

NATURAL ISOTOPE RADIUM IN MARINE BIOTA AT KAPAR, KLANG COASTAL AREA

(Isotop Radium Semulajadi Dalam Biota Marin Di Pesisiran Pantai Kapar, Klang)

Nik Azlin Nik Ariffin^{1*} and Che Abd Rahim Mohamed²

¹Fakulti Sains Gunaan,
Universiti Teknologi MARA, 40450 Shah Alam, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

²Fakulti Sains dan Teknologi,
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

*Corresponding author: azlin_ariffin@salam.uitm.edu.my

Abstrak

Kepekatan aktiviti ^{226}Ra dan ^{228}Ra dalam biota marin di pesisiran pantai Kapar berdekatan dengan Stesen Janakuasa Sultan Salahudin Abdul Aziz Shah (SJSSAAS) telah di analisis. Teknik yang digunakan untuk penentuan kepekatan aktiviti ^{226}Ra dan ^{228}Ra ialah teknik pemisah radiokimia dengan menggunakan turus pemisah penukar kation dan Pembilang Sintilator Cecair (LSC). Hasil kajian menunjukkan taburan isotop-isotop radium yang dicerap bergantung pada masa pensampelan dan lokasi kajian. Kepekatan aktiviti-aktiviti ^{226}Ra dan ^{228}Ra dalam isi ikan masing-masing mempunyai julat $11.82 \pm 5.23 \text{ Bq/kg}$ – $17.67 \pm 6.81 \text{ Bq/kg}$ dan $40.42 \pm 16.20 \text{ Bq/kg}$ – $67.86 \pm 23.11 \text{ Bq/kg}$. Purata kepekatan aktiviti isotop radium dalam bivalvia seperti kerang (*anadara granosa*) adalah $61.73 \pm 24.15 \text{ Bq/kg}$ (^{226}Ra) dan $232.62 \pm 119.44 \text{ Bq/kg}$ (^{228}Ra). Manakala kupang (*perna viridis*) pula, purata kepekatan dalam ^{226}Ra dan ^{228}Ra masing-masing adalah $38.24 \pm 14.19 \text{ Bq/kg}$ dan $99.59 \pm 44.91 \text{ Bq/kg}$. Faktor kepekatan (CF) bagi biota marin adalah lebih rendah daripada 1×10^4 dan ini adalah kerana isotop radium yang terkumpul adalah rendah dan mempunyai afiniti yang tinggi terhadap bahan organik. Kajian ini juga menunjukkan dos keberkesanan dalam isotop radium telah diukur bagi memastikan tahap keselamatan terhadap pengguna dan ianya masih dibawah had yang telah dibenarkan Malaysia iaitu 1 mSv/tahun .

Kata kunci: Isotop radium, biota marin, faktor kepekatan, dos keberkesanan

Abstract

The activities concentration of ^{226}Ra and ^{228}Ra in marine biota at Kapar coastal area nearby Sultan Salahudin Abdul Aziz Shah Power Station (SJSSAAS) had been analyzed. The techniques that had been used to determine the activities concentration of ^{226}Ra and ^{228}Ra are radiochemistry procedures and liquid scintillation counter (LSC). Results shows that the distribution of radium isotopes depend on the location and during sampling periods. The activities concentration of ^{226}Ra and ^{228}Ra in tissue were ranged $11.82 \pm 5.23 \text{ Bq/kg}$ – $17.67 \pm 6.81 \text{ Bq/kg}$ and $40.42 \pm 16.20 \text{ Bq/kg}$ – $67.86 \pm 23.11 \text{ Bq/kg}$, respectively. The mean activities concentration of radium isotopes in bivalvia such as cockles (*anadara granosa*) are $61.73 \pm 24.15 \text{ Bq/kg}$ (^{226}Ra) and $232.62 \pm 119.44 \text{ Bq/kg}$ (^{228}Ra). Meanwhile for green mussels (*perna viridis*), the mean activities concentration of ^{226}Ra and ^{228}Ra are $38.24 \pm 14.19 \text{ Bq/kg}$ and $99.59 \pm 44.91 \text{ Bq/kg}$, respectively. Concentration Factor (CF) in marine biota is higher than 1×10^4 and it is because of the accumulated radium isotopes is low and has a high affinity for organic matter. The study also shows the effectiveness of dose in radium isotopes were measured to ensure the safety of users and it is still below the limit allowed Malaysia which is 1 mSv / year .

Keywords: Radium isotopes, marine biota, concentration factor, effective dose

Pengenalan

Pada masa kini, tidak dapat dibuktikan bahawa radium secara semulajadi boleh membahayakan kepada kesihatan orang awam [1]. Akan tetapi menurut U.S. Environmental Protection Agency, dalam setiap satu juta orang yang menggunakan air yang mengandungi 5 pCi L-1 radium, sebanyak 44 orang akan mati akibat kanser. Risiko ini akan berganda kepada 88 per juta pada 10 pCi L-1 dan triple kepada 132 per juta pada 15 pCi L-1 dan sebagainya [2].

Bivalvia seperti kima, tiram, kerang, remis dan keluarga mereka adalah di antara kumpulan dari moluska. Semua bivalvia dicirikan oleh dua injang yang bertaut, supaya melindungi binatang perisian di dalamnya. Dalam bivalvia, dua injang adalah bentuk yang serupa dalam profil tapi satu injang di sebelah kanan dari binatang, dan yang lain di sebelah kiri. Kesemua bivalvia adalah akuatik, dengan majoriti jenis yang hidup di perairan laut yang cetek. Namun ada satu kumpulan dalam air tawar iaitu *unionoidea*. Sebahagian besar bivalvia ini hanya seret dan duduk di bawah permukaan sedimen, atau bersembunyi ke dalam pasir dan lumpur sementara yang lain boleh beberapa menembusi kayu dan melekat pada batu.

Kerang adalah sejenis sumber makanan yang murah dan sedap berbanding dengan kerang-kerang lain dan sangat popular di kalangan penduduk Malaysia [3,4]. Jumlah pengeluaran kerang pada tahun 2007 yang melebihi 49,000 tan metrik menyumbangkan 25% daripada jumlah pengeluaran akuakultur air payau [5]. Penternakan kerang dijalankan di kawasan pantai Barat Semenanjung Malaysia di kawasan estuari berlumpur dan dikelilingi oleh hutan bakau [3].

Pembiakan kerang terhasil daripada beberapa faktor seperti keadaan dasar yang semulajadi, kehadiran makanan, ketumpatan dan julat dari saliniti air [6]. Kitar hayat bagi kerang dari pada pensenyawaan sehinggalah menjadi kerang yang matang bersaiz lebih kurang 31.8 mm. Seperti organisma yang lain, kerang juga menghadapi serangan dari pemangsa. Benih kerang ditabur secara rawak di kawasan penternakan yang mana kebiasaannya diserang oleh ikan dan kerang pula diserang oleh tapak sulaiman [7]. Organisma lain seperti teritip juga biasanya dijumpai melekat pada injang dan akhirnya akan menjadi pesaing untuk kerang tersebut. Selepas sepuluh hingga limabelas hari, benih kerang akan terbentuk [8].

Di Malaysia, kerang merupakan salah satu sumber protein yang tinggi, mudah didapati dan murah. Kini, penternakan kerang telah menjadi satu perusahaan yang penting terutamanya di pantai barat Semenanjung Malaysia disebabkan keuntungan yang lumayan dan kos pengurusan yang rendah. Walau bagaimanapun, masalah yang paling ketara yang dihadapi adalah berlakunya pencemaran. Ini disebabkan oleh kawasan penternakan kerang biasanya terletak berhampiran dengan muara sungai yang menerima pelbagai hasil buangan atau sisa dari industri dan kilang serta akuakultur. Kerang-kerang ini boleh menyerap segala bahan kotoran dan akan menjejaskan kesihatan pada manusia.

Kupang atau nama saintifiknya *Perna viridis* [9,10] berada secara meluas di perairan cetek di sepanjang pantai barat Semenanjung Malaysia [11,12,13]. *Perna viridis* dikenali di perairan pesisir laut di kawasan-kawasan Indo-Pasifik, sepanjang Teluk Arab ke wilayah selatan Guangdong dan Fujian di China dan Jepun selatan [9]. Dalam beberapa tahun ini, *Perna viridis* diperkenalkan ke Australia, Caribbean, Amerika Utara dan Amerika Selatan [14,15]. Kegiatan budaya spesies ini di Malaysia terutama terhad pada Johor selatan pada awal tahun 1980.

Saat ini, penternakan kupang telah dipanjangkan dari utara Malaysia, Kedah sehingga ke selatan iaitu Johor dan timur Semenanjung Malaysia kerana penternakan benih remis. Masyarakat pesisir Sebatu, Melaka terlibat dalam kegiatan nelayan dan kupang dari pelbagai jenis, untuk memasukkan pengambilan dan penjualan *Perna viridis*. Kupang diiktiraf sebagai sumber makanan yang berharga di banyak bahagian Asia [10,16,17]. Di seluruh dunia, eksploitasi kupang memainkan peranan penting dalam perekonomian nasional [18]. Namun ada laporan tentang dinamik penduduk dan status eksploitasi perikanan moluska di Malaysia.

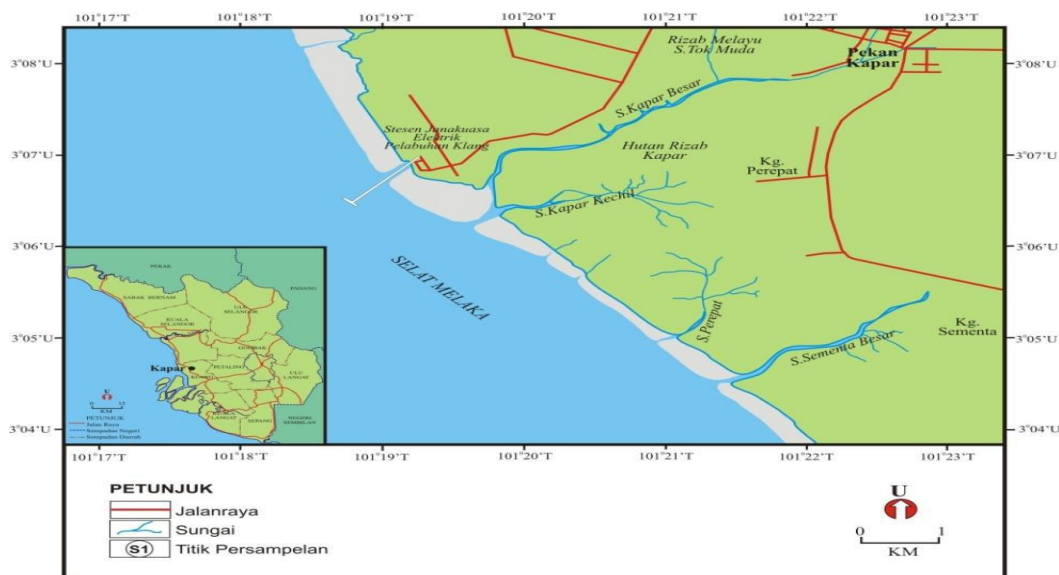
Di Malaysia, makanan laut merupakan makanan yang penting terutamanya ikan kerana kelebihan proteinnya maka kajian keatas kualiti tahap kepekatan radionuklid dan unsur-unsur logam dalam organisma-organisma marin adalah penting. Ini bagi mengenalpasti bahawa dos-dos radiasi yang diambil adalah tidak melebihi tahap yang ditetapkan atau dibenarkan. Objektif kajian ini adalah menentukan dan menilai tahap kepekatan isotop radium terhadap dos dalam makanan laut di pesisiran pantai Kapar.

Bahan dan Metodologi

Kawasan persampelan

Kapar terletak kira-kira 56 km dari Kuala Lumpur, pantai barat Semenanjung Malaysia berhadapan dengan Selat Melaka serta beberapa kilometer sahaja dari Pelabuhan Klang. Pantai Kapar dipilih adalah kerana ianya merupakan

kawasan pesisir pantai dan untuk melihat kesan daripada operasi Stesen Janakuasa Elektrik Sultan Salahuddin Abdul Aziz (SJSSAAS) terhadap aktiviti radionuklid khususnya radium dan logam berat terhadap perairan marin di sekitarnya. Stesen janakuasa ini berorientasikan bahan bakar seperti arang, gas dan minyak yang diuruskan oleh Kapar Energy Ventures Sdn Bhd.



Rajah 1: Lokasi pensampelan di pesisir pantai Kapar

Sampel yang dibersihkan akan ditimbang untuk mendapatkan berat basahanya. Kemudian, sampel dikeringkan dalam ketuhar pada suhu 60°C selama 24 jam dan berat kering ditimbang selama beberapa hari untuk mendapatkan berat malar. Timbang 0.5g tisu biota marindan letakan kedalam bikar teflon. Cernakan sampel dengan menggunakan HNO_3 , HClO_4 dan H_2O_2 . Selepas itu, tambahkan 1% HClO_4 kedalam Teflon dan sedia melalui kolum pemisah.

Dalam kajian ini, kolum berdiameter 1cm digunakan dan pada hujung kolum sedikit kapas kaca disumbat untuk mengelakan resin daripada keluar. Resin yang digunakan dalam turus pemisah kation (cation exchange column) sebanyak 35 ml AG 50W-X4 Resin 200-400 mesh, Bio-rad). Turus pemisah kation perlu dilakukan pada suhu 70°C supaya kadar pembawaan ditingkatkan. Pencucian dan pembiasan turus dilakukan sebelum sampel dimasukkan. Langkah pencucian turus ini dilakukan mengikut tertib iaitu 100 ml air suling, 100 ml 2M HCl, 100 ml 7M HNO_3 dan 100 ml air suling dan disusuli dengan 20 ml 1% HClO_4 (pre-condition) untuk mewujudkan satu keadaan yang sesuai bagi pengaliran sampel. Pengaliran sampel dilakukan melalui turus pemisah kation diikuti dengan 200 ml 1M HCl untuk mengeluarkan ion plumbum, ferum dan uranium. Kesemua efluen ini dibuang. Kemudian lalukan 200 ml 2M HCl kedalam turus pemisah kation yang mana efluen ini disimpan untuk analisis lanjutan. Efluen dipanaskan sehingga kering diatas piring pemanas. Hasil pengeringan dilarutkan dengan 20 ml 0.5M HCl dan 2 ml H_2SO_4 . Mendakan bewarna putih (BaRaSO_4) akan terbentuk. Pembilang sintilator cecair (LSC) digunakan bagi pengeluaran radium dan radioaktif lain yang dilakukan di makmal Oceanografi di UKM Bangi dan makmal teknologi persekitaran Fakulti Sains Gunaan, Uitm Shah Alam.

Menentusah kaedah analisis pengukuran aktiviti isotop radium

Kaedah analisis dan pengiraan yang digunakan dalam ujikaji ini adalah sama seperti kaedah yang digunakan keatas sampel. Tujuannya adalah untuk menentukan kebolehgunapakai sesuatu kaedah yang dipilih bagi ketepatan dan kepersisan keputusan sesuatu analisis. Penentusahan kaedah mestilah dilaksanakan sebelum analisis pengukuran

dilakukan keatas sampel sebenar. Sekiranya, nilai hasil kimia dan perolehan semula adalah tinggi dalam lingkungan 50-100 peratus, kaedah ini boleh digunakan untuk sampel sebenar. Jadual 1 menunjukkan keputusan penentusahan bagi isotop radium dan kepekatan unsur.

Dalam kajian ini, penentusahan kaedah terdiri dari pelbagai bentuk bagi memperolehi keputusan yang baik. Bahan rujukan yang diakui seperti bahan rujukan piawai (standard reference material; SRM) digunakan. SRM ini dikeluarkan dan diakui oleh Agensi Tenaga Atom Antarabangsa (IAEA) untuk pengukuran aktiviti radionuklid.

Penentusahan kaedah bagi pengukuran isotop radium, ^{226}Ra dan ^{228}Ra , dengan menggunakan bahan rujukan IAEA-315 (*Radionuclides in marine sediment*). Sebanyak 5 replikat bahan rujukan digunakan dalam ujian penentusahan kaedah dan nilai aktiviti dan kepekatan yang diperolehi dibandingkan dengan nilai yang diperakui dalam sijil yang disertakan. Perolehan semula dikira berdasarkan persamaan (1) berikut dan hasil analisis seperti Jadual 1:

$$\text{Perolehan semula (\%)} = (A_M / A_{\text{SRM}}) \times 100\% \quad (1)$$

dimana, A_M adalah nilai aktiviti radionuklid atau kepekatan unsur yang dianalisis di makmal (Bq/kg atau $\mu\text{g/g}$ atau %), dan A_{SRM} adalah nilai aktiviti radionuklid atau kepekatan unsur yang dilaporkan dalam sijil SRM (Bq/kg atau $\mu\text{g/g}$ atau %)

Jadual 1: Hasil analisis ^{226}Ra dan ^{228}Ra dalam sampel piawai IAEA-315

Replikat	^{226}Ra (Bq/kg $\pm \sigma$)	^{228}Ra (Bq/kg $\pm \sigma$)
1	11.79 $\pm$ 3.91	25.90 $\pm$ 8.79
2	11.20 $\pm$ 3.87	21.98 $\pm$ 8.25
3	10.30 $\pm$ 3.83	24.66 $\pm$ 8.72
4	10.90 $\pm$ 3.78	21.76 $\pm$ 8.08
5	10.83 $\pm$ 3.81	23.98 $\pm$ 8.48
Purata	11.01	23.66
Nilai cadangan*	13.8	26.7
Perolehan semula (%)	79.75	88.60

Hasil dan Perbincangan

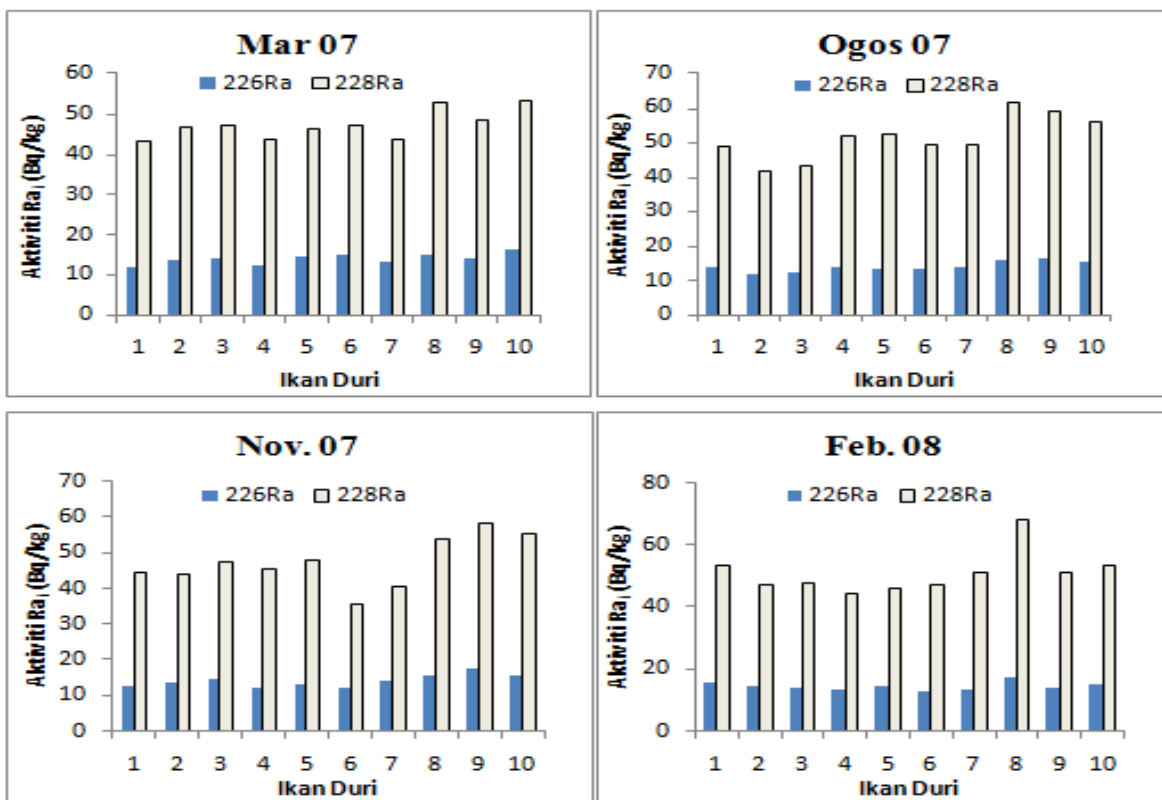
Taburan aktiviti ^{226}Ra dan ^{228}Ra dalam ikan

Kajian terhadap $^{226}\text{Ra}_i$ dan $^{228}\text{Ra}_i$ dalam tisu spesies ikan duri di pesisiran pantai Kapar adalah antara yang paling awal dijalankan di Malaysia. Ikan diambil secara rawak dengan bilangan ikan komersil telah diperolehi pada bulan Mac 2007, Ogos 2007, November 2007 dan Februari 2008. Spesies-spesies ikan yang dikaji adalah untuk mendapatkan data asas bagi aktiviti ^{226}Ra dan ^{228}Ra di kawasan ini.

Julat keaktifan $^{226}\text{Ra}_i$ dan $^{228}\text{Ra}_i$ dalam ikan duri (*Arius sumatranus sp.*) dalam tisu otot ikan duri ditunjukkan dalam Rajah 2. Julat keaktifan $^{226}\text{Ra}_i$ dalam tisu ikan duri di Kapar berada dalam julat 11.82 Bq/kg hingga 17.67 Bq/kg. Pensampelan pada bulan Ogos 2007 menunjukkan keaktifan $^{226}\text{Ra}_i$ yang paling tinggi dikalangannya manakala keaktifan $^{226}\text{Ra}_i$ yang paling rendah adalah pada bulan Februari 2008 di Kapar.

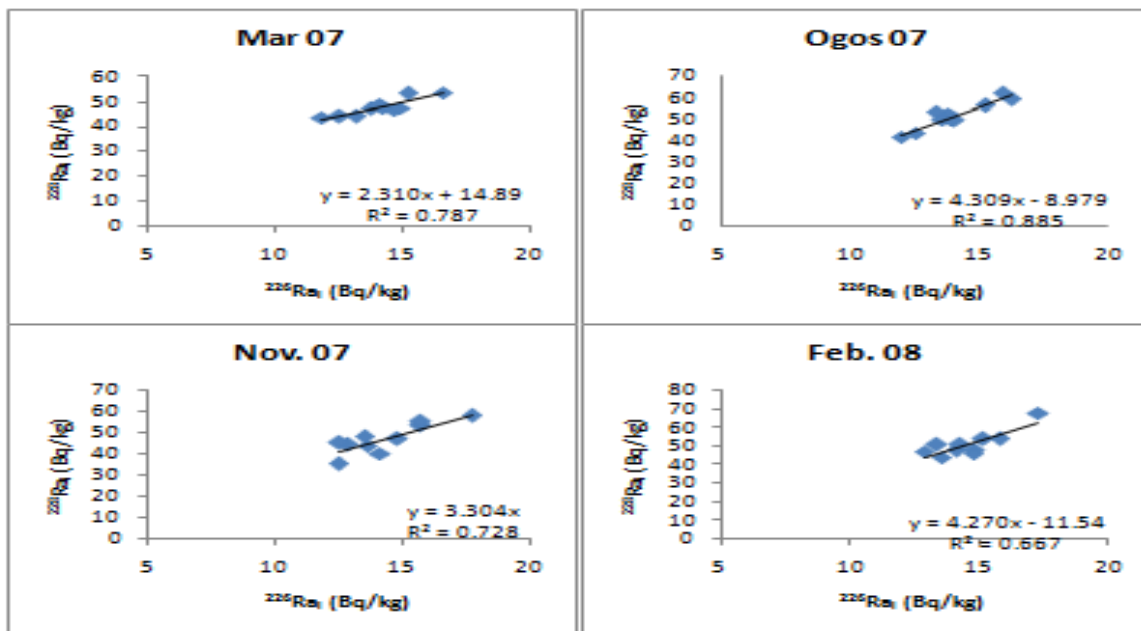
Catatan keaktifan $^{228}\text{Ra}_i$ di Kapar menunjukkan perbezaan bagi setiap masa pensampelan yang diambil. Ini menunjukkan bahawa pensampelan yang pertama pada bulan Februari mempunyai nilai keaktifan $^{228}\text{Ra}_i$ yang paling tinggi iaitu 67.86 Bq/kg berbanding pada bulan November menghasilkan nilai yang paling rendah dengan catatannya ialah 40.42 Bq/kg.

Kenyataan yang diambil menyatakan bahawa lebih 97% radionuklid yang berada dalam ikan adalah pengambilan makanan terus dari air laut sebagai medium hidupnya [25]. Selepas polonium, radium adalah yang kebiasaannya akan mempunyai kepekatan yang tinggi berbanding radionuklid yang lain di dalam organisma akuatik dan terlibat dalam rantai makanan yang diambil secara terus dari air laut.



Rajah 2: Taburan $^{226}\text{Ra}_i$ dan $^{228}\text{Ra}_i$ dalam isi ikan di pesisiran pantai Kapar
(*1-3 = 25 sm, 4-6 = 30 sm dan 7-10 = 35 sm)

Antara ketiga-tiga saiz ini, didapati aktiviti $^{226}\text{Ra}_i$ dan $^{228}\text{Ra}_i$ yang tertinggi telah dicatatkan dalam ikan bersaiz 35 sm dengan nilai $17.67 \pm 6.81 \text{ Bq/kg}$ dan $67.86 \pm 23.11 \text{ Bq/kg}$, masing-masing. Manakala, nilai aktiviti radium yang paling rendah di tunjukkan dalam saiz 25 sm dengan nilai $11.82 \pm 5.23 \text{ Bq/kg}$ bagi $^{226}\text{Ra}_i$ dan 30 sm bagi $^{228}\text{Ra}_i$ dengan nilai $35.31 \pm 14.85 \text{ Bq/kg}$. Perbezaan yang ketara dalam saiz ikan ini adalah disebabkan oleh kadar metabolisme yang berbeza dalam setiap individu ikan [26]. Kolerasi yang ditunjukkan dalam Rajah 3 menerangkan bahawa terdapatnya hubungan yang kuat diantara $^{226}\text{Ra}_i$ dan $^{228}\text{Ra}_i$ pada setiap masa pensampelan. Ini dapat dibuktikan dengan analisis kolerasi Pearson dengan nilai $r = 0.887$ (Mac 2007), $r = 0.941$ (Ogos 2007), $r = 0.853$ (November 2007) dan $r = 0.817$ (Februari 2008), ($p < 0.01$). Ikan yang mengambil makanan dari dasar iaitu sedimen dijangka akan mengandungi keaktifan yang tinggi berbanding dalam air [27,28].



Rajah 3: Memaparkan hubungan diantara $^{226}\text{Ra}_i$ dan $^{228}\text{Ra}_i$ dalam isi ikan di pesisir pantai Kapar.

Taburan aktiviti ^{226}Ra dan ^{228}Ra dalam bivalvia

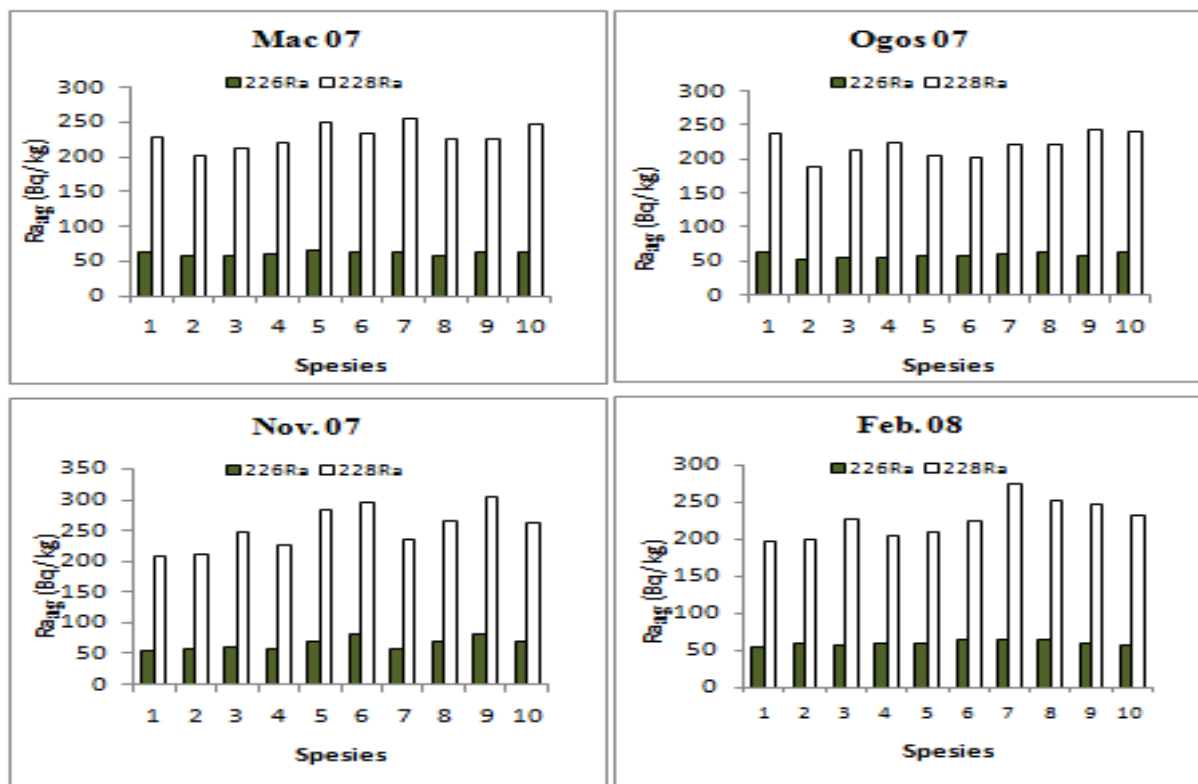
Hasil kajian bagi aktiviti $^{226}\text{Ra}_{ag}$ dan $^{228}\text{Ra}_{ag}$ dalam tisu lembut *Anadara granosa* dapat dilihat dalam Rajah 4 mengikut masa pensampelan. Secara keseluruhan, aktiviti $^{226}\text{Ra}_{ag}$ dan $^{228}\text{Ra}_{ag}$ dalam tisu lembut *Anadara granosa* adalah rendah berbanding dengan tahap yang telah ditetapkan. Dalam kajian ini, aktiviti $^{226}\text{Ra}_{ag}$ dalam tisu lembut *Anadara granosa* adalah dalam julat, 57.89 ± 22.29 Bq/kg - 65.22 ± 25.91 Bq/kg, 51.16 ± 23.27 Bq/kg - 63.63 ± 24.16 Bq/kg, 54.03 ± 21.56 Bq/kg - 81.18 ± 30.28 Bq/kg dan 51.83 ± 25.83 Bq/kg - 65.31 ± 26.91 Bq/kg, masing-masing bagi Mac, Ogos, November 2007 dan Februari 2008. Manakala julat aktiviti bagi $^{228}\text{Ra}_{ag}$ adalah 200.86 ± 58.35 Bq/kg - 254.18 ± 70.97 bagi Mac 2007, 188.96 ± 119.08 Bq/kg - 243.35 ± 150.48 Bq/kg bagi Ogos 2007, 207.27 ± 128.89 Bq/kg - 304.76 ± 168.01 Bq/kg bagi November 2007 dan 197.04 ± 123.95 Bq/kg - 274.37 ± 174.58 Bq/kg bagi Februari 2008.

Hasil yang diperolehi adalah konsisten yang mana kebanyakan $^{228}\text{Ra}_{ag}$ yang terkumpul dalam biota marin adalah ^{228}Ra tidak tersokong iaitu hasil daripada pengumpulan dan bukan dari reputan. Dalam kajian ini mendapati bahawa aktiviti nisbah $^{228}\text{Ra}_{ag}/^{226}\text{Ra}_{ag}$ adalah tinggi yang mana melebihi 1 (>1). Ini adalah disebabkan juga daripada cara pengambilan makanan kerang terhadap persekitaran habitatnya. Selain daripada kawasan penternakan kerang di situ terdapat juga kawasan pertanian yang berhampiran.

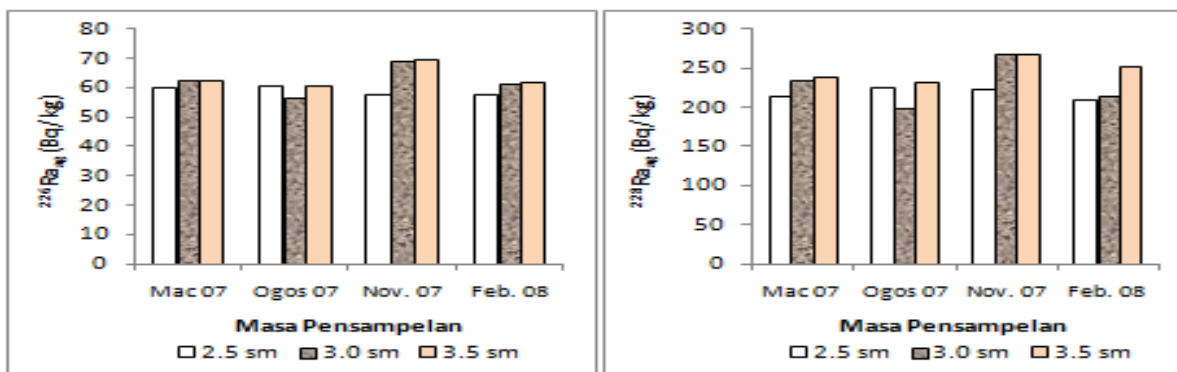
Purata aktiviti $^{226}\text{Ra}_{ag}$ dan $^{228}\text{Ra}_{ag}$ terhadap saiz kerang bagi setiap masa pensampelan telah diplotkan (Rajah 5). Secara amnya, daripada rajah tersebut didapati bahawa purata aktiviti $^{226}\text{Ra}_{ag}$ dan $^{228}\text{Ra}_{ag}$ dalam kerang mengikut saiz adalah tidak sekata kecuali bagi saiz 2.5 sm berkurangan dari masa ke semasa. Pengurangan ini adalah berkaitan dengan aktiviti dalam bahan terampai dan terdapat hubungannya dengan kerang disebabkan *Anadara granosa* adalah pemakan secara menuras.

Secara keseluruhan, hasil kajian mendapati bahawa aktiviti $^{226}\text{Ra}_{ag}$ dan $^{228}\text{Ra}_{ag}$ adalah paling rendah pada bulan Ogos 2007 adalah tercatat pada kerang bersaiz 2.5 sm dengan nilai 51.16 ± 23.27 Bq/kg dan 188.96 ± 119.08 Bq/kg, masing-masing. Manakala paling tinggi adalah didapati dalam kerang yang bersaiz 3.5 sm dengan bacaan $81.18 \pm$

30.28 Bq/kg bagi $^{226}\text{Ra}_{\text{ag}}$ dan 304.76 ± 168.01 Bq/kg bagi $^{228}\text{Ra}_{\text{ag}}$ yang mana masing-masing adalah pada bulan November 2007 (Rajah 5). Secara amnya, didapati bahawa aktiviti $^{226}\text{Ra}_{\text{ag}}$ dan $^{228}\text{Ra}_{\text{ag}}$ dalam *Anadara granosa* adalah bertabur secara tidak sekata dan tiada perbezaan yang ditunjukkan ($p > 0.05$) dalam setiap masa pensampelan.

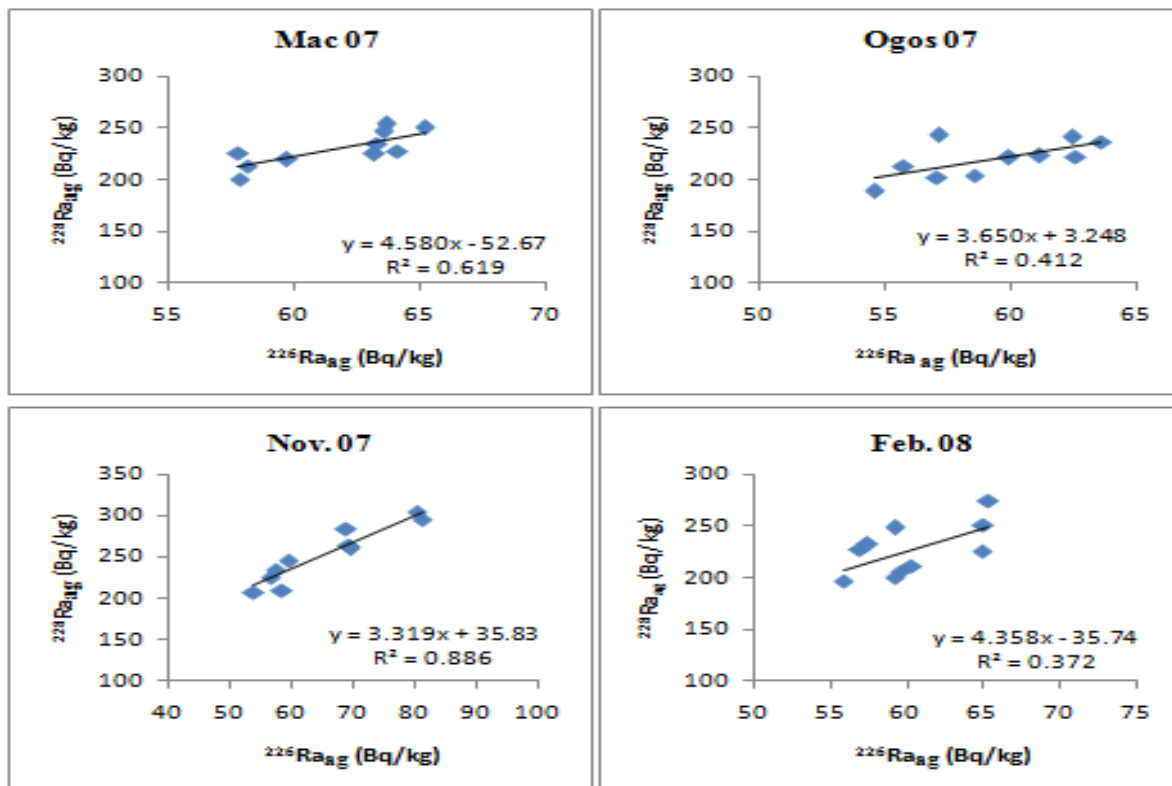


Rajah 4: Taburan aktiviti $^{226}\text{Ra}_{\text{ag}}$ dan $^{228}\text{Ra}_{\text{ag}}$ dalam kerang di pesisir pantai Kapar



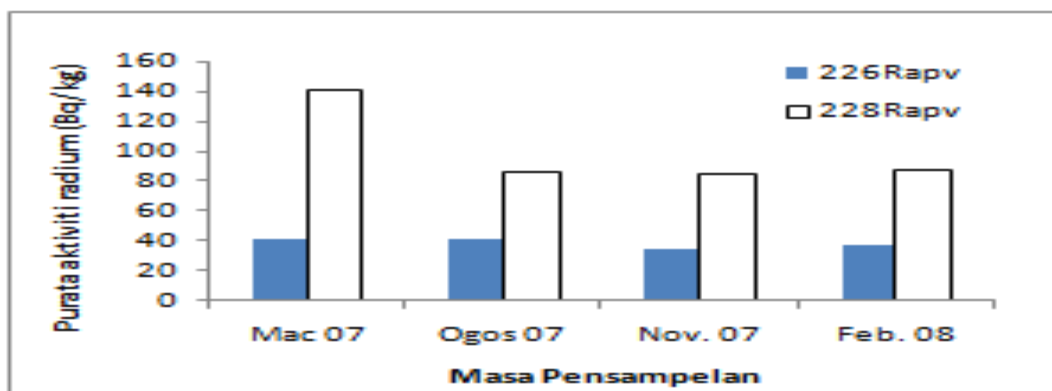
Rajah 5: Taburan aktiviti $^{226}\text{Ra}_{\text{ag}}$ dan $^{228}\text{Ra}_{\text{ag}}$ dalam kerang mengikut saiz di setiap masa pensampelan

Rajah 6 memperlihatkan kolerasi diantara $^{226}\text{Ra}_{\text{ag}}$ dengan $^{228}\text{Ra}_{\text{ag}}$ dalam *Anadara granosa* di kawasan kajian. Bulan Mac, Ogos dan November menunjukkan kolerasi yang sangat kuat diantara kedua-dua isotop radium. Ini dapat dibuktikan dengan menggunakan kolerasi Pearson ($p < 0.05$) dengan nilai $r = 0.785$, $r = 0.646$ dan $r = 0.942$ pada Mac, Ogos dan November 2007. Secara keseluruhan kajian ini mendapati bahawa kolerasi diantara kerang dengan isotop radium ini mempunyai kekuatan yang kuat dengan menggunakan kolerasi Pearson, di mana $r = 0.842$; $p = 0.00$ ($p < 0.01$).



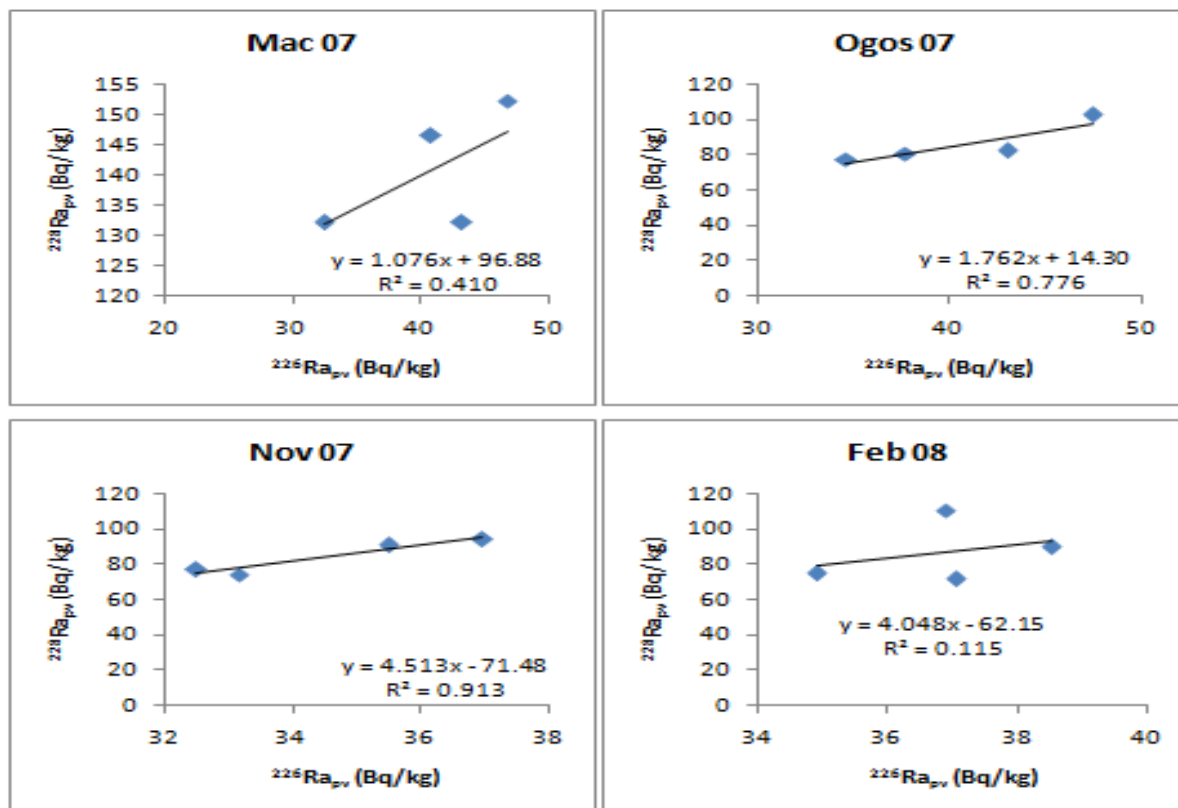
Rajah 6: Kolerasi diantara $^{226}\text{Ra}_{\text{ag}}$ dan $^{228}\text{Ra}_{\text{ag}}$ di dalam anadara granosa

Rajah 7 menunjukkan keputusan aktiviti $^{226}\text{Ra}_{\text{pv}}$ dan $^{228}\text{Ra}_{\text{pv}}$ dalam kupang (*Perna viridis*). Aktiviti $^{226}\text{Ra}_{\text{pv}}$ dan $^{228}\text{Ra}_{\text{pv}}$ yang tertinggi adalah diperolehi dengan nilai 47.47 ± 16.98 Bq/kg dan 152.38 ± 44.76 Bq/kg, masing-masing. Manakala nilai yang paling rendah adalah 32.47 ± 12.35 Bq/kg bagi $^{226}\text{Ra}_{\text{pv}}$ dan 72.03 ± 21.84 Bq/kg bagi $^{228}\text{Ra}_{\text{pv}}$. Berdasarkan Rajah 4.9 pula, di dapati bahawa purata aktiviti $^{226}\text{Ra}_{\text{pv}}$ adalah dalam julat 34.54 Bq/kg – 40.84 Bq/kg dan $^{228}\text{Ra}_{\text{pv}}$ julatnya adalah 84.39 Bq/kg – 140.86 Bq/kg.



Rajah 7: Purata aktiviti $^{226}\text{Ra}_{pv}$ dan $^{228}\text{Ra}_{pv}$ dalam kupang (*Perna viridis*) di Kapar

Hubungan diantara $^{226}\text{Ra}_{pv}$ dan $^{228}\text{Ra}_{pv}$ pada setiap masa pensampelan ditunjukkan dalam Rajah 8. Nilai-nilai R^2 menyaranakan hubungan linear yang menyakinkan di setiap masa pensampelan. Nilai-nilai R^2 untuk setiap masa pensampelan masing-masing adalah $R^2 = 0.410$ (Mac), $R^2 = 0.776$ (Ogos), $R^2 = 0.913$ (Nov.) dan $R^2 = 0.115$ (Feb.). Nilai-nilai R^2 yang diperolehi adalah tidak konsisten, hanya pada bulan Ogos dan November sahaja yang melebihi 0.70 yang mana menunjukkan terdapatnya hubungan yang kuat antara $^{226}\text{Ra}_{pv}$ dan $^{228}\text{Ra}_{pv}$ di sekitar pesisir pantai Kapar. Ini juga ada kaitannya dengan pasang surut air laut di stesen janakuasa kerana lokasi pengambilan adalah di stesen 4 (jeti) tempat berlabuhnya kapal-kapal dalam penghantaran arang batu.



Rajah 8: Kolerasi diantara $^{226}\text{Ra}_{pv}$ dan $^{228}\text{Ra}_{pv}$ dalam kupang di Kapar

Kehadiran pasang surut air laut memberikan sedikit sebanyak impak kepada pesisiran pantai Kapar. Ini juga dapat dilihat dalam bahagian yang seterusnya dalam keaktifan radium dalam air laut dan bahan terampai. Kupang-kupang yang diambil adalah yang melekat di tiang-tiang di stesen 4. Di stesen 4 ini mengalami pasang surut yang ketara kerana apabila terjadinya air surut, maka kawasan ini hanya kawasan berlumpur dan air yang begitu cetek. Kupang-kupang ini akan terdedah kepada dua keadaan iaitu pada air pasang dan air surut.

Faktor kepekatan (CF) bagi organisma marin

Jadual 2 menunjukkan nilai purata CF yang diperolehi selama setahun daripada setiap organisma marin mengikut spesies masing-masing. Julat CF bagi ^{226}Ra dalam spesies *Arius sumatranus*, *Anadara granosa* dan *Perna viridis* masing-masing adalah $5.04 \times 10^2 - 11.21 \times 10^2$, $11.83 \times 10^3 - 21.60 \times 10^3$ dan $5.50 \times 10^3 - 12.71 \times 10^3$. Manakala julat CF bagi ^{228}Ra dalam organisma marin adalah $3.95 \times 10^2 - 9.12 \times 10^2$ bagi *Arius sumatranus*, $8.75 \times 10^3 - 17.89 \times 10^3$ bagi *Anadara granosa* dan $4.50 \times 10^3 - 6.91 \times 10^3$ bagi *Perna viridis*. Jadual 2 juga menunjukkan bahawa bivalvia iaitu *Anadara granosa* diikuti dengan *Perna viridis* mempunyai nilai purata CF yang tinggi berbanding *Arius sumatranus*. Walaubagaimanapun, nilai ini adalah lebih rendah daripada nilai yang dicadangkan oleh IAEA (1985) iaitu 1×10^4 . Ini adalah kerana isotop radium yang terkumpul dalam tisu organisma ini adalah rendah dan persekitaran terutama habitatnya juga adalah rendah.

Organisma marin yang mempunyai nilai CF diantara 1×10^3 hingga 1×10^4 dianggap mempunyai afiniti yang tinggi bagi radium terhadap bahan organik. Manakala julat CF untuk radium bervariasi dari 1×10^1 hingga 1×10^3 adalah khas untuk pelbagai kumpulan organisma. Secara amnya, organisma yang lebih rendah adalah peringkat trofik seperti plankton menumpukan tahap lebih tinggi radium daripada komponen biotik lain dan juga, radium dalam rangkaian keras seperti cenderang dan tulang dari banyak organisma relatif adalah lebih tinggi. *Anadara granosa* adalah merupakan salah satu penunjuk biologi yang baik bagi menentukan isotop radium.

Jadual 2: Purata faktor kepekatan (CF) bagi isotop radium dalam setahun di pesisir pantai Kapar

Organisma Marin	Faktor Kepekatan	
	^{226}Ra	^{228}Ra
<i>Arius Sumatranus</i>	7.98×10^2	5.82×10^2
<i>Anadara granosa</i>	16.46×10^3	13.16×10^3
<i>Perna viridis</i>	9.55×10^3	5.28×10^3

Berbeza dengan nilai yang telah dikaji oleh pelbagai negara sebelum ini yang mempunyai nilai CF yang lebih rendah. Ini adalah disebabkan kepekatan dalam air adalah tinggi berbanding dengan kawasan kajian di Kapar. CF terhadap hidupan bercenderang yang telah di kaji oleh Iyengar et al. 1980 dan 1984 menunjukkan CF bagi ^{226}Ra ber julat 44 – 50 manakala ^{228}Ra dalam lingkungan 130 – 170. Kawasan kajian ini merupakan sistem tertutup yang mana berdekatan dengan pelantar sunda menyebabkan kepekatan aktiviti organisma adalah tinggi.

Dos keberkesanan terhadap pemakanan manusia

Jadual 3 menunjukkan dos keberkesanan yang telah hitung secara anggaran dalam isotop radium. Walaupun data yang diperolehi masa kini agak terhad kajian ini dapat memberikan data asas dengan mengira anggaran ^{226}Ra dan ^{228}Ra dalam organisma bagi dos keberkesanan tahunan untuk pengguna-pengguna di kawasan kajian ini. Dengan andaian makanan mingguan tentang 375g yang diambil adalah (ambilan oleh pengguna = $375 \times 52 \times$ aktiviti radium) [30]. Sebagai perbandingan, had dos umum yang ditetapkan oleh Badan Kawalan Tenaga Atom (Atomic Energy Control Board) adalah 5mSv/tahun dan 1mSv/tahun bagi dos yang ditetapkan oleh Malaysia.

Dalam penemuan ini, wujudnya tahap pemindahan yang rendah dalam isotop radium terhadap tisu lembut organisma marin (ikan dan bivalvia). Ini menunjukkan bahawa radionuklid yang hadir dengan tahap penghasilan nilai yang kecil tetapi taburannya diukur untuk pengambilan pengguna. Terdapat juga radionuklid yang lain hadir dalam sedimen atau air dari kawasan kajian dan terhadap sampel tisu lembut yang telah dikaji, namun pengukuran terhadap tahap radionuklid dalam tisu lembut ini boleh digunakan dalam kajian ini.

Jadual 3: Isotop radium dalam pengambilan tahunan dan dos keberkesanan terhadap pemakanan manusia

Organisma (n = 40)	Aktiviti Radium (Bq/kg)		Diambil oleh Pengguna (Bq/thn)		Dos Keberkesanan (mSv/thn)	
	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra
Arius Sumatranus	1.43	4.93	27.80	96.04	0.01	0.03
Anadara Granosa	29.51	111.65	575.45	2177.18	0.16	0.61
Perna Viridis	18.35	47.80	357.83	923.10	0.10	0.26

Faktor penukaran dos = 2.8×10^{-4} mSv/Bq

Kajian ini menunjukkan bahawa dos keberkesanan isotop radium dalam organisma masih rendah tetapi perlukan pemantauan secara berkala bagi memastikan tahapnya masih lagi dalam keadaan yang baik. Jadual 4.10 menunjukkan *Anadara granosa* mempunyai dos keberkesanan yang tinggi dalam organisma yang dikaji. Ini menunjukkan bahawa kadar pemakanan kerang terhadap pemakanan manusia adalah mempunyai permintaan yang tinggi. Walaupun fungsi kerang sebagai penambahbaikan hemoglobin dalam badan tetapi ia seharusnya mengambil dalam kuantiti yang sederhana dan berpatutan dalam setiap hidangan.

Kesimpulan

Dalam kajian ini, biota marin yang terpilih telah mempunyai nilai penumpukan yang tinggi dan ini menunjukkan bahawa organisma berkenaan mempunyai afiniti yang tinggi terhadap ²²⁶Ra. Keaktifan isotop radium dalam tulang adalah lebih kurang tiga kali ganda melebihi daripada tisu ikan duri (*Arius sumatranus* sp.) pada masa pensampelan yang sama di pesisir pantai Kapar. Ini adalah kebiasaan yang didapati dari tempat-tempat lain. Disamping itu, habitat ikan adalah di kawasan demersal maka makanannya banyak bergantung kepada suapan bawah iaitu terhadap sedimen, bentik dan juga humus-humus yang memberikan kesan dinamik radionuklid ke dalam badan. Namun, kerang mempunyai kepekatan ²²⁶Ra dan ²²⁸Ra adalah jauh lebih tinggi berbanding dengan spesies ikan dan kupang di pesisiran Kapar.

Kerang (*Anadara granosa*) adalah spesies paling dominan di kawasan muara Kapar dan merupakan sumber makanan protein utama yang mudah diperolehi di kawasan estuari yang menerima kesan yang paling jelas dari daratan seperti buangan industri yang berhampiran dan dari lautan juga. Kerang mempunyai nilai CF yang tinggi berbanding ikan dan kupang. Organisma marin yang mempunyai nilai CF diantara 1×10^3 hingga 1×10^4 dianggap mempunyai afiniti yang tinggi bagi radium terhadap bahan organik. Anadara adalah yang paling sesuai digunakan sebagai penunjuk biologi marin untuk mengawal tahap kepekatan ²²⁶Ra dan ²²⁸Ra. Kajian ini menunjukkan bahawa dos keberkesanan isotop radium dalam organisma masih rendah tetapi perlukan pemantauan secara berkala bagi memastikan tahapnya masih lagi dalam keadaan yang baik. Walaupun fungsi kerang sebagai penambahbaikan hemoglobin dalam badan tetapi ia seharusnya mengambil dalam kuantiti yang sederhana dan berpatutan.

Penghargaan

Kajian ini telah biayai oleh Geran Penyelidikan Universiti 600-RMI/DANA 5/3/RIF/66/2012. Pengarang ingin merakam jutaan terima kasih kepada LAOI, Fakulti Sains Teknologi, UKM kerana membantu semasa penyampelan dan penggunaan makmal disana.

Rujukan

1. Lentech Water treatment & air purification (2008). Radium: Health effects of radium (atas talian) <http://www.lentech.com/Periodic-chart-elements/Ra.htm>. (15 Disember 2008).
2. Damgaard, M. (2008). Frequently asked questions about radium in drinking water. (atas talian) <http://www.dnr.state.wi.us/org/water/dwg/radium.htm> (15 Disember 2008).
3. Bardach, J.E., Ryther, J.H. & McLarney, W.O. (1972). *Aquaculture: the Farming and Husbandary of Freshwater and Marine Organisms*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
4. Lokman, Shamsudin (1992). *Akuakultur pinggir laut*. Kuala Lumpur: Penerbitan Dewan Bahasa dan Pustaka.
5. Jabatan Perikanan Malaysia (2007). Perangkaan Perikanan Tahunan. <http://www.dof.gov.my/224> [15 Mac 2012].
6. Noorddin Ibrahim(1995). Trace element content of Malaysian cockles (*Anadara granosa*). *Food Chemistry* 54: 133-135.
7. McCoy, E. W. & Chongpeepien, T. (1988). *Bivalve mollusk culture research in Thailand*. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand; International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines; and Doutsche Gesellschaft for Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH, Eschborn, Federal Republic in Germany.
8. Broom, M. J. (1985). *The biology and culture of marine bivalve molluscs of the genus Anadara*. Manila Philippines: ICLARM Studies and Reviews 12:37 Manila: International Center for Living Aquatic Resources Management.
9. Siddall S.E. (1980). A clarification of the genus *Perna* (Mytilidae). *Bulletin of Marine Science* 30: 858-870.
10. Vakily, J. M. (1989). The biology and culture of mussels of the genus *Perna*. *ICLARM Stud. Rev.* 17: 63.
11. Ismail, A., Yap, C. K., Zakaria, M. P., Tanabe, S., Takada, H. & Ismail, A. R. (2000). *Green-Lipped Mussel Perna viridis (L.) as a Biomonitoring Agent for Heavy Metals in the west coast Of Peninsular Malaysia*. Malacca Straits Research and Development Centre (MASDEC), University Putra Malaysia, Serdang, Malaysia: 553-559.
12. Yap, C. K., Ismail, A., Tan, S. G. & Omar, H. (2002). Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia. *Env. Int.* 28 (1–2): 117–126.
13. Al-Barwani, S. M., Arshad, A., Amin, S. M. N., Japar, S. B., Siraj, S. S. & Yap, C. K. (2007). Population dynamics of the green mussel *Perna viridis* from the high spat-fall coastal water of Malacca, Peninsular Malaysia. *Fish. Res.* 84: 147-152.
14. Benson, A. J., Marelli, D. C., Frischer, M. E., Danforth, J. M. & Williams, J. D. (2001). Establishment of the green mussel, *Perna viridis* (Linnaeus 1758), (Mollusca: Mytilidae) on the west coast of Florida. *Journal of Shellfish Research* 20(1): 21-29
15. Chapman, J. W., Miller, T. W., & Coan, E. V. (2003). Live Seafood Species as Recipes for Invasion. *Conservation Biology* 17(5): 1386-1395.
16. Angell C. L.(1986). The biology and culture of tropical oysters, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. *ICLARM Study Review* 12: 42.
17. Chonchuenchob, P., K. Chalayondeja and K. Mutarasint, (1980) Hanging culture of the green mussel (*Mytilus smaragdinus* Chemnitz) in Thailand. *ICLARM Transl.* 1: 14.
18. Vakily, J. M. (1992). Determination and comparison of bivalve growth, with emphasis on Thailand and other tropical areas, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, ICLARM. *Technical Report* 36: 125.
19. Sivalingam, P.M. (1977). Aquaculture of the green mussel, *Mytilus viridis* Linnaeus, in Malaysia. *Aquaculture* 11: 297-312.
20. Sivalingam, P. M. & Bhaskaran, B. (1980). Experimental insight of trace metal environmental pollution problems in mussel farming. *Aquaculture* 20: 291-303.
21. Choo, P. S. & Speiser, G.(1979). An estimation of the growth parameters and mortality of *Mytilus viridis* cultured in a suspended plastic cage in Jelutong, Penang, Malaysia. *Malaysian Agriculture Journal* 52(1): 9-16.
22. Kamal Zaman, M.,(1995). Development in mollusk seed production in Malaysia. In: Siraj, S.S., Saidin, T. (Eds.), *Advance in Seed Production Technologies. Proceedings of Seminar Organized Jointly by Malaysian Fisheries Society*. Department of fisheries, Malaysia and University Pertanian Malaysia, April 12–13: 68.

23. Yap, C. K., Ismail, A., Tan, S. G. & Rahim, I. A., (2003). Can the shell of the green lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia be a potential biomonitoring material for Cd, Pb and Zn? *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 57 (4): 623–630.
24. Yap, C. K., Ismail, A. & Tan, S. G. (2004). Biomonitoring of Heavy Metals in the West Coastal Waters of Peninsular Malaysia Using the Green-lipped Mussel *Perna viridis*: Present Status and What Next? *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 27(2): 151- 161.
25. Kim, Y. J., Kim, C. K., & Lee J. I., (2001). Simultaneous determination of ²²⁶Ra and ²¹⁰Pb groundwater and soil samples by using liquid scintillation counter – suspension gel. *Journal of Radiation and Isotopes*, 54: 275-281.
26. Al-Masri, M.S., Mamish, S., Budeir, Y., Nashwati., A. (2000). Po-210 and Pb-210 concentrations in fish consumed in Syria. *Journal of Environmental Radioactivity* 49: 345-352.
27. Shaheed, K., Somasundaram, S. S. N., Shahul Hameed, P. & Iyengar, M. A. R. (1997). A study of Po-210 distribution aspects in riverine ecosystem of Kaveri, Tiruchirappalli, India. *Environmental Pollution* 95(3): 371-377.
28. Yu, K. N., Mao, S. Y., Young, E. C. M. & Stokes, M. J. (1997). A study of radioactivities in six types of fish consumed in Hong Kong. *Appl. Radiat. Isot.* 48 (4): 515-519.
29. Iyengar, M. A. R. (1990). The natural distribution of radium. Dlm. Editorial Staff IAEA (pnyt). *The environmental behaviour of radium*. Jilid 1. Hlm. 59-128. Vienna: International Atomic Energy Agency.
30. Chulow, F. V., Dave, N. K. & Lim, T. P. (1998). Radium-226 in water, sediments and fish from lakes near the city of Elliot Lake, Ontario, Canada. *Environmental Pollution*, 99: 13-28.