasrizal & B. T. Jamil

*Institut Oseanografi,*

*Kolej Universiti Sains & Teknologi Malaysia,*

*21030 Kuala Terengganu, Terengganu, Malaysia*

Diterima: 22 Julai 2002

### ABSTRAK

Sampel permukaan yang dikutip dari 3 transet (54 stesen pensampelan) di hutan paya bakau Bebar telah diukur kadar pemendapan, ciri-ciri sedimen dan kepekatan beberapa logam. Dalam kajian ini, kadar sedimentasi diukur dengan menggunakan kaedah penunjuk tiruan mendatar di mana purata pemendapan sebanyak  $0.52 \text{ cm.thn}^{-1}$  telah diperolehi. Min saiz partikel sedimen permukaan didapati berjalut di antara dari pasir halus ( $5.15\phi$ ) hingga kelodak halus ( $6.91\phi$ ). Min saiz partikel menunjukkan hubungan signifikan ( $P < 0.05$ ) terhadap perubahan musim dengan penurunan nilainya ketika musim monsun. Bagi logam Cr, Cu, Pb dan Zn didapati menunjukkan perubahan mengikut jarak dengan purata kepekatan yang rendah di kawasan muara dan tinggi secara relatif di kawasan yang lebih jauh dari muara.

### ABSTRACT

Surface sediments collected from 3 transects (54 sampling points total) in the Bebar mangrove have been analyzed for their sediment accretion, sediment characteristics and some heavy metals content. The sediment accretion rate in this study was determined using an artificial marker horizon method and an average sedimentation rate of  $0.52 \text{ cm.yr}^{-1}$  was obtained. Surface sediment mean particle size ranged from fine sand ( $5.15\phi$ ) to fine silt ( $6.91\phi$ ). There is a significant ( $P < 0.05$ ) relationship between the mean particle size with the seasonal changes with a decreasing value occurring during monsoon seasons. The elements Cr, Cu, Pb and Zn, in general, showed considerable spatial variation with a lower average concentration near the estuary and relatively higher concentration at the area away from the estuary.

**Keywords:** Heavy metals, sediment accretion, sediment characteristics

### PENGENALAN

Hutan paya bakau merupakan zon penampakan yang terletak di antara persekitaran pantai serta laut dan banyak dipengaruhi oleh paras pasang-surut. Ianya boleh bertindak secara cekap sebagai perangkap sedimen, tetapi bergantung kepada aliran pasang-surut iaitu sama ada membawa masuk atau membawa keluar enapan ke kawasan pantai yang berhampiran (Yeats dan Bewers 1983). Sedimen tadi yang termendap pada kadar konstan dalam satu jangka masa yang lama didapati boleh memberi maklumat masa-masa lampau seperti status pencemaran dan kadar pemendapan (Eisma *et al.* 1989; Nolting dan Helder 1991). Kebelakangan ini, pennebusgunaan ekosistem hutan paya bakau bagi tujuan

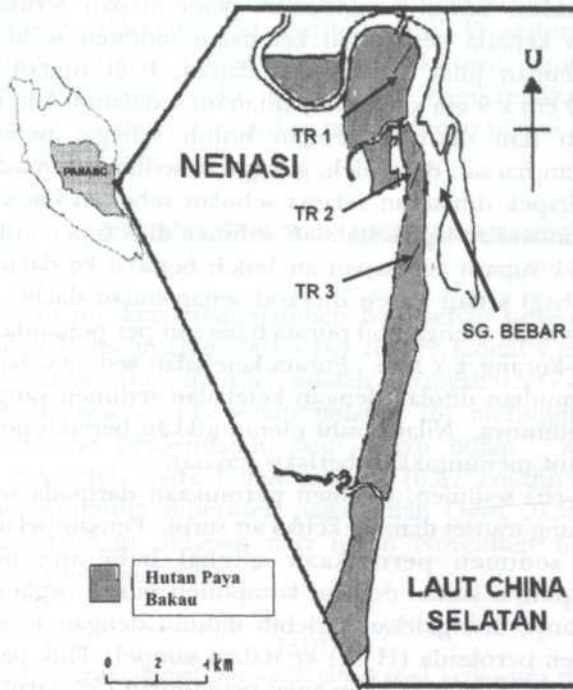
pertanian, industri, penempatan dan pelbagai bentuk pembangunan didapati telah meningkat dengan mendadak dan secara tidak langsung menyebabkan hakisan di kawasan pantai (Hatcher *et al.* 1989). Kemusnahan hutan paya bakau yang berterusan juga akan meningkatkan kesan antropogenik melalui proses penimbunan bahan yang dibawa dari lautan dan daratan semasa air pasang dan air surut. Di kawasan perbandaran, kepekatan logam dalam sedimen adalah banyak dipengaruhi oleh bahan buangan domestik dan industri (Martin dan Whitfield 1983; Martin *et al.* 1989) yang terdapat banyak di kawasan kajian.

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 dan Sasekumar 1984; Gong dan Ong 1990). Tidak banyak maklumat diketahui tentang peranan alur dan proses pendedapan di hutan paya bakau (Mohd Lokman *et al.* 1994). Ramai berpendapat kewujudan alur hanya sebagai satu ciri morfologi yang 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 Cr, Cu, Pb dan Zn dan kadar pendedapan dan corak taburan logam dalam sedimen telah dilakukan.

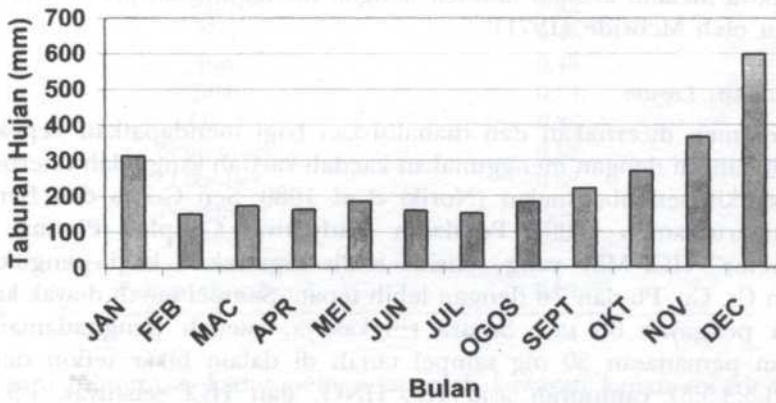
## PERALATAN DAN KAEDAH

### *Lokasi Kajian*

Hutan paya bakau Bebar terletak di selatan bandar Kuantan, ibu negeri Pahang (Rajah 1). 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 (Rajah 2). Dalam kajian ini, tiga transet (TR1, TR2 dan TR3) telah dipasang di dalam hutan paya bakau dengan jumlah keseluruhan sebanyak 54 stesen pensampelan. TR1 dan TR2 masing-masing mempunyai 15 stesen pensampelan manakala TR3 mempunyai 24 stesen pensampelan. Setiap transet adalah dipilih di kawasan yang tidak terdapat sebarang gangguan biologi ataupun terletak di kawasan yang terdapat banyak aktiviti manusia. Transet 1 terletak berhampiran kawasan muara, manakala transet 2 dan 3 berada lebih jauh daripada pengaruh muara. Setiap stesen pensampelan ditanam dengan sekeping perspek sedalam 0.3 m dan berperanan sebagai penanda untuk pengukuran kadar pendedapan. Sampel permukaan bagi setiap stesen juga diambil bagi tujuan penganalisan ciri-ciri sedimen dan logam terpilih.



Rajah 1: Lokasi kedudukan transet (TR1, TR2 dan TR3) di hutan paya bakau Bebar, Pahang, Malaysia



Rajah 2: Purata taburan hujan bulanan tahun 2001 di daerah Kuantan  
Sumber: Jabatan Meteorologi Malaysia

### *Kaedah Penanda Tiruan bagi Mengukur Pemendapan Sedimen*

Kaedah yang digunakan untuk pengukuran pemendapan sedimen adalah dengan berdasarkan kepada penentuan ketebalan sedimen secara menegak dan dibahagikan dengan julat masa pemendapan. Bagi tujuan kajian ini, kepingan perspek (9 cm x 9 cm x 1.5 mm) ditanam sedalam 0.5 m pada setiap stesen pensampelan dan ditanda dengan buluh sebagai penanda. Bagi memastikan kestabilan bacaan diperoleh, gangguan sedimen semasa peringkat awal penanaman perspek dibiarkan selama sebulan sebelum bacaan pertama direkod. Bagi menambahkan lagi kestabilan sedimen di atas penanda, 5 lubang ditebuk pada perspek supaya peresapan air boleh berlaku ke dalam sedimen. Ketebalan sedimen bagi setiap stesen direkod setiap bulan dalam tempoh 12 bulan yang diukur dengan mengambil purata 6 bacaan per penanda. Ketepatan bacaan adalah lebih-kurang  $\pm 2$  mm. Purata ketebalan sedimen bagi sebulan dalam kajian ini kemudian ditolak dengan ketebalan sedimen yang diperoleh daripada bulan sebelumnya. Nilai positif menunjukkan berlaku pemendapan, manakala nilai negatif menunjukkan berlaku hakisan.

Bagi analisis ciri-ciri sedimen, sedimen permukaan daripada setiap stesen pensampelan sepanjang transek diambil ketika air surut. Pensampelan dilakukan dengan mengikis sedimen permukaan setebal beberapa mm. Corak sedimentologi mempunyai kaitan dengan komponen bukan organik di dalam sedimen di mana ianya disingkirkan terlebih dahulu dengan menambahkan larutan 20% hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) ke dalam sampel. Fluk partikel halus pula dihapuskan dengan menambahkan agen penguraian (5% larutan kalgon). Sedimen yang telah dipungut kebanyakannya (80% berat) sedimen halus dan masih berada dalam julat pengesanan mesin penyerakan laser. Jadi saiz butiran sedimen telah dianalisis hanya dengan menggunakan kaedah penyerakan laser sahaja. Saiz butiran dijelaskan dalam unit phi ( $\phi$ ), iaitu  $\phi = -\log_2 d$  dan  $d$  merupakan diameter butiran dalam mm. Min, sisihan piawai, skewness setiap sampel dikira melalui kaedah momen dengan menggunakan persamaan yang ditakrifkan oleh McBride (1971).

### *Kaedah Analisis Logam*

Sampel sedimen dicernakan dan dianalisiskan bagi mendapatkan kepekatan Cr, Cu, Pb dan Zn dengan menggunakan kaedah-kaedah yang telah diterbitkan dengan sedikit pengubahsuaian (Noriki *et al.* 1980; Sen Gupta dan Bertand 1995; Kamaruzzaman 1999). Peralatan "Inductively-Coupled Plasma Mass Spectrometer" (ICP-MS) yang sensitif telah digunakan bagi pengukuran kepekatan Cr, Cu, Pb dan Zn dengan lebih tepat. Sampel tanah diayak kering di bawah pengayak 63  $\mu$ m. Secara ringkasnya, kaedah penghadaman ini melibatkan pemanasan 50 mg sampel tanah di dalam bikar teflon dengan nisbah (3.5:3.5:3) campuran asid HF,  $HNO_3$  dan HCl sebanyak 1.5 mL. Campuran tadi 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 penyejukan pada suhu bilik, larutan jernih yang diperoleh dalam

bikar teflon ini akan dimasukkan ke dalam tabung uji polipropilena sebelum dicairkan kepada 10 mL dengan air mili-Q. Larutan jernih yang tidak berkelelak adalah sepatutnya diperoleh pada peringkat ini. Prosedur penghadaman bagi sedimen piawai paya bakau serta pengkosong adalah sama seperti menghadamkan sampel tanah. Nilai relatif bagi replikasi sampel didapati kurang daripada 3% dan nilai terakru bagi sedimen piawai adalah juga didapati dalam lingkungan  $\pm 3\%$ .

### KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

#### Kadar Pemendapan

Di dalam kajian ini, ketebalan sedimen bagi setiap stesen direkodkan dalam tempoh selama 12 bulan (Jan 2001 – Jan 2002). Jadual 1 menunjukkan purata kadar pemendapan yang diperoleh adalah sebanyak  $0.52 \text{ cm.tahun}^{-1}$  dengan nilai yang positif diperoleh pada setiap bulan. Ini menunjukkan ada terdapat peningkatan kadar pemendapan bagi setiap bulan. Kadar pemendapan maksimum diperoleh pada bulan Januari ( $0.67 \text{ cm.tahun}^{-1}$ ), manakala kadar pemendapan minimum diperoleh pada bulan Ogos ( $0.38 \text{ cm.tahun}^{-1}$ ). Kadar pemendapan tertinggi didapati dari bulan November hingga Januari iaitu semasa musim monsun berlaku.

JADUAL 1

Kadar pemendapan purata bulanan bagi ketiga-tiga transet dan kadar pemendapan purata tahunan sebanyak  $0.52 \text{ cm.tahun}^{-1}$

Bulan	Kadar pemendapan ( $\text{cm.tahun}^{-1}$ )
Januari	0.67
Februari	0.62
Mac	0.56
April	0.42
Mei	0.46
Jun	0.48
Julai	0.54
Ogos	0.38
September	0.55
Oktober	0.58
November	0.45
Disember	0.56
Purata $\text{cm.tahun}^{-1}$	0.52

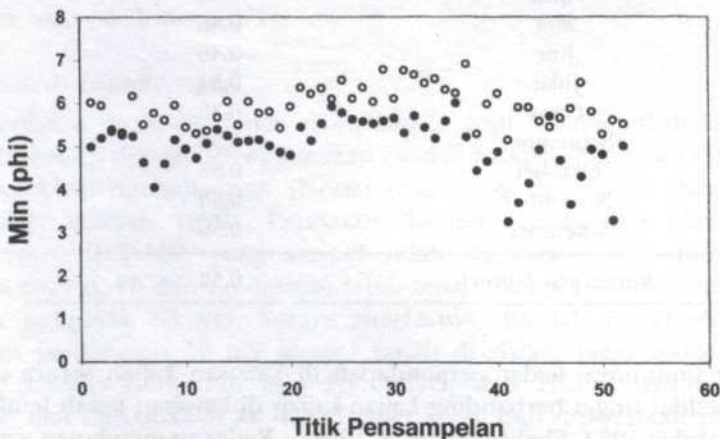
Secara umumnya, kadar pemendapan di kawasan kajian secara relatifnya didapati sedikit tinggi berbanding kajian-kajian di kawasan tanah lembap yang lain (Spenceley 1982; Shahbudin *et al.* 1998). Kadar pemendapan yang tinggi itu adalah disebabkan oleh lokasinya yang terletak berhampiran dengan kawasan muara dan dipengaruhi oleh dua sumber kemasukan sedimen dari sungai dan

lautan. Kadar kemasukan air sungai yang tinggi turut membawa banyak sedimen terampai ke dalam kawasan paya bakau dan terperangkap pada akar pokok bakau. Selain itu faktor ketidakmatangan pokok bakau yang mempunyai pneumatofor yang banyak turut menyumbang kepada kadar pemendapan yang tinggi yang berperanan memerangkap sedimen dalam kuantiti yang besar. Dengan anggaran jangka masa 158 tahun bagi enapan 100 cm sedimen secara menegak, nilai kadar pemendapan yang diperolehi boleh diandaikan tepat. Purata kadar pemendapan yang tinggi menunjukkan hutan paya bakau di Bebar masih berada dalam peringkat belum matang. Selain daripada itu, penemuan ini juga mengesyorkan bahawa hutan paya bakau bukan sahaja dilihat sebagai penghuni pasif dataran lumpur tetapi bertindak sebagai perangkap sedimen yang aktif. Oleh itu, hutan bakau adalah penting dan berperanan bagi memerangkap sedimen halus daripada sumber sungai dan laut.

#### *Ciri-ciri Sedimen Permukaan*

Min saiz partikel sedimen permukaan berjulat antara kelodak sederhana ( $5.15\phi$ ) hingga kelodak halus ( $6.91\phi$ ) semasa musim bukan monsun, dan berubah menjadi pasir halus ( $3.27\phi$ ) hingga kelodak sederhana ( $6.00\phi$ ) semasa musim monsun. Ciri-ciri sedimen didapati menunjukkan hubungan yang signifikan ( $P < 0.05$ ) terhadap perubahan musim dengan penurunan min saiz partikel semasa musim monsun. Sedimen yang lebih kasar didapati lebih dominan semasa musim monsun dan sebaliknya menjadi lebih halus semasa musim bukan monsun (*Rajah 3*). Fenomena ini adalah berkemungkinan disebabkan oleh pergerakan arus sungai yang kuat semasa musim monsun dan mengangkut sedimen-sedimen yang lebih halus keluar ke lautan.

Bagi sisihan piawai pula didapati tidak menunjukkan perhubungan yang signifikan terhadap perubahan monsun. Secara umumnya, sisihan piawai didapati menunjukkan penyisihan sedimen yang tidak sempurna dalam sepanjang tahun

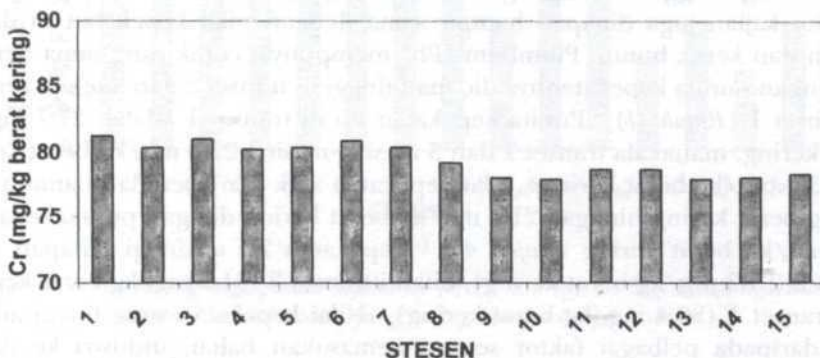


*Rajah 3: Taburan min saiz sedimen ( $\phi$ ) melawan stesen pensampelan semasa musim monsun ( $\bullet$ ) dan musim bukan monsun ( $\circ$ )*

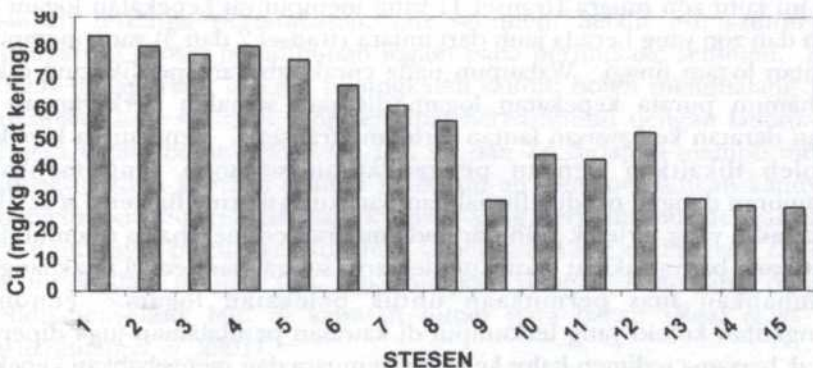
dengan julat nilai antara 1.46 hingga 2.57. Kepencongan pula didapati menunjukkan hubungan yang signifikan terhadap perubahan musim ( $P < 0.05$ ) dan berjulat di antara -0.38 hingga 1.31. Purata nilai kepencongan adalah negatif semasa musim bukan monsun dan menjadi positif semasa musim monsun. Nilai-nilai kepencongan tadi memberikan gambaran bahawa sedimen di kawasan kajian didapati mengalami proses hakisan semasa musim monsun.

*Taburan Logam Terpilih secara Mendatar*

Taburan mendatar purata kepekatan Cr, Cu, Pb dan Zn bagi ketiga-tiga transet ditunjukkan dalam bentuk graf palang pada *Rajah 4a* dan *4b*. Perbandingan logam kajian terhadap kepekatan purata di dalam batuan dan kerak bumi adalah seperti pada *Jadual 2*. Kepekatan kuprum (Cu) berada di antara 29.7 mg/kg berat kering hingga 86.2 mg/kg berat kering dengan purata 58.5 mg/kg berat kering (*Rajah 4a*). Purata kepekatan Cu didapati lebih tinggi berbanding kepekatan Cu di dalam batuan dan kerak bumi (Bowen 1979; Mason dan Moore 1982). Sumber utama Cu adalah dipercayai berasal daripada pembuangan



(a)



(b)

*Rajah 4a: Graf palang bagi purata kepekatan (a) Cr dan (b) Cu bagi ketiga-tiga transet. Stesen 1 adalah stesen yang paling hampir dengan sungai*

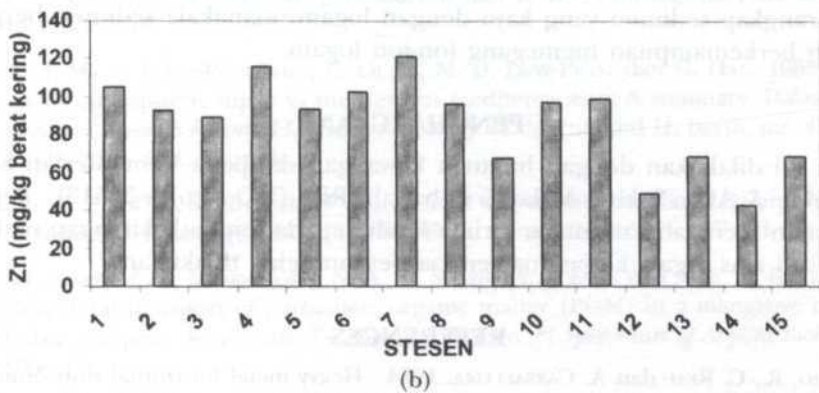
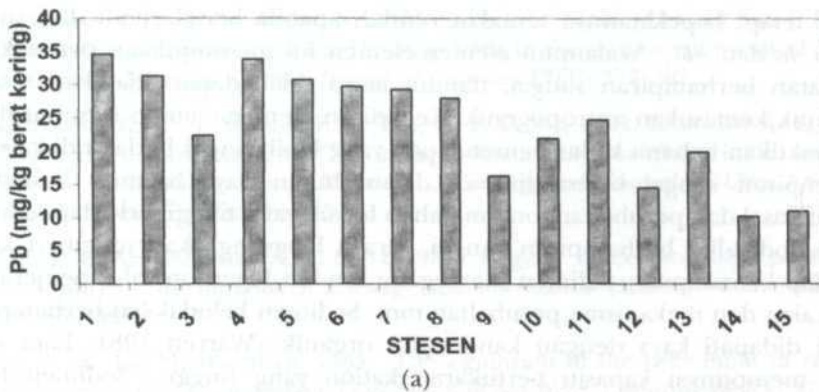
JADUAL 2

Perbandingan purata kepekatan Cr, Cu, Pb dan Zn pada permukaan sedimen di kawasan kajian terhadap purata kepekatan logam di dalam batuan dan kerak bumi yang dianggarkan oleh Bowen (1979) dan Mason & Moore (1982)

Logam Kajian	Purata kepekatan	Bowen 1979	Mason & Moore 1982
Cr	88	89	90
Cu	58.5	50	55
Pb	16	14	13
Zn	82.9	75	70

sisa kumbahan dari kawasan bandar dan sisa-sisa industri terutamanya berhampiran kawasan pendaratan ikan (berhampiran transet 2 dan 3), di mana masing-masing dengan purata kepekatan sebanyak 63.4 mg/kg berat kering dan 72.9 mg/kg berat kering. Sementara itu bagi kepekatan Cr, ianya didapati hampir malar di antara transet dan berada di dalam julat antara 49.7 mg/kg berat kering hingga 85.2 mg/kg berat kering (*Rajah 4a*). Purata kepekatan di kawasan kajian juga didapati hampir sama dengan nilai kepekatan di dalam batuan dan kerak bumi. Plumbum (Pb) mempunyai corak yang sama dengan Cu dengan purata kepekatan didapati tinggi di transet 2 dan 3 tetapi rendah di transet 1 (*Rajah 4b*). Purata kepekatan Pb di transet 1 adalah 27.7 mg/kg berat kering, manakala transet 2 dan 3 masing-masing 22.8 mg/kg berat kering dan 23.9 mg/kg berat kering. Julat kepekatan zink (Zn) berada di antara 42.5 mg/kg berat kering hingga 121.6 mg/kg berat kering dengan purata sebanyak 82.9 mg/kg berat kering (*Rajah 4b*). Kepekatan Zn tertinggi didapati pada stesen 2 (87.3 mg/kg berat kering), diikuti transet 3 (81.2 mg/kg berat kering) dan transet 1 (80.4 mg/kg berat kering). Nilai kepekatan yang tinggi adalah hasil daripada pelbagai faktor seperti kemasukan bahan industri ke dalam sungai, luluhawa dan kesan aktiviti setempat berhampiran Sungai Bebar.

Secara umumnya, terdapat dua zon taburan logam yang dikenal pasti dalam kajian ini iaitu zon muara (transet 1) yang mempunyai kepekatan logam yang rendah dan zon yang berada jauh dari muara (transet 2 dan 3) yang mempunyai kepekatan logam tinggi. Walaupun tiada corak taburan spesifik yang dikenal pasti namun purata kepekatan logam didapati semakin berkurangan dari kawasan daratan ke kawasan lautan terutama transet 1. Penurunan kepekatan ini boleh dikaitkan dengan pengangkutan sedimen yang mengalami percampuran dengan produk fluvial dan partikulat marin (Barreiro *et al.* 1994). Bagi kawasan yang terletak jauh daripada muara, sedimen halus ditemui dalam kuantiti yang banyak akibat diangkut oleh arus sungai dan secara tidak langsung menambahkan luas permukaan untuk pelekatan logam. Fenomena pengangkutan koloid yang terkumpul di kawasan pendalaman juga dipercayai bergerak bersama sedimen halus ke kawasan muara dan menyebabkan kepekatan logam didapati lebih tinggi. Seperti yang dilaporkan oleh Jamil (2002), terdapat hubungan korelasi yang positif di antara saiz butiran dengan kepekatan logam Cr, Cu, Pb dan Zn. Sedimen di transet 2 dan 3 yang mempunyai peratusan



Rajah 4b: Graf palang bagi purata kepekatan (c) Pb dan (d) Zn bagi ketiga-tiga transet. Stesen 1 adalah stesen yang paling hampir dengan sungai

kelodak dan liat yang tinggi (>75%) menunjukkan hubungan yang baik terhadap kepekatan logam. Bagi transet 1, kepekatan logam yang rendah adalah disebabkan terdapat pertambahan saiz sedimen. Selain itu, saliniti turut mempengaruhi proses penimbunan logam pada permukaan sedimen. Real *et al.* (1993) melaporkan bahawa peningkatan saliniti boleh menghalang proses pengoksidaan bagi sedimen yang terdapat berhampiran dengan lautan. Bagi sesetengah logam berat seperti Cr, Cu, Pb dan Zn didapati mampu melepasi lapisan oksida dan kembali semula ke dalam air dan menjadikan kandungan logam-logam tersebut rendah bagi kawasan yang berhampiran dengan lautan. Secara umumnya, purata keseluruhan kepekatan Cr, Cu, Pb dan Zn dalam kajian ini adalah rendah jika dibandingkan dengan nilai yang diperolehi penyelidik-penyelidik lain di kawasan hutan paya bakau (Real *et al.* 1993; Kamaruzzaman *et al.* 2001).

Perbezaan jumlah kepekatan Cr, Cu, Pb dan Zn di antara stesen bagi setiap transet didapati mempunyai perbezaan yang signifikan ( $P < 0.05$ ). Ini menunjukkan kepekatan Cr, Cu, Pb dan Zn tinggi di stesen berhampiran

sungai tetapi kepekatannya semakin rendah apabila berada jauh dari sungai (*Rajah 4a dan 4b*). Walaupun elemen-elemen ini menunjukkan peningkatan kepekatan berhampiran sungai, namun ianya tidak dapat dijadikan sebagai penunjuk kemasukan antropogenik. Kehadiran elemen-elemen tersebut dapat membuktikan bahawa kadar pendedapan yang lebih tinggi berlaku di kawasan berhampiran sungai berbanding di dalam hutan paya bakau. Kehadiran sedimen asal dan perubahan ion-ion bahan logam yang tinggi terhadap sedimen jenis kelodak-liat berhampiran sungai, secara langsung akan memberi kesan terhadap kemampuan sedimen memegang ion-ion logam melalui penjerapan, pemeraihan dan mekanisme perubahan ion. Sedimen kelodak-liat berhampiran sungai didapati kaya dengan kandungan organik (Warren 1981; Lara *et al.* 1985) mempunyai kapasiti pertukaran kation yang tinggi. Sedimen halus mempunyai permukaan yang lebih besar (Horowitz 1985) dan memudahkannya memerangkap sedimen yang kaya dengan logam, manakala sedimen berpasir kurang berkemampuan memegang ion-ion logam.

#### PENGHARGAAN

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

#### REFERENCES

- BARREIRO, R., C. REAI dan A. CARBALLEIRA. 1994. Heavy metal horizontal distribution in surface sediments from a small estuary. *Sci. Total Environ.* **154**: 87-100.
- BOWEN, H. J. M. 1979. *Environmental Chemistry of Elements*. ms. 333 London: Academic Press.
- EISMA, D., G. W. BERGER, C. WEI YUE dan S. JIAN. 1989. Pb-210 as a tracer for sediment transport and deposition in the Dutch-German Waddensea. Dalam *Proceedings KNGMFG Symposium Coastal Lowland, Geology and Geotechnology*, ms. 237-253. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- GONG, W. K. dan J. E. ONG. 1990. Plant biomass and nutrient flux in a managed mangrove forest in Malaysia. *Estuarine and Coastal Shelf Science* **11**: 331-345.
- HATCHER, B. G., R. E. JOHANNES dan A. I. ROBERTSON. 1989. Review of research relevant to conservation of shallow tropical marine ecosystem. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* **27**: 337-414.
- HOROWITZ, A. J. 1985. *Sediment-trace Element Chemistry*. Edisi kedua. MI, USA: Lewis Publisher.
- JAMIL, B. T. 2002. Chemical elements in surface sediment of Kuantan mangrove forest, Pahang. Final year report, Bachelor Science (Marine Science), Faculty of Applied Science and Technology, Universiti Putra Malaysia Terengganu.
- KAMARUZZAMAN, B. Y. 1999. Geochemistry of the marine sediments: its paleoceanographic significance. Ph.D Dissertation, Hokkaido University, Japan.

- KAMARUZZAMAN, B. Y., I. RAZARUDIN, N. A. M. SHAZILI, H. MOHD LOKMAN dan I. SULONG. 2001. The geochemistry of Ba, U, Cd and Mn in the surface sediments of Matang Mangrove, Malaysia. *Oriental Journal of Chemistry* **17(3)**: 377-382.
- KAMARUZZAMAN, K. Y., H. SUHAIMI, E. K. TEH, H. F. LEONG, K. H. SOON dan K. Y. CHONG. 2000. The determination of  $^{230}\text{Th}$  in the sediments: sedimentation in the mangrove Forests of Pulau Sekeping, Kemaman, Terengganu. *Journal of Ultra Scientist of Physical Sciences* **13(2)**: 239-245.
- LARA, R. J., E. A. GOMEZ dan A. E. PUCCI. 1985. Organic matter, sediment particle size and nutrient distributions in a sewage affected shallow channel. *Mar. Pollut. Bull.* **16**: 360-364.
- MARTIN, J. M. dan M. WHITFIELD. 1983. The significant of the river input of chemical elements to the ocean. Dalam *Trace Metals in Sea Water*, disunting oleh C. C. Wong, E. A. Boyle, K. W. Bruland, J. D. Burton dan E. D. Goldberg, ms. 265-296. New York: Plenum.
- MARTIN, J. M., F. ELBAZ-POULICHET, C. GUIEU, M. D. LOYE-PILOT dan G. HAN. 1989. River versus atmospheric input to the western mediterranean: A summary. Dalam *Water Pollution Research Reports 13*, disunting oleh J. M. Martin and H. Barth, ms. 423-434. EROS 2000. CEC Brussels.
- McBRIDE, E. F. 1971. Mathematical treatment of size distribution data. Dalam *Procedures in Sedimentary Petrology*, disunting oleh R. E. Carver. New York: Wiley Interscience.
- MOHD LOKMAN, H., S. MEREHOJONO, N. A. M. SHAZILI, Y. ROSNAN dan A. R. K. KAMIL. 1994. Neap tidal transport of particulate organic matter (POM) in a mangrove creek at Pulau Sekeping, Kemaman, Terengganu. Dalam *3<sup>rd</sup> Symposium of Applied Biology*, ms. 106-109.
- MASON, B. dan C. B. MOORE. 1982. *Principles of Geochemistry*. Edisi keempat ms. 344. New York: J. Wiley and Sons.
- NOLTING, R. F. dan W. HELDER. 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.
- NORIKI, S., K., T. NAKANISHI, M. FUKAWA, T. UEMATSU, H. UCHIDA dan 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.
- REAL, C., R. BARREIRO dan A. CARBALLEIRA. 1993. Heavy metal mixing behaviour in estuarine sediments in the Ria de Arousa (NW Spain). *Sci. Total Environ.* **128**: 51-67.
- SEN GUPTA, J. G. dan 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., H. MOHD LOKMAN, Y. ROSNAN dan T. ASANO. 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 Townville, North Queensland, Australia. *Singapore Journal of Tropical Geography* 3: 100-107.
- THONG, K. L. dan A. SASEKUMAR. 1984. The trophic relationships of the fish community of the Ansa Bank, Selangor, Malaysia. Dalam *Proceedings of the UNESCO Asian Symposium on "Mangrove Environment: Research and Management*, disunting oleh E. Soepadmo, A. N. Rao dan D. J. MacIntosh, ms. 385-399. Universiti Malaya.
- WAREN, L. J. 1981. Contamination of sediments by lead, zinc and cadmium - A review. *Environ. Pollut.* 2: 401-436.
- YEATS, P. A. dan J. M. BEWERS. 1983. Potential anthropogenic influences on trace metals distribution in the North Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 124 - 131.