

AKTIVITI POLONIUM-210, PLUMBUM-210 DAN RADIUM-226 DI PERAIRAN SABAH, MALAYSIA

Che Abd Rahim Mohamed, Tee Lee Theng & Zaharudin Bin Ahmad¹

Program Sains Laut, Pusat Pengajian Sains Sekitaran Dan Sumber Alam,
Fakulti Sains Dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor.

¹Malaysian Institute for Nuclear Technology Research (MINT), 43650 Bangi, Selangor.

Abstrak. Aktiviti Po-210, Pb-210 dan Ra-226 dalam sedimen di sekitar perairan Sabah iaitu di Teluk Brunei, Sipitang, Teluk Kimanis, Kota Kinabalu dan Kuala Penyu telah ditentukan. Taburannya adalah tidak konsisten dan berubah mengikut kawasan persampelan. Secara umumnya, corak aktiviti yang ditunjukkan oleh ketiga-tiga radionuklid ini ialah Po > Pb > Ra. Manakala, julat aktiviti bagi Po-210, Pb-210 dan Ra-226 masing-masing ialah 0.413 dpm/g hingga 8.491 dpm/g, 0.023 dpm/g hingga 2.767 dpm/g dan 0.704 dpm/g hingga 1.619 dpm/g. Didapati juga taburan aktiviti Po-210 adalah berkurangan mengikut kedalaman. Malah, aktiviti Po-210 akan menghampiri aktiviti Pb-210 secara beransur-ansur mengikut kedalaman. Faktor yang mempengaruhi aktiviti nuklid di kawasan kajian ialah disebabkan oleh proses kimia dan biologi yang berlaku di dalam turus air dan sedimen.

Abstract. Activities of Po-210, Pb-210 and Ra-226 in sediment around the Sabah water at Teluk Brunei, Sipitang, Teluk Kimanis, Kota Kinabalu and Kuala Penyu have been determined. Its distribution was inconsistent and liable changing according to the sampling sites. The activity pattern showed by these radionuclides was Po > Pb > Ra. Whereas, the range of activity for Po-210, Pb-210 and Ra-226 were 0.413 dpm/g to 8.491 dpm/g, 0.023 dpm/g to 2.767 dpm/g and 0.704 dpm/g to 1.619 dpm/g, respectively. Activities of Po-210 were decrease with increasing sediment depth. Then, the activity of Po-210 will slowly reach equal to Pb-210 by depth. The chemical and biological processes in water column and sediments were the major factors that control these radionuclides at the study area.

Keywords: Activity, Radium, Plumbum, Polonium, sediment, distribution.

PENGENALAN

Radium-226 ($T_{1/2} = 1622$ tahun), Plumbum-210 ($T_{1/2} = 22.3$ tahun) dan Polonium-210 ($T_{1/2} = 138.4$ hari) adalah turutan kepada siri reputan ^{238}U yang berlaku pereputan secara semulajadi dan berasal dari kerak bumi. ^{226}Ra adalah nuklid yang tinggal dan terlarut dalam air laut dengan keadaan mantap. Sementara itu, ^{210}Pb dan ^{210}Po adalah partikel yang reaktif dan berpindah dari air laut oleh penyerapan, pemendakan dan proses biologi [1]. Manakala, input utama bagi nuklid-nuklid ini ke persekitaran marin adalah melalui empat cara iaitu sungai, pereputan radioaktif induk dalam sedimen, pereputan induk radioaktif yang terlarut dan atmosfera. Bagi ^{226}Ra , ^{210}Pb dan ^{210}Po , input utamanya dalam sedimen marin masing-masing adalah dari pereputan radioaktif induk iaitu ^{230}Th ($T_{1/2} = 7.52 \times 10^4$ tahun) dalam sedimen yang mempunyai setengah hayat yang panjang, dari atmosfera iaitu hasil reputan ^{222}Rn ($T_{1/2} = 3.8$ hari) dan reputan in situ induk ^{210}Pb .

Bagi radionuklid-radionuklid yang dikaji ini, mereka mempunyai keistimewaan yang tersendiri. ^{210}Po dengan sifatnya yang sangat biophile dan setengah hayat pendek adalah sangat sesuai sebagai penyurih bagi proses biogeokimia yang masa sejarahnya kurang daripada beberapa tahun bagi penghasilan primer, peragutan zooplankton dan degradasi partikel-partikel [2]. Manakala, disebabkan sifat ketaklarutan ^{210}Pb di turus air dan setengah hayatnya ^{210}Pb adalah sesuai untuk kajian percampuran dan kadar pemendapan sedimen lakustrin, estuari dan marin [3].

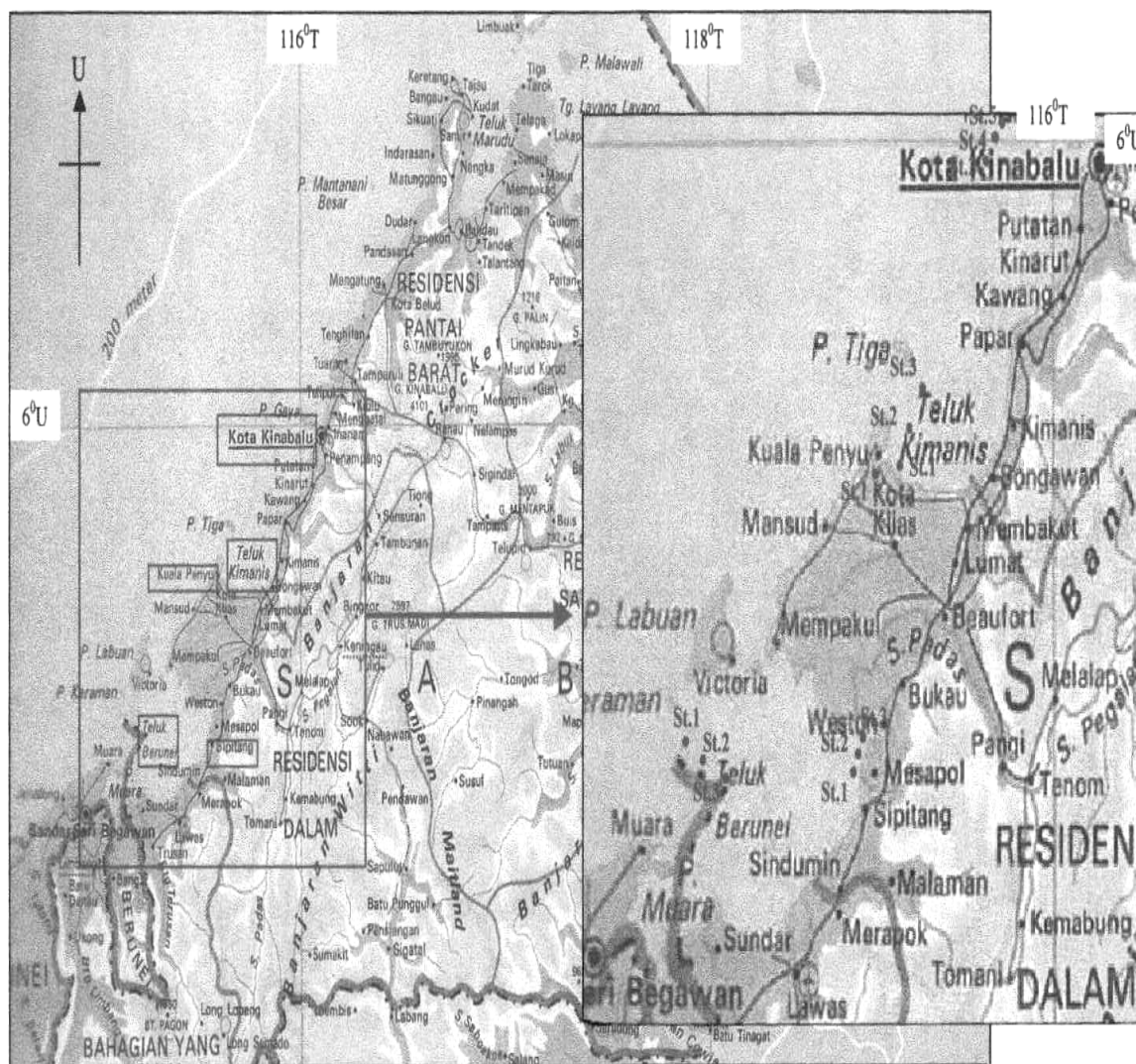
Taburan aktiviti bagi radionuklid-radionuklid semulajadi ini dalam persekitaran marin adalah bergantung kepada sifat fizikal, kimia dan geokimia serta penglibatan mereka dalam proses biologi [4, 5]. Dengan itu, ^{210}Pb dan ^{210}Po merupakan dua nuklid yang paling banyak digunakan sebagai penyurih radioaktif untuk mengkaji proses-proses biogeokimia pada dekad yang lepas. Manakala, ^{226}Ra adalah penting dalam

menentukan aktiviti-aktiviti ^{210}Pb dalam kajian profil sedimen dan kadar pengumpulan. Justeru itu, kajian ini bertujuan menentukan aktiviti ^{210}Pb , ^{210}Po dan ^{226}Ra di dalam sedimen di perairan Sabah.

KAEDAH

Persampelan

Sebanyak 13 stesen persampelan yang meliputi Teluk Brunei, Sipitang, Teluk Kimanis, Kota Kinabalu dan Kuala Penyu telah dilakukan dengan menggunakan turus graviti dan sampel itu disejukkan sebelum analisis di makmal (Rajah 1, Jadual 1).



Rajah 1 : Peta menunjukkan kawasan persampelan di Perairan Sabah.

Penganalisan Po-210 , Pb-210 dan Ra-226

Di makmal, turus sampel dipotong dan dibahagi mengikut kedalaman 3 cm setiap lapisan dan dikeringkan dalam oven pada suhu $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sampel yang telah kering dihancurkan dan diayak dengan pengayak yang bersaiz $125\text{ }\mu\text{m}$ berserta dengan alat pengayak elektronik supaya saiz yang homogen diperolehi dalam setiap sampel. Sebanyak 2 g sampel ditimbang dan 0.27 ml penyurih ^{209}Po (Keaktifan, $A = 24.74 \pm 0.42\text{ dpm/g}$) dimasukkan dalam sampel. Proses pencernaan dilakukan dengan percampuran HNO_3 , HClO_4 dan HCl .

Kemudian, proses pemendapan spontan di atas kepingan perak yang bersaiz segiempat tepat yang direndam dalam alikuot dilakukan bagi membenarkan pemendapan isotop-isotop Po selama 24 jam. Asid askorbik ditambahkan untuk mengelakkan pemendapan Fe dan pengacauan dijalankan sepanjang pemendapan. Aktiviti Po-210 dan Pb-210 ditentukan dengan menggunakan spektrometer alfa (EG & G ORTEC Model 676A ALPHA-KING™). Manakala, aktiviti Ra-226 dalam sampel sedimen ditentukan dengan spektrometer gama germanium lampau tulen (High Purity Ge, HPGe) pada voltan kerja 1500 volt.

Jadual 1 : Lokasi stesen-stesen persampelan di kawasan persekitaran marin, Sabah.

Nama tempat	Stesen (Kod stesen)	Kedalaman Air (m)	Lokasi	Panjang keseluruhan sedimen (cm)
Teluk Brunei	1 (T.B 1)	23.4	5°10.75' N 115°15.44' E	27
	2 (T.B 2)	29.7	5°06.88' N 115°18.67' E	35
	3 (T.B 3)	35.1	5°03.66' N 115°21.47' E	36
Sipitang	1 (SPT. 1)	5.0	5°04.66' N 115°32.45' E	25
	2 (SPT. 2)	5.9	5°05.01' N 115°32.64' E	31
	3 (SPT. 3)	6.4	5°05.30' N 115°32.78' E	22
Teluk Kimanis	1 (T.K 1)	7.0	5°35.69' N 115°38.14' E	36
	2 (T.K 2)	21.0	5°38.67' N 115°40.86' E	29
	3 (T.K 3)	33.4	5°41.71' N 115°43.81' E	28
Kota Kinabalu	2 (K.K 2)	32.9	5°58.41' N 115°59.26' E	24
	4 (K.K 4)	27.7	6°01.72' N 116°03.33' E	30
	5 (K.K 5)	27.7	6°03.56' N 116°04.74' E	20
Kuala Penyu	1 (K. P 1)	6.7	5°33.18' N 115°35.32' E	23

HASIL DAN PERBINCANGAN

Taburan Pb-210, Po-210 dan Ra-226

Aktiviti Po-210 dan Pb-210 dalam sedimen di stesen di perairan barat, Sabah telah diperolehi (Rajah 2). Sedimen-sedimen dari setiap stesen dikesan bagi lapisan atas (0-3 dan 3-6 cm), pertengahan dan bawah sedimen. Julat aktiviti Po-210 dan Pb-210 bagi kesemua stesen masing-masing adalah 0.14 dpm/g hingga 8.50 dpm/g dan 0.02 dpm/g hingga 2.77 dpm/g. Aktiviti Po-210 dan Pb-210 yang tertinggi telah dicatatkan oleh St. 5, Kota Kinabalu (Rajah 2f) iaitu masing-masing dengan nilai 8.49 dpm/g dan 2.77 dpm/g. Manakala, aktiviti Po-210 dan Pb-210 yang paling rendah diperolehi di St. 3, Sipitang (Rajah 2f) dan di St. 1, Kuala Penyu (Rajah 2m).

Aktiviti Po-210 dan Pb-210 bagi 13 stesen ini bertabur secara tidak konsisten dan berubah-ubah mengikut lapisan (Rajah 2a - 2m). Berdasarkan kepada graf yang diperolehi, terdapat satu corak taburan aktiviti umum yang ditunjukkan oleh Po-210 dan Pb-210 iaitu nilai yang tinggi di lapisan permukaan dan paling minimum pada lapisan subpermukaan. Kemudiannya, aktiviti Po-210 akan menghampiri aktiviti Pb-210 secara berunsur-unsur dengan menuju ke lapisan bawah. Ini boleh dikatakan bahawa Po-210 dan Pb-210 pada dasarnya adalah dalam keseimbangan radioaktif [6].

Secara umumnya, didapati aktiviti Po-210 adalah lebih tinggi daripada aktiviti Pb-210. Ini adalah disebabkan oleh pengambilan Pb-210 oleh partikel-partikel yang tergarut dengan sangat cepat sebaik sahaja ²¹⁰Pb dimendapkan dari atmosfera [7]. Di samping itu, proses-proses pengangkutan sempadan (boundary scavenging) dan dasar juga boleh menyebabkan pengurangan Pb-210 dengan banyaknya yang berhubung dengan Ra-226.

Keputusan juga mendapati aktiviti Po-210 dan Pb-210 yang diperolehi adalah paling tinggi di lapisan permukaan. Ini adalah kerana pemendapan secara kering dan basah dari atmosfera selepas penghasilan reputan gas ²²²Rn [8]. Sementara itu, lapisan pertengahan dan bawah menunjukkan perubahan taburan

yang berbeza-beza mengikut stesen dan kawasan persampelan masing-masing. Di lapisan subpermukaan, didapati aktiviti Po-210 dan Pb-210 adalah paling rendah. Ini disebabkan aktiviti peragutan zooplankton dan penghasilan pelet najisnya telah berlaku untuk mengangkut Po-210 secara menegak ke lapisan bawah dalam sedimen [9]. Dengan itu, jika kelimpahan dan aktiviti zooplankton adalah tinggi dan bermigrasi secara menegak, maka aktiviti Po-210 adalah minimum pada kedalaman ini. Bagi Pb-210, kehadiran organisma bentik boleh meningkatkan proses bioturbasi dan aliran bawah adalah faktor menyebabkan pengurangan Pb-210 di lapisan ini.

Aktiviti Po-210 dan Pb-210 adalah tinggi di Teluk Kimanis (Rajah 2i) dan Kota Kinabalu (Rajah 2j & 2l) berbanding dengan kawasan lain kerana Po-210 boleh sependakan dengan hidrosida Fe-Mn dan menjerap pada bahan terampai yang kemudiannya menimbun dalam dasar sedimen [10; 11] serta terdapat Pb-210 lebih di mana Pb-210 yang melebihi keseimbangan radioaktif dengan induknya Ra [12]. Ini dapat diperhatikan oleh keputusan Ra-226 di dalam Rajah 3.

Aktiviti Po-210 dan Pb-210 bagi St. 1 dan St. 2 di Sipitang pada lapisan subpermukaan bukan mencatatkan aktiviti yang paling minimum seperti stesen yang lain. Keadaan ini berlaku apabila terdapat bioakumulasi antara secara berterusan, partikulat Po-210 yang berada dalam fasa larut akan berpindah ke dalam sedimen [13]. Dari kajian yang lepas [14], terdapat penyumbangan untuk proses bioakumulasi iaitu bahan organik dan logam berat seperti Fe dan Mn yang berpunca daripada pengangkutan sedimen oleh sungai, kawasan paya bakau, saluran efluen serta abu terbang. Ini akan menyebabkan peningkatan Po-210.

Aktiviti Ra-226 yang diperolehi di kelima-lima kawasan kajian pada ini adalah rendah jika dibandingkan dengan Po-210 dan Pb-210 pada lapisan yang sama (Rajah 3). Namun demikian, aktiviti Ra-226 yang lebih tinggi daripada Pb-210 telah dicatatkan di St. 2 dan St.3 Sipitang, St. 1 Teluk Kimanis serta St. 1 Kuala Penyu. Keadaan ini disebabkan Ra-226 yang wujud secara semulajadi dalam sedimen marin di kawasan ini yang tinggi dan masa penempatan yang lebih panjang [11].

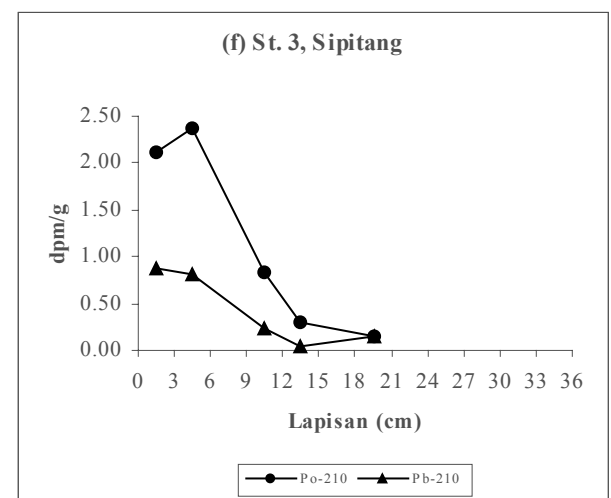
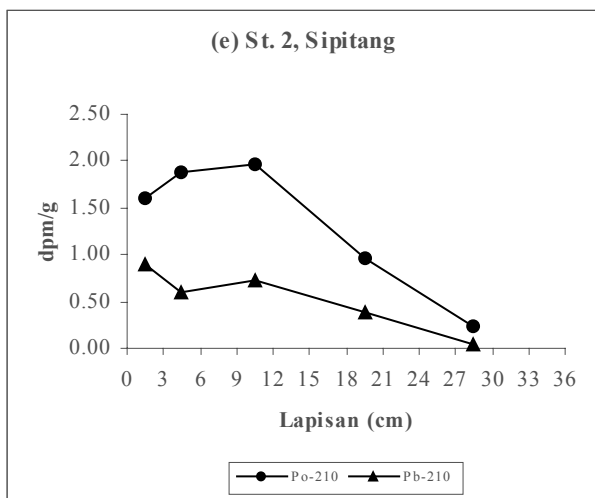
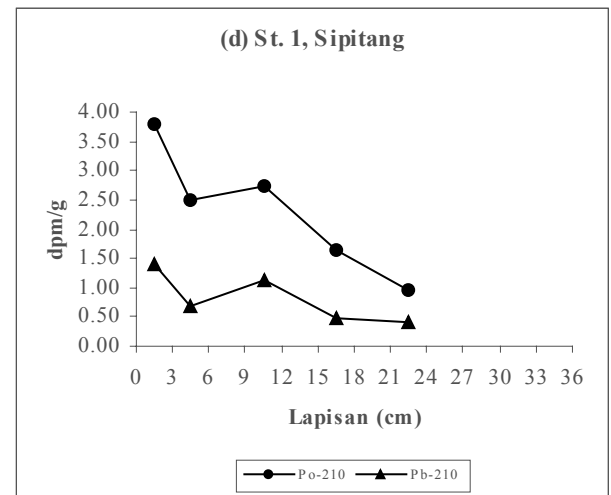
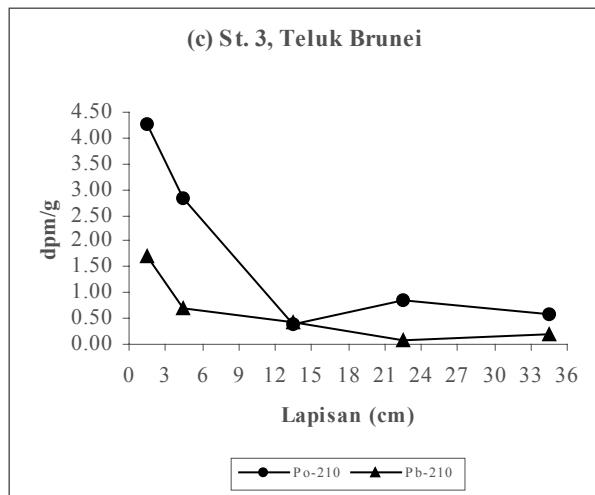
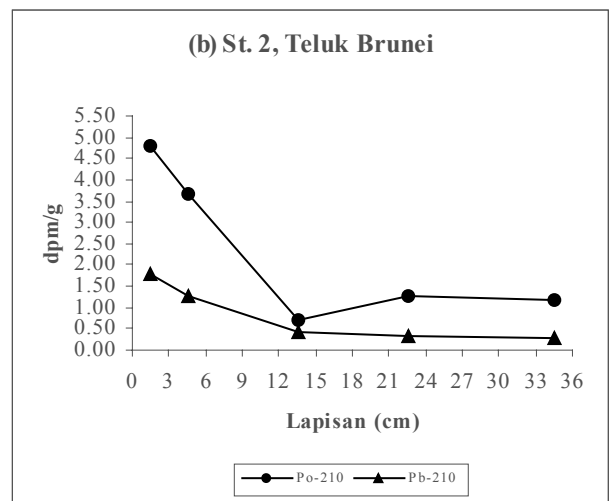
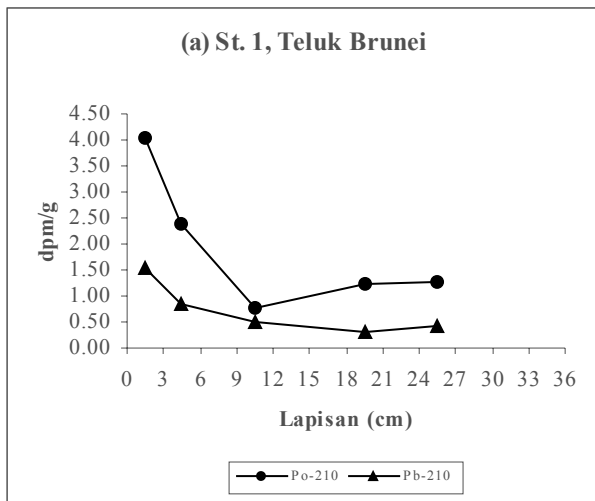
KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, aktiviti bagi radionuklid yang dikaji ini adalah bertabur dengan tidak konsisten dan berubah-ubah mengikut lapisan sedimen dan stesen persampelan. aktiviti radioaktif yang dikaji mempunyai pertalian dengan kedalaman air.

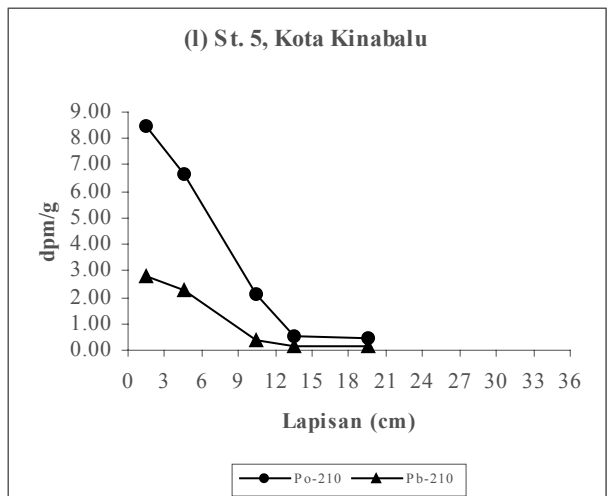
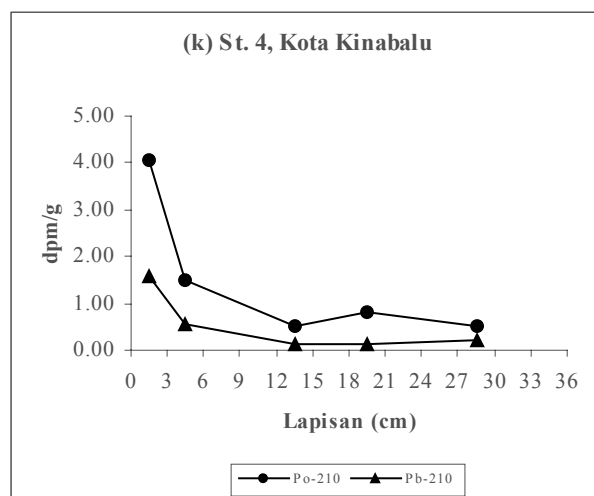
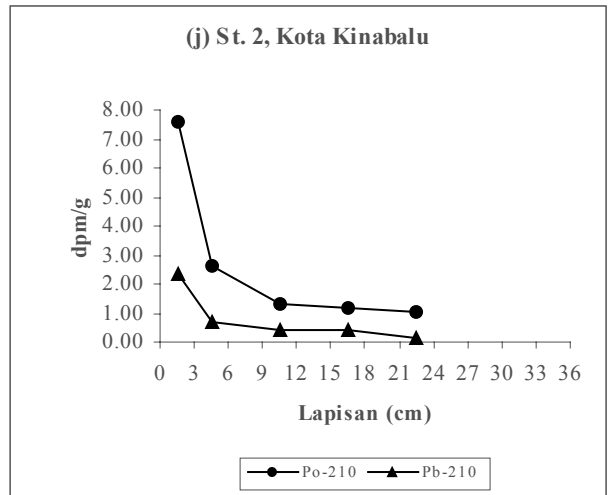
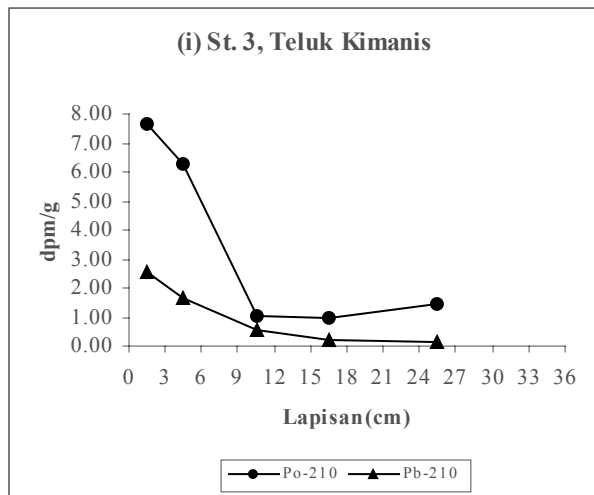
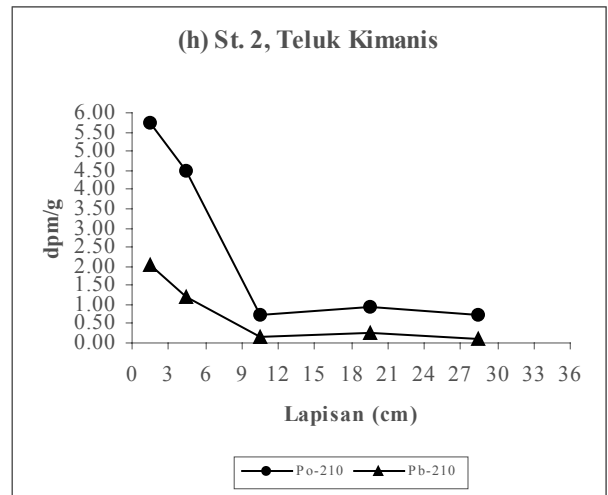
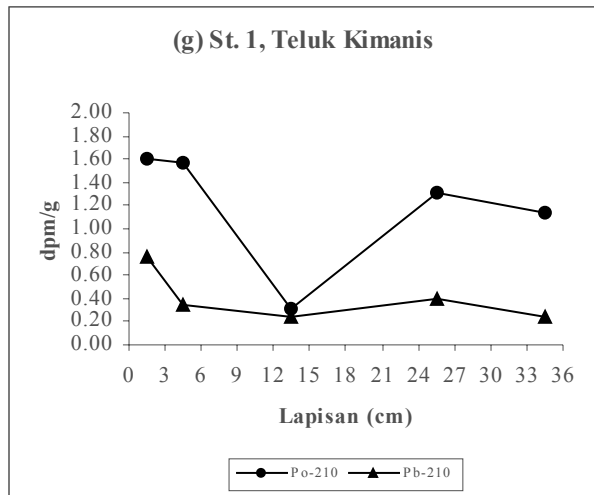
Daripada kajian ini, didapati aktiviti Po-210 dan Pb-210 dalam setiap lapisan sedimen marin yang dikaji masing-masing dengan julat 0.143 dpm/g hingga 8.491 dpm/g dan 0.023 dpm/g hingga 2.767 dpm/g. Manakala aktiviti Ra-226 pada permukaan sedimen adalah dalam julat 0.704 dpm/g hingga 1.619 dpm/g. Sebahagian daripada stesen-stesen persampelan yang dikaji boleh dikatakan adalah sangat aktif secara fizikal, kimia dan biologikal.

PENGHARGAAN

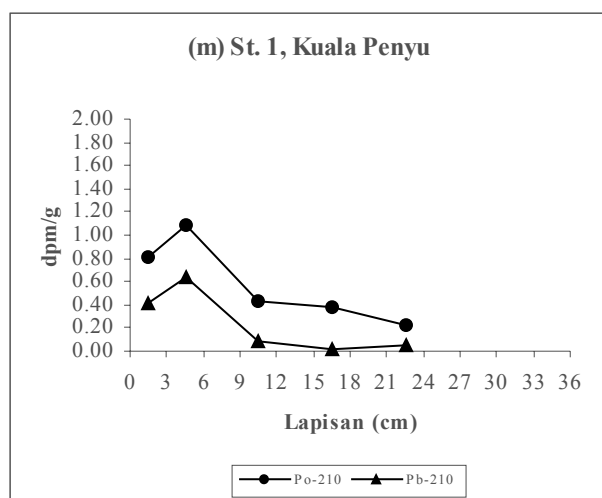
Penghargaan dan ucapan ribuan terima kasih ditujukan kepada semua yang terlibat dalam menjayakan projek ini. Kajian ini dibiayai oleh geran IRPA 09-02-02-0121.



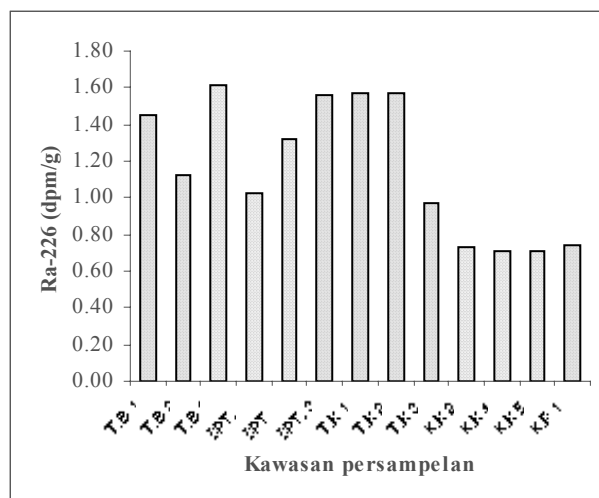
Rajah 2 : Aktiviti Po-210 dan Pb-210 mengikut lapisan.



Rajah 2 : Aktiviti Po-210 dan Pb-210 mengikut lapisan.



Rajah 2 : Aktiviti Po-210 dan Pb-210 mengikut lapisan



Rajah 3 : Aktiviti Ra-226 di lapisan permukaan di Perairan Sabah

RUJUKAN

- [1] Cochran, J.K. 1980a. *Ecosystem Processes in the Deep Oceans*. Rubey Colloquium. Vol. 2. Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc.
- [2] Nozaki, Y., Ikuta, N. and Yashima, M. 1990. Unusually large ^{210}Po deficiencies relative to ^{210}Pb in the Kuroshio Current of the East China and Philippine Seas. *J. Geophys. Res.* **95**: 5321-5329.
- [3] Sanchez-Cabeza, J.A., Masque, P., Ani-Ragolta, I. 1998. ^{210}Pb and ^{210}Po analysis in sediments and soils by microwave acid digestion. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **227**: 19-22.
- [4] Broecker, W.S. and Peng, T.H. 1982. *Tracers in the sea*. New York: The Lamont-Doherty Geological Observatory.
- [5] Pentreath, R. J. 1984. Alpha-emitting nuclides in the marine environment. *Nucl. Instrum. Methods.* **223**: 493.
- [6] Chung, Y. and Finkel, R. 1988. ^{210}Po in the western Indian Ocean: distribution, disequilibria and partitioning between the dissolved and particulate phases. *Earth Planet. Sci. Lett.* **88**: 232-240.
- [7] Helz, G.R., Setlock, G.H., Cantillo, A.Y., Moore, W.S. 1985/86. Processes controlling the regional distribution of ^{210}Pb , ^{226}Ra and anthropogenic zinc in estuarine sediments. *Earth Planet. Sci. Lett.* **76**: 23-24.
- [8] Nozaki, Y., Tsubota, H., Kasemsupaya, V., Yashima, M. and Ikuta, N. 1991. Residence times of surface water and particle-reactive ^{210}Pb and ^{210}Po in the East China and Yellow seas. *Geochim. Cosmochim. Acta.* **55**: 1265-1272.
- [9] Beasley, T.M., Heyrand, M.H., Higgo, J.J.W., Cherry, R.D. and Fowler, S.W. 1978. ^{210}Po and ^{210}Pb in zooplankton fecal pellets, *Mar. Biol.* **44**: 325-328.
- [10] Carvalho, F.P. 1995a. ^{210}Pb and ^{210}Po in sediment and suspended matter in the Tagus estuary. Local enhancement of natural levels by wastes from phosphate ore processing industry. *Sci. Total Environ.* **159**: 201-214.
- [11] Carvalho, F.P. 1997. Distribution, cycling and mean residence time of ^{226}Ra , ^{210}Pb and ^{210}Po in the Tagus estuary. *Sci. Total Environ.* **196**: 151-161.

- [12] Turekian, K.K., Nozaki, Y. and Benninger, L.K. 1977. Geochemistry of atmospheric radon and radon products. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* **5**: 227-255.
- [13] Carvalho, F.P. and Fowler, S.W. 1993. An experimental study on the bioaccumulation and turnover of Polonium-210 in marine shrimp. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **102**: 125-133.
- [14] Norhanum bt Ismail. 1999. Kajian kandungan logam berat dalam sedimen di kawasan kolam abu dan persekitaran marin Stesen Janakuasa Sultan Salahuddin Abdul Aziz, Kapar, Selangor. Tesis Sm. Sn. (Kep.) Universiti Kebangsaan Malaysia. ↵