

## PERUBAHAN CIRI-CIRI SEDIMEN TERHADAP MUSIM DAN KADAR PEMENDAPAN DI HUTAN PAYA BAKAU SETIU, TERENGGANU

Kamaruzzaman Yunus<sup>1\*</sup>, Hasrizal Shaari<sup>2</sup>, Jamil Tajam<sup>2</sup>, Noor Azhar Mohd Shazili<sup>2</sup>  
dan Misbahul Mohd Amin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Oceanography and Maritime Studies,  
International Islamic University Malaysia, Jalan Istana, 25200 Kuantan, Pahang.

<sup>2</sup>Fakulti Sains dan Teknologi,  
Universiti Malaysia Terengganu, 21030, Kuala Terengganu, Terengganu, Malaysia.

\*Corresponding author: kama@iiu.edu.my

### Abstrak

Sampel permukaan yang di ambil dari 4 transect (50 stesen persampelan) di hutan paya bakau Setiu dianalisa ciri-ciri sedimen. Ciri-ciri sedimen di kawasan kajian menunjukkan perubahan yang signifikan ( $P < 0.05$ ) terhadap musim. Saiz sedimen ( $\phi$ ) didapati meningkat pada musim monsun dan sebaliknya ketika musim bukan monsun. Dalam kajian ini,  $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}$  digunakan bagi menentukan kadar pengenalapan dan sebanyak  $0.61 \text{ cmthn}^{-1}$  telah diperolehi. Sekiranya kadar pengenalapan yang diperolehi diambil kira, hutan paya bakau di Setiu berkemungkinan berada dalam peringkat belum matang dengan anggaran usia lebih kurang 163 tahun.

**Katakunci:** Hutan paya bakau,  $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}$ , ciri-ciri sedimen

### Abstract

Surface sediment samples from the mangrove forest of Setiu river were analysed for the grain size analysis in order to understand better the accretion processes in the mangrove environment. There is a significant ( $P < 0.05$ ) relationship between sediment characteristics with the seasonal changes with a decreasing mean particle size occurring during monsoon seasons. The accretion rate in this study was determined using  $^{230}\text{Th}_{\text{excess}}$  and an average accretion rate of about  $0.61 \text{ cm yr}^{-1}$  was obtained. Those fairly high average accretion rates obtained indicating that this mangrove may be still prograding and in an immature stage with an estimated age of 163 years.

**Keywords:** Mangrove,  $^{230}\text{Th}_{\text{excess}}$  sediment characteristic

### Pengenalan

Hutan paya bakau merupakan salah satu ekosistem pantai yang lazim terdapat di kebanyakan negara tropika. Ianya merupakan satu sumber semulajadi yang amat berharga, namun di kebanyakan kawasan kadar kemusnahan hutan paya bakau adalah sangat membimbangkan. Kawasan hutan paya bakau biasanya mempunyai kadar pemendapan yang tinggi, berupaya memerangkap sedimen samada daripada sumber daratan, sungai dan mineral-mineral daripada lautan yang dibawa masuk ke dalam sistem muara. Sedimen yang dibawa ke kawasan hutan paya bakau akan mengalami satu proses biasa di mana bahan terampai yang dibawa ke belakang atau ke hadapan akan termendap secara kekal ataupun sementara di antara akar pokok-pokok paya bakau. Walau bagaimanapun, kebarangkalian untuk sedimen terhakis atau termendap banyak bergantung kepada kekerapan dan tempoh berlaku air pasang [1].

Kajian berhubung mekanisme pengangkutan sedimen di dalam hutan paya bakau kurang mendapat perhatian walaupun secara pemerhatian didapati terdapat aliran bersih sedimen yang halus di dalam hutan paya bakau [2]. Arus yang membawa enapan terampai akan menjadi perlahan akibat daripada kepadatan tumbuhan yang tinggi di dalam hutan paya bakau [3,4]. Walau bagaimanapun tidak banyak kajian berkaitan akar hutan paya bakau dijalankan bagi mengenalpasti kesan aliran arus dan peranan proses pengenalapan sedimen.

Di Malaysia, kajian berhubung hutan paya bakau kurang diterbitkan dan hanya sedikit maklumat yang didokumentasikan terutamanya yang berkaitan dengan biologi dan ekologi hutan paya bakau dalam persekitaran semulajadi [5,6]. Tidak banyak maklumat mengenai peranan alur dan proses pemendapan di hutan paya bakau [7]. 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 [8]. Berasaskan kepada kepentingan paya bakau daripada pelbagai aspek persekitaran, kajian berhubung kadar pemendapan dan corak taburan sedimen ini dilakukan.

### Alatan dan Kaedah

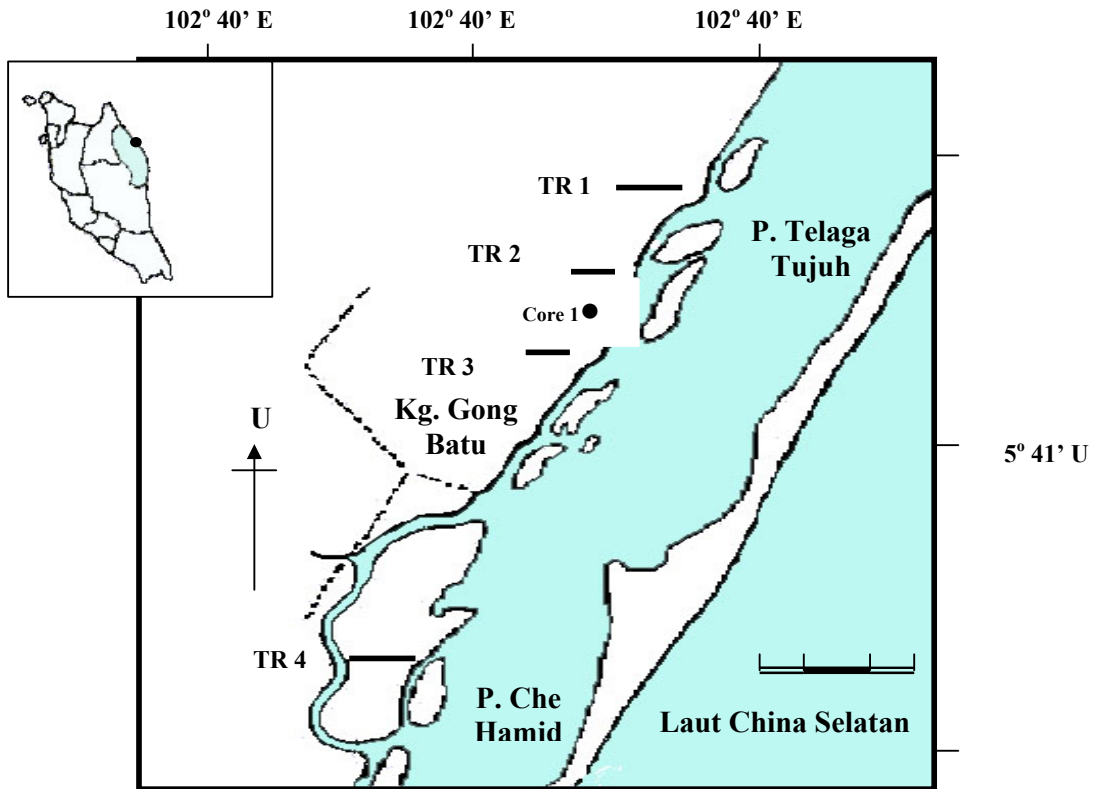
#### Penyampelan

Setiu mempunyai ekosistem yang pelbagai, dengan membabitkan penggunaan sumber-sumber semulajadi, kepelbagaian biologi dan aktiviti perikanan di sungai dan pantai. Kawasan Setiu terletak di garisan Khatulistiwa yang lembap, di mana mempunyai kadar penurunan hujan yang tinggi ketika musim monsun. Dalam kajian ini, empat transek (TR1, TR2, TR3 dan TR4) telah di pasang di dalam hutan paya bakau Setiu (Rajah 1), di mana membabitkan sejumlah 50 stesen penyampelan. Kesemua transek adalah di pilih di kawasan yang tidak terdapat gangguan biologi ataupun berdekatan dengan tempat yang banyak mempunyai aktiviti manusia. Transek 1 (TR1) mempunyai 20 stesen penyampelan, transek 2 dan 3 (TR2 dan TR3) masing-masing mempunyai 10 dan 9 stesen penyampelan, manakala transek 4 (TR4) mempunyai 11 stesen penyampelan. Setiap transek adalah dipilih dikawasan yang tidak terdapat sebarang gangguan biologi ataupun terletak dikawasan yang tidak terdapat banyak aktiviti-aktiviti manusia. Sampel permukaan di setiap stesen di ambil 2 kali setiap musim bukan monsun dan musim monsun bagi tujuan kajian analisa ciri-ciri sedimen. Sementara itu, satu sampel teras sepanjang 150 cm juga di ambil dengan menggunakan penyampelan teras-D. Sampel teras ini di potong kepada beberapa sekmen dengan jarak sekurang-kurangnya 5 cm, dilabelkan dan di simpan sehingga analisa makmal di jalankan.

#### Kaedah Analisis $^{232}\text{Th}$ dan $^{230}\text{Th}$ .

Sampel sedimen dihadamkan dan dianalisa bagi mendapatkan  $\text{Th}_{\text{jumlah}}$  ( $^{232}\text{Th}$ ) dengan menggunakan kaedah yang disyorkan [9–11] dengan sedikit pengubahsuaian. Alat ICP-MS (Inductively-Coupled Plasma Mass Spectrometer) yang sensitif digunakan bagi mengukur kepekatan Th dengan lebih tepat. Secara ringkasnya, kaedah penghadaman ini melibatkan pemanasan 50mg sampel tanah ( $63\ \mu\text{m}$ ) di dalam bikar Teflon dengan campuran asid HF, HNO<sub>3</sub> 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) di masukkan dan di panaskan semula pada suhu 150°C selama 5 jam. Setelah disejukkan pada suhu bilik, larutan jernih yang diperolehi dalam bikar teflon ini akan di masukkan 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 di dapati kurang daripada 3 % dan nilai terakru bagi sedimen piawai adalah juga di dalam lingkungan  $\pm 3\%$ .

Kaedah analisis  $^{230}\text{Th}$  bagi penentuan kadar pemendapan di buat dengan mengikut kaedah yang telah disyorkan [11,12,13] dengan sedikit pengubahsuaian. Kaedah ini melibatkan pemanasan 1-2 g sedimen ( $63\ \mu\text{m}$ ) di hadamkan dengan larutan campuran (HF, HNO<sub>3</sub> 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  $^{230}\text{Th}$  yang keluar dari kolum dipanaskan sehingga kering sebelum di larutkan ke dalam 5% HNO<sub>3</sub>. Kepekatan  $^{230}\text{Th}$  kemudiannya di ukur dengan menggunakan alat sensitif ICP-MS. Kejituan replikasi sampel didapati berada di dalam lingkungan  $\pm 3\%$ . Ketepatan analisa adalah juga diuji dengan menganalisa sampel piawai (DL-1a) dan memperoleh nilai terakru yang kurang daripada  $\pm 3\%$ .



Rajah 1: Lokasi sampel teras (●) dan transek (TR1, TR2, TR3 and TR4) di hutan paya bakau Setiu, Malaysia.

### Keputusan Dan Perbincangan

#### Kadar pengendapan

Dalam kajian ini,  $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}$  digunakan bagi penentuan kadar pemendapan [14-16]. Jumlah  $^{230}\text{Th}$  adalah diperolehi dengan menggunakan pengiraan seperti persamaan di bawah:

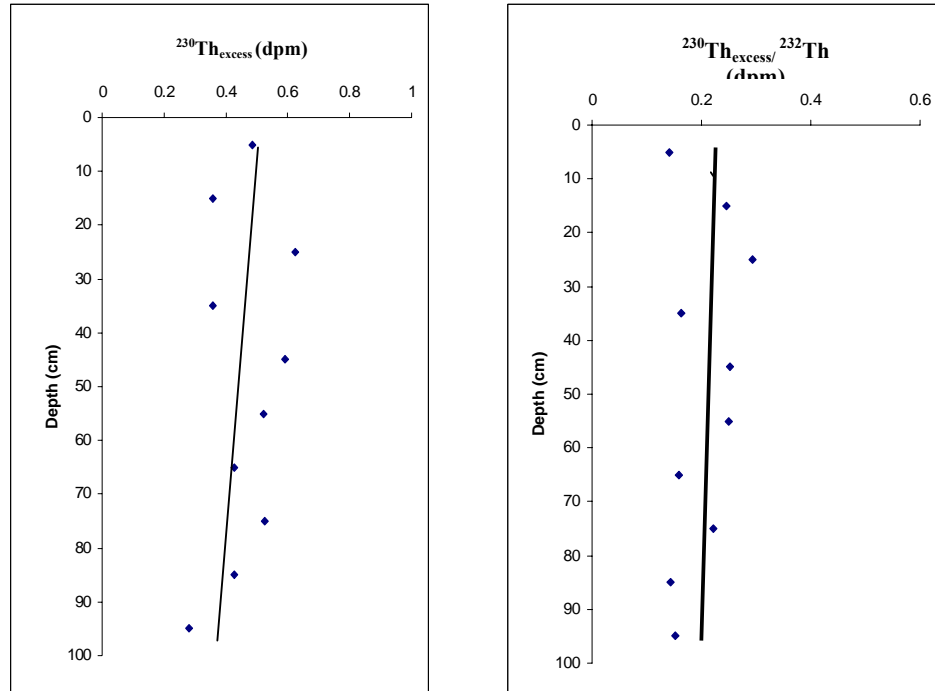
$$^{230}\text{Th}_{\text{ekses}} = ^{230}\text{Th}_{\text{jumlah}} - (0.8 \times ^{230}\text{Th}_{\text{jumlah}}) - ^{234}\text{U} (1 - \exp \{-\lambda^{230}t\}) \quad (1)$$

di mana  $^{230}\text{Th}_{\text{jumlah}}$  dan  $^{232}\text{Th}_{\text{jumlah}}$  adalah masing-masing daripada kepekatan  $^{230}\text{Th}$  dan  $^{232}\text{Th}$  yang diukur, dan  $^{234}\text{U}$  dan  $\lambda^{230}$  adalah kepekatan  $^{234}\text{U}$  dan kadar pereputan malar  $^{230}\text{Th}$  ( $9.24 \times 10^{-6}$  thn). Bahagian yang kedua di sebelah kanan bagi persamaan ini ( $^{232}\text{Th}$ ) 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 [16]. Bahagian yang ketiga iaitu  $^{234}\text{U}(1 - \exp \{-\lambda^{230}t\})$  adalah pembetulan bagi nilai  $^{230}\text{Th}$  yang dihasilkan dari  $^{234}\text{U}$  di dalam sedimen, yang mana ia adalah perlu kerana  $^{230}\text{Th}$  di hasilkan daripada autigenik U di dapati di dalam sedimen.

Penentuan kadar pemendapan adalah berdasarkan kepada andaian bahawa  $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}$  termendap di dalam sedimen dengan yang malar [17, 18]. Nilai bagi  $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}$  diperolehi daripada persamaan 1 adalah seperti dalam Jadual 2. Jika andaian didapati benar, kepekatan bagi  $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}$  dalam sedimen teras yang menunjukkan penurunan secara eksponen mengikut kedalaman, maka kadar pemendapan 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 pemendapan, kami menggunakan kedua-dua kepekatan  $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}$  dan nisbah  $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}/^{232}\text{Th}$ . Seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2, kadar pemendapan di dalam kawasan kajian adalah masing-masing  $0.60 \text{ cmthn}^{-1}$  dan  $0.61 \text{ cmthn}^{-1}$ . Keputusan yang diperolehi daripada kedua-dua kaedah ini adalah konsisten dengan purata kadar pemendapan sebanyak  $0.61 \text{ cmthn}^{-1}$  diperolehi.



Rajah 2: Graf  $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}$  (dpm) and  $^{230}\text{Th}_{\text{ekses}}/^{232}\text{Th}$  (dpm) terhadap kedalaman (cm) dengan kadar sedimentasi masing-masing of  $0.60 \text{ cm thn}^{-1}$  and  $0.61 \text{ cm thn}^{-1}$ .

Secara umumnya, kadar pemendapan di kawasan kajian didapati agak tinggi secara relatifnya berbanding dengan kawasan tanah lembab yang lain [10 – 12]. Kadar pemendapan yang tinggi itu adalah disebabkan oleh lokasinya yang terletak berhampiran dengan kawasan muara dan dipengaruhi oleh 2 sumber kemasukan sedimen daripada 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, di mana ianya berperanan memerangkap sedimen dalam kuantiti yang besar. Bagi analisa ciri-ciri sedimen, sedimen permukaan daripada setiap stesen penyampelan sepanjang transet di ambil ketika air surut. Penyampelan dilakukan dengan mengikis sedimen permukaan setebal 1-2 mm. Corak sedimentologi mempunyai kaitan dengan komponen bukan organik di dalam sedimen dimana ianya disingkirkan terlebih dahulu dengan menambahkan larutan 20% hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ke dalam sampel. Fluk partikel halus pula dihapuskan dengan menambahkan agen penguraian (5% larutan kalgon). Sedimen yang telah di pungut kebanyakannya (80% berat) sedimen halus dan masih berada dalam julat pengesanan mesin penyerakan laser. Saiz butiran sedimen telah di analisa hanya dengan menggunakan kaedah penyerakan laser sahaja. Saiz butiran dijelaskan dalam unit phi ( $\phi$ ), di mana  $\phi = -\log_2 d$  dan  $d$  merupakan diameter butiran dalam mm. Min, sisihan piawai, skewness setiap sampel di kira melalui kaedah momen dengan menggunakan persamaan yang ditakrifkan oleh McBride [19].

### Ciri-ciri Sedimen Permukaan

Julat min sedimen permukaan terdiri daripada lumpur sederhana (5.56 Ø) hingga lumpur halus (7.30 Ø) ketika musim bukan monsun dan berubah kepada pasir sangat halus (3.79 Ø) hingga lumpur sederhana (5.69 Ø) ketika musim monsun. Secara umumnya, purata min saiz bagi kawasan kajian ini ketika musim bukan monsun adalah 6.18 Ø dan menjadi lebih kasar ketika musim monsun iaitu 4.96 Ø. Terdapat hubungan signifikan ( $P < 0.05$ ) di antara ciri-ciri sedimen dengan perubahan musim melalui pengurangan min saiz partikel yang berlaku ketika musim monsun (Rajah 3). Sedimen yang kasar didapati lebih banyak ketika musim monsun, manakala sedimen lebih halus didapati lebih mendominasi ketika musim bukan monsun. Saiz sedimen yang lebih kasar ketika musim monsun mungkin disebabkan oleh kekuatan pergerakan air di bahagian permukaan yang membawa keluar sedimen yang halus ke laut. Corak perlakuan pemendapan boleh di lihat dengan lebih jelas melalui graf penyisihan melawan min saiz (Rajah 4), di mana terdapat satu polar pemendapan yang boleh dikaitkan dengan pergerakan arus sungai semasa perubahan musim berlaku. Nilai min saiz yang tinggi dengan corak penyisihan yang tidak sempurna, menggambarkan pergerakan arus yang lebih perlahan semasa musim bukan monsun berbanding semasa musim monsun dengan min saiz yang lebih kecil dengan corak penyisihan yang sangat tidak sempurna.

Nilai-nilai penyisihan dan kepencongan sedimen bagi musim bukan monsun dan musim monsun adalah ditunjukkan dalam jadual 2. Di dalam kajian ini, nilai penyisihan tidak menunjukkan hubungan signifikan terhadap perubahan monsun, di mana julat nilai di antara 1.08 hingga 2.88 Ø. Secara keseluruhannya, nilai penyisihan sedimen memberikan corak taburan yang tidak sempurna pada kedua-dua musim. Walau bagaimanapun, nilai purata penyisihan didapati lebih tinggi ketika musim monsun dan ini menunjukkan berlaku pemilihan sedimen semasa proses pengangkutan. Kepencongan secara signifikannya berbeza di antara monsun ( $P > 0.05$ ) dan berada pada julat -0.05 hingga 1.35, iaitu dari corak taburan yang sangat negatif kepada yang sangat positif. Purata nilai negatif diperolehi ketika musim bukan monsun dan berubah kepada nilai positif ketika musim monsun. Keadaan ini menunjukkan hakisan sedimen didapati berlaku semasa musim monsun dengan menghakis dan membawa sedimen yang lebih halus keluar ke laut atau dimendapkan ditempat-tempat yang lain.

Kandungan kelodak dan liat di kawasan kajian memperlihatkan penurunan dari segi peratusan ketika musim monsun. Semasa musim bukan monsun, purata kandungan pasir adalah 19.9%, kelodak 62.4 % dan liat 17.7 %. Manakala ketika musim monsun purata kandungan pasir adalah 40.3 %, kelodak 47.4 % dan liat 12.3 %. Corak taburan pasir, kelodak dan liat dalam kedua-dua musim didominasi oleh tektur jenis loam kelodak dan loam. Jenis-jenis sedimen berkenaan mungkin menunjukkan pengangkutan partikel sedimen dalam kawasan kajian adalah dipengaruhi oleh kemasukan air sungai. Peratusan kelodak dan liat tertinggi (>70 %) diperhatikan dalam persekitaran paya bakau mungkin disebabkan oleh pokok-pokok bakau yang secara aktif membentuk ekosistemnya sendiri melalui pemerangkapan sedimen. Mekanisma pemerangkapan adalah disebabkan oleh pergolakan yang dihasilkan oleh aliran air di sekitar hutan paya bakau ketika air pasang. Kedua, seperti hipotesis awal, pasang-surut memainkan peranan yang signifikan dalam pengangkutan sedimen daripada laut ke dalam hutan paya bakau. Bahan-bahan daripada laut kebanyakannya mengandungi sedimen yang halus akan di angkut ke dalam paya bakau tetapi hanya sebahagian kecil akan di bawa lebih jauh disebabkan oleh pergerakan arus sungai yang lebih kuat.

### Penghargaan

Kajian ini dilakukan dengan bantuan kewangan bersama daripada Kementerian Sains & Teknologi Malaysia dibawah IRPA (NO. Projek 51513) dan geran penyelidikan daripada Malaysian Toray Foundation (MTSF) nombor projek 63905. Penulis juga ingin merakamkan jutaan terima kasih kepada semua kakitangan makmal MARU dan makmal INOCHEM, Universiti Islam Antarabangsa Malaysia, di atas segala kerjasama yang di berikan semasa penyempelan dilakukan.

### Rujukan

1. Cahoon, D.R. and Reed, D.J. 1995. Relationship among marsh surface topography, hydroperiod and soil accretion in a deteriorating Louisiana Salt marsh. *Journal of Coastal Research* 11(2), 357-369.
2. Furukawa, K., Wolanski, E. and Mueller, H. 1996. Currents and sediment transport in mangrove forests. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 23, 234-245.
3. Wolanski, E., Jones, M. dan Bunt, J.S. 1980. Hydrodynamics of a tidal creek mangrove swamp system. *Australian Journal of Marine Freshwater research* 31, 431-450.

4. Mazda, Y., Kanazawa, N. dan Wolanski, E. 1995. Tidal asymmetry in mangrove creeks. *Hydrobiologia* 295, 51-58.
5. Thong, K. L. dan Sasekumar, A. 1984. The tropic relationships of the fish community of the Ansa Bank, Selangor, Malaysia. In *Proceeding of the UNESCO Asian Symposium on Mangrove Environment : Research and Management*. Soepadmo, E., Rao, A.N. and MacIntosh, D.J. (eds). Universiti Malaya, Malaysia. Pp. 385-399.
6. Gong, W.K. dan Ong J.E. 1990. Plant biomaas and nutrient flux in a managed mangrove forest in Malaysia. *Estuarine and Coastal Shelf Science* 11, 331-345.
7. 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. *3<sup>rd</sup>. Symposium of Applied Biology*, 28- 29 May, pp. 106 – 109.
8. Kamaruzzaman, B.Y., Suhaimi, H., Teh, E.K., Leong, H.F., Soon, K.H dan Chong, K.Y. 2000. The determination of <sup>230</sup>Th in the sediments: Sedimentation in the mangrove Forest of Pulau sekeping , Kemaman, Terengganu. *Journal of Ultra Scientist of Physical Sciences* 13(2), 239-245.
9. Noriki, S., Nakanishi, K. T., Fukawa, M., Uematsu, M., Uchida, T. and Tsunogai, S. 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.
10. Sen Gupta, J. G. and Bertrand, N. B. 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.
11. Kamaruzzaman, B. Y. 1999. Geochemistry of the marine sediments: Its paleoceanographic significance. *Ph.D Dissertation*. Hokkaido University, Japan.
12. Tsunogai, S. and Yamada, M. 1979. <sup>226</sup>Ra in Bering Sea sediment and its application as a geochronometer. *Geochemical Journal* 13: 231-238.
13. Harada, K. and Tsunogai, S. 1985. A practical method for the simultaneous determination of <sup>234</sup>Th, <sup>226</sup>Ra, <sup>210</sup>Pb and <sup>210</sup>Po in seawater. *J. Oceanogr. Soc. Jpn.* 41: 98-104.
14. Suman, D. O. and Bacon, M. P. 1989. Variations in Holocene sedimentation in the North American Basin determined from <sup>230</sup>Th measurements. *Deep Sea Res.*36: 869-873.
15. Mangini, A. and Stoffers, P. 1990. A high resolution <sup>230</sup>Th depth profile in a piston core from the Southern Lau Basin. *Geol. Jahrb. Reihe D.* 92: 255-261.
16. Anderson, R. F. 1982. Concentration, vertical flux and remineralization of particulate uranium in sea water. *Geochim. Cosmochim. Acta* 46: 1293-1299.
17. Ku, T. L. and Broecker, W. S. 1966. Atlantic deep-sea stratigraphy, extension of absolute chronology to 320,000 years. *Science* 151:448-450.
18. Osmond, J. K. 1979. Accumulation models of <sup>230</sup>Th and <sup>231</sup>Pa in deep-sea sediments. *Earth. Planet. Sci. Lett.* 15:95-150
19. McBride, E. F. 1971. Mathematical treatment of size distribution data, *In: Procedures in sedimentary petrology*. Carver, R. E. (ed.). Wiley Interscience, New York.