

KANDUNGAN LOGAM BERAT DAN RADIONUKLID TABII DALAM IKAN, AIR, TUMBUHAN DAN SEDIMEN DI BEKAS TASIK LOMBONG

Muhamad Samudi Yasir, Norlaili bt Ahmad Kabir, Redzuwan Yahaya & Amran Ab Majid

Pusat Pengajian Fizik Gunaan, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor.

Keywords: Heavy metal, natural radiobuclides, ex-mining lake, fish, sedimen

Abstrak

Tasik bekas lombong bijih timah di Malaysia kini giat ditebusguna untuk kegiatan pertanian, akuakultur, kawasan rekreasi atau dijadikan sebagai kawasan perumahan dan perindustrian. Kesan aktiviti perlombongan boleh menyebabkan peningkatan kepekatan atau pengkayaan radionuklid tabii dan logam berat terhadap ekosistem. Maka, kajian telah dilakukan untuk menentukan kandungan radionuklid tabii dan 12 unsur logam berat (Hf, Zr, Mn, Cu, Zn, As, Cd, Sn, Sb, Ba, Hg dan Pb) di dalam ikan, air, tumbuhan dan sedimen di tiga tasik bekas lombong sekitar Puchong dan Sepang, Selangor Darul Ehsan. Analisis dilakukan menggunakan ICP-MS. Secara keseluruhannya kepekatan logam berat adalah tinggi dalam sedimen serta tumbuhan berbanding dengan dalam ikan dan air. Barium mencatatkan kepekatan yang tinggi dikesan di dalam sedimen dan air, manakala zink dan mangan paling tinggi dikesan masing-masing dalam ikan dan tumbuhan. Kesemua unsur logam berat dalam ikan berada di bawah paras maksimum cemaran logam yang dibenarkan oleh Akta Makanan (Akta 281) dan Peraturan-Peraturan 1983 kecuali bagi kepekatan merkuri bagi ikan di lombong kedua iaitu 0.53 ± 0.20 mg/kg yang melebihi had yang dibenarkan iaitu 0.5 mg/kg. Aktiviti radionuklid thorium (Th-232) dan uranium (U-238) dalam sedimen adalah tinggi berbanding dalam ikan, air dan tumbuhan dengan masing-masing berada dalam julat $(30.76 \pm 2.71 - 35.34 \pm 0.27)$ Bq/kg dan $(9.37 \pm 2.30 - 26.32 \pm 3.01)$ Bq/kg. Manakala aktiviti kalium (K-40) dalam tumbuhan dan ikan didapati lebih tinggi berbanding di dalam air dan sedimen.

Abstract

Malaysia aggressively reclaimed most of their disused tin-mining pool especially for agricultural activities, freshwater fish farming area, recreational area, houses area and even as an industrial area. Past mining activities might induced the concentration of naturally occurring radionuclide (NORM) and heavy metal at the disused tin-mining pool ecosystem. A study has been conducted on the status of heavy metal (Hf, Zr, Mn, Cu, Zn, As, Cd, Sn, Sb, Ba, Hg and Pb) concentration and naturally occurring radionuclide activity in fish, water, plants and sediments at three different disused tin-mining pool near by Sepang and Puchong, Selangor Darul Ehsan. Sample of fish, water, plant and sediment being analyze using ICP-MS. The concentrations of heavy metal in sediment and plant are higher than its concentrations in fish and followed by water. The highest concentration of heavy metal in sediment and water is barium, whereas the highest concentration of heavy metal in fish and plant is zinc and manganese. The result also showed that only mercury level in fish collected in second disused tin-mining pool (0.53 ± 0.20 mg/kg) is exceed the maximum limit (0.5 mg/kg) prescribe by the Malaysian Food Act (Act 281). The activity of U-238 and Th-232 in sediment was found to be relatively higher than its activity in fish, plant or water $(30.76 \pm 2.71 - 35.34 \pm 0.27)$ Bq/kg and $(9.37 \pm 2.30 - 18.86 \pm 2.60)$ Bq/kg. The determination of K-40 activity showed that it is highly contained in plant and fish than in sediment or water.

Pendahuluan

Malaysia satu ketika dahulu merupakan salah sebuah negara pengeluar utama timah dunia. Malah pembangunan Lembah Kelang dan Lembah Kinta mempunyai kaitan yang rapat dengan penemuan timah. Walaupun kini tidak banyak lagi lombong timah yang masih aktif beroperasi, ujud pula industri sampingan seperti pengekstrakan pelbagai mineral berharga dari amang (zirkon, ilmenit dan struverit). Salah satu peninggalan industri perlombongan timah ialah bekas tasik lombong yang dikategorikan sebagai tasik buatan. Kini tasik dan kawasan bekas lombong ini telah banyak ditebus guna untuk dimajukan sebagai kawasan perumahan dan perindustrian, ditanami rumput untuk tujuan penternakan, akuakultur atau pun dijadikan kawasan rekreasi (Amran Ab Majid *et al.* [1]). Selain bijih timah, perlombongan turut sama mengeluarkan pelbagai jenis mineral lain dari perut bumi. Sekiranya mineral sampingan ini terdiri daripada logam berat, dikhuatiri sisanya masih tertinggal di kawasan bekas lombong yang kini telah dijadikan kawasan pertanian, perternakan ataupun akuakultur. Bagi tujuan

akuakultur, proses bioakumulasi logam berat boleh terjadi yang akhirnya berkemungkinan memasuki rantai makanan ekosistem bekas lombong tersebut. Oleh itu, ikan yang merupakan sebahagian daripada komponen rantai makanan dalam ekosistem tasik ini mungkin akan turut tercemar dengan sisa logam berat tersebut. Keadaan yang sama mungkin juga berlaku kepada radionuklid tabii seperti U-238, Th-232 dan K-40. Kemasukan logam berat dan radionuklid tabii dalam rantai makanan ini akan akhirnya sampai kepada manusia yang memungkinkan pemakannya menghadapi resiko kesihatan.

Oleh yang demikian objektif utama kajian ini adalah untuk menentukan aras kandungan logam berat dan radionuklid tabii dalam ikan di tasik bekas lombong serta hubungkaitnya dengan kandungan pada sediment, air dan tumbuhan.

Bahan dan kaedah

Kawasan kajian

Tiga buah tasik bekas lombong (L1, L2 dan L3) yang dijadikan kawasan kajian terletak di kawasan Puchong (Rajah 1). Ketiga-tiga tasik ini telah ditebusguna dan dijadikan kawasan ternakan akuakultur.

Sampel kajian

Sampel ikan yang diguna adalah Ikan Keli Kayu (*Clarias batrachus*), Ikan Patin (*Pangasius sutchi*), Ikan Tilapia (*Oreochromis mossambicus*), ikan dari famili Lidae seperti Ikan Toman (*Ophiocephalus micropeltes*) dan Ikan Haruan (*Ophiocephalus striatus*), Ikan Tilapia (*Oreochromis Mossambicus*) atau Ikan Belida (*Notopterus notopterus*). Ikan ini ditangkap menggunakan jaring yang dipasang semalaman.

Sama sebagaimana sampel ikan, sampel air (4L) juga diambil daripada tiga lokasi pada ketiga-tiga tasik. Asid nitrik dititiskan kepada setiap sampel air yang diambil mengelak pertumbuhan mikrob dan menghalang unsur daripada sampel air melekat pada dinding botol plastik yang diguna. Parameter air turut diambil yang meliputi parameter fizikal (suhu, pH, konduktiviti, saliniti dan oksigen terlarut).

Tumbuhan yang diambil bergantung kepada kehadiran pada setiap lokasi. Ianya terdiri dari *Eichhornia crassipes*, *Eragrostis atrovirens*, *Pennisetum puerperiu*, *Panicum repen*, *Pennisetum polystachion*, *Melampodium divaricatu* dan *Brachiaria mufica*.

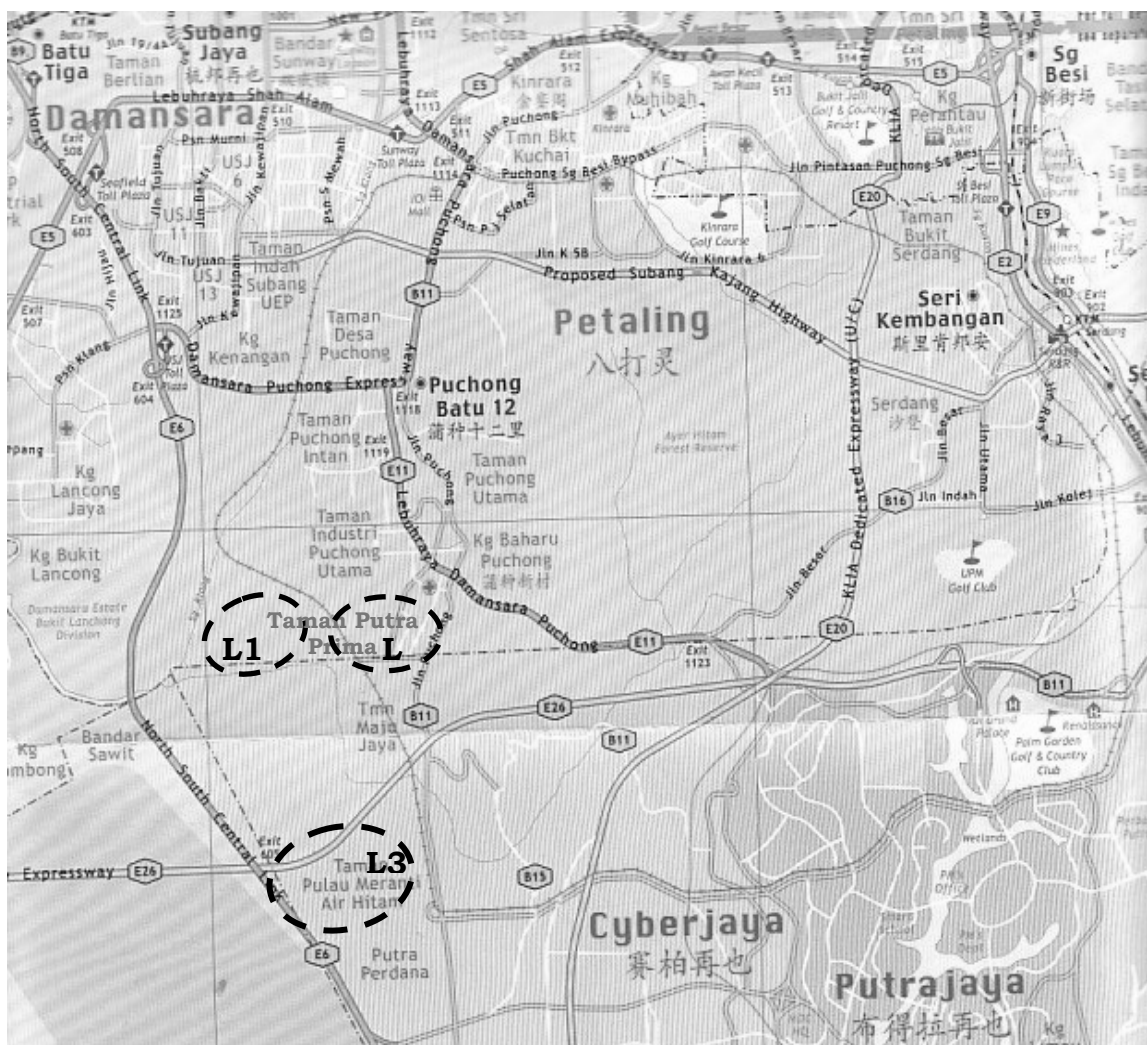
Sedimen

Sedimen diambil menggunakan penceduk plastik dan dimasukkan ke dalam beg plastik yang telah dilabel.

Perawatan dan analisis sampel

Sampel ikan yang diambil dibasuh menggunakan air suling dan disiang untuk mengasingkan kepala, isi perut, insang dan tisu daging ikan. Setelah dicuci menggunakan air suling, tisu daging ikan yang diketahui beratnya dikeringkan menggunakan ketuhar pada suhu 80°C sehingga beratnya menjadi malar. Sampel kering ini kemudiannya dikisar sekali lagi untuk mendapatkannya butiran halus sekitar 500 µm. Sebanyak 400 mg sampel kemudiannya dicampurkan dengan 3.0 ml asid nitrik, 3.0 ml asid hidroklorik dan 0.5 mL asid peroksida. Campuran dihazam menggunakan kemudahan multigelombang selama dua jam sehingga membentuk larutan jernih. Larutan sampel yang terhasil kemudiannya dituras dan ditambah air suling sehingga isipadu larutan sampel mencecah 100 mL sebelum ditentukan kandungan logamnya berat menggunakan peralatan ICP-MS.

Sampel air yang telah diambil itu dibersihkan daripada kotoran dengan cara menapisnya menggunakan penapis membran plasma. Sampel air yang digunakan untuk penentuan keradioaktifan tabii dan logam berat di dalam kajian ini disediakan di dalam dua bentuk iaitu sampel air yang dipekatkan dan yang tidak dipekatkan.



L1, L2 dan L3 Tasik bekas lombong.

Rajah1 Lokasi tasik kajian

Penyediaan sampel air yang tidak melalui proses pemekatan ialah dengan cara menuras sampel air yang telah dibersihkan menggunakan membran plasma menggunakan kertas turas sehingga isipadunya mencapai 100 mL.

Tumbuhan

Sampel tumbuhan itu dibasuh menggunakan air suling untuk menghilangkan kotoran yang melekat. Tumbuhan kemudiannya dibilas menggunakan air suling sekali lagi. Berat basah tumbuhan yang telah dibersihkan dicatatkan. Keseluruhan tumbuhan (akar, daun dan batang) kemudiannya dikeringkan menggunakan ketuhar pada suhu 105°C sehingga beratnya menjadi malar. Sampel kering ini kemudiannya dikisar menggunakan pengisar untuk mendapatkan butiran halus sekitar 500 µm. Sebanyak 400 mg butiran halus seterusnya dicampur dengan asid nitrik (3.0 mL), asid hidroklorik (0.5 mL) dan asid peroksida (9.0 mL). Campuran dihidrolisis menggunakan kemudahan multigelombang selama dua jam sehingga membentuk larutan jernih. Larutan sampel yang terhasil dari proses penghadaman itu kemudiannya dituras dan air suling ditambah sehingga isipadu larutan sampel mencecah 250 mL.

Sampel sedimen itu dibersihkan daripada kotoran dengan membuang semua akar tumbuhan dan bendasing lain. Berat basah sedimen yang telah dibersihkan dicatatkan. Sampel sedimen kemudiannya dikeringkan menggunakan ketuhar pada suhu 105°C sehingga berat menjadi malar. Sampel kering ini seterusnya dikisar untuk mendapatkannya butiran halus sekitar 500 µm.

Sebanyak 300 mg butiran halus sedimen dicampurkan dengan asid nitrik (5.0 mL), asid hidroklorik (2.0 mL) dan asid peroksida (0.5 ml) dan asid fluorida (3.0 mL). Campuran seterusnya dihidrolisis menggunakan kemudahan multigelombang selama dua jam sehingga membentuk larutan jernih. Larutan sampel yang terhasil dari proses penghadaman itu kemudiannya dituras dan air suling ditambah sehingga isipadu larutan sampel mencecah 100 mL.

Analisis sampel

Sampel yang telah disediakan dalam bentuk larutan dianalisis menggunakan Spektrometer Jisim Gandingan Plasma Teraruh (ICP-MS) yang telah dikalibrasi menggunakan piawai (SRM MA-A-2 (TM) Fish Flesh Homogenate), piawai tumbuhan (SRM 1572 Citrus Leave) dan larutan Perkin Elmer Pure Atomic Spectroscopy Standard.

Analisis data

Bagi penentuan kepekatan logam berat, setiap data yang diperolehi dikira semula kepada berat asal sampel dan dinyatakan dalam unit mg/kg atau mg/L.

Manakala aktiviti radionuklid tabii (Bq/kg) pula boleh ditentukan menggunakan rumus:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{\lambda \theta w N_A}{WM}$$

dengan;

- θ = Kelimpahan tabii radionuklid tabii di dalam semesta
- w = Berat radionuklid tabii di dalam sampel
- N_A = Nombor Avogadro
- M = Berat molekul radionuklid tabii
- W = Berat sampel

Hasil dan perbincangan

Parameter fizikal

Jadual 1 menunjukkan bacaan pelbagai parameter fizikal lombong kajian. Oksigen terlarut yang diukur *in situ* menunjukkan nilainya berada di antara 7.0 -7.6 mg/l. Kandungan oksigen ini dipengaruhi oleh pelbagai faktor seperti proses pernafasan haiwan akuatik, fotosintesis tumbuhan akuatik serta pengoksidaan yang berlaku di bawah permukaan air (Elbering et al. [2]). Air tasik bekas lombong biasanya bersifat asid (Muhamad Samudi Yasir et al. [3]). Sungguhpun begitu hasil kajian ini menunjukkan sebaliknya, iaitu sedikit beralkali. Ini mungkin disebabkan oleh faktor masa, iaitu telah melebihi 15 tahun berhenti beroperasi. Kajian yang dilakukan di Sepanyol juga menunjukkan sifat kealkalian pada air tasik bekas lombong (Riba et al. [4]).

Nilai konduktiviti menggambarkan kandungan kation dan anion yang terlarut dalam air tasik. Hasil kajian mendapati nilainya berada pada julat 278 – 386 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bagi ketiga-tiga tasik.

Jadual 1. Pelbagai parameter air dan sedimen tasik

Parameter	Tasik 1 (L1)	Tasik 2 (L2)	Tasik 3 (L3)
Oksigen terlarut (mg/L)	7.0	7.4	7.6
Nilai pH			
a.air	7.21	7.47	7.92
b.sedimen	7.34	6.80	6.97
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	30.6	30.0	32,3
Konduktiviti ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	386	385	278

Logam berat

Logam berat yang ditentukan dalam setiap sampel ialah mangan, kuprum, zink, arsenik, kadmium, stanum, antimoni, barium, merkuri, plumbum, zirkonium dan hafnium. Hasil kajian mendapati Zn dan Cu merupakan logam berat yang paling banyak terkandung dalam tisu daging ikan dengan masing-masing dalam julat (0.50 - 3.81 mg/kg) dan (0.50 - 2.27 mg/kg). Kepekatan tinggi kedua-dua logam ini berbanding logam lain mungkin

disebabkan kedua-duanya merupakan sebahagian daripada nutrien utama yang diambil oleh ikan untuk hidup. Selain daripada itu, kajian yang dijalankan oleh Papagiannis et al. [5] mendapati hubungan yang rapat di antara kandungan Zn dan Cu di dalam ikan dan zooplankton di dalam ekosistem tasik. Oleh yang demikian, Zn dan Cu yang terkandung di dalam ikan ini mungkin di ambil secara tidak langsung melalui makanan yang di ambil oleh ikan tersebut. Nilai kepekatan logam berat yang diperolehi ini tidak melebihi tahap maksimum yang dibenarkan dalam Akta Makanan 1983 (Akta 281)[6] iaitu 30 mg/kg dan 100 mg/kg untuk masing-masing Cu dan Zn. Walau bagaimanapun kandungan Hg pada L2 (0.53 mg/kg) adalah 0.05 mg/kg melebihi takat maksimum yang dibenarkan. Oleh itu bolehlah disimpulkan bahawa tasik yang tercemar dengan logam berat akibat aktiviti perlombongan tidak semestinya akan menyebabkan peningkatan kepekatan kesemua logam berat di dalam tasik terhadap yang hidup akuatik di dalamnya.

Secara amnya kandungan logam berat dalam air adalah lebih rendah berbanding dengan sedimen dan tumbuhan kecuali barium yang mana kandungannya berada dalam julat 7.78 ± 1.80 hingga 27.67 ± 2.25 $\mu\text{g/l}$ (Jadual 2). Barium terdiri daripada logam alkali yang mudah ditemui di dalam perut bumi. Proses perlombongan menyebabkan sebahagian besar logam yang terkandung dalam perut bumi dikeluarkan yang akhirnya menyebabkan kandungannya tinggi pada tasik bekas lombong.

Logam berat tertinggi yang dikesan pada tumbuhan adalah mangan iaitu 19.05 ± 8.10 mg/kg di tasik L2, diikuti oleh barium (7.66 ± 0.66 mg/kg) juga di L2. Kajian yang dilakukan di kawasan tasik bekas lombong arang batu di Poland oleh Samecka dan Kempers [7] mendapati kandungan Mn amat tinggi (1142 – 2116 mg/kg) diikuti oleh Zn, Ba dan Pb. Hasil kajian ini didapati tidak mengikut corak tersebut. Ini disebabkan oleh perbezaan jenis mineral yang pernah dilombong.

Kandungan Ba juga didapati tertinggi berbanding logam berat lain dalam sedimen, diikuti oleh Pb dan Cu. Terdapat persamaan antara kepekatan Cu dalam sedimen dengan kepekatan Cu dalam tumbuhan di mana kepekatannya adalah paling tinggi di L1, di ikuti oleh L3 dan L2. Corak ini sama dengan nilai pH sedimen (Jadual 1). Ini mungkin disebabkan pada pH tinggi, Cu dalam sedimen dapat diambil oleh tumbuhan yang berada berdekatan berbanding pada keadaan pH rendah. Kandungan Cu di dalam sedimen mungkin meresap melalui air bawah tanah dan akhirnya diambil oleh akar tumbuhan. Kepekatan Hf dan Hg pula adalah paling tinggi di L3 dan diikuti oleh L2 dan L1. Kepekatan Hf dan Hg yang tinggi turut dikesan pada ikan dari tasik berkaitan. Oleh yang demikian pencemaran logam Hg dan Hf boleh menyebabkan pemekatan dan akhirnya memasuki rantai pemakanan akuatik.

Radionuklid tabii

Kandungan radionuklid tabii U-238, Th-232 dan K-40 ditunjukkan dalam Jadual 3. Hanya K-40 yang dapat dikesan pada sampel ikan, air, tumbuhan dan sedimen dari ketiga-tiga tasik. Radionuklid U-238 dan Th-232 hanya terdapat pada sampel sedimen.

Jadual 2 Kepekatan logam berat di dalam ikan, sedimen, air dan tumbuhan

Unsur	Kandungan logam berat dalam sampel (mg/kg) basah atau ug/L (air)											
	L1				L2				L3			
	Ikan	Sedimen	Air	tumbuhan	Ikan	Sedimen	Air	tumbuhan	Ikan	Sedimen	Air	tumbuhan
Mn	0.08	2.2		3.92	0.07	2.63		19.05	0.06			8.63
	±	±	0.00	±	±	±	0.00	±	±	0.00	0.00	±
	0.03	0.85		2.58	0.01	0.02		8.10	0.01			5.56
Cu	0.50	2.47	1.00	5.97	2.27	1.0	1.00	1.79	0.13	2.28	1.00	2.49
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.02	1.29	0.01	1.33	0.48	0.51	0.01	0.03	0.01	2.22	0.01	1.16
Zn	0.50	0.40	0.88	4.09	3.81	0.38	13.5	0.75	0.65	0.51	7.73	1.38
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0.10	0.21	0.02	0.67	2.91	0.01	2.65	0.24	0.21	0.30	1.03	0.54
As	0.11	0.34	2.83		0.07	0.32	2.25		0.06	0.35		
	±	±	±	0.00	±	±	±	0.00	±	±	0.00	0.00
	0.01	0.20	0.29		0.01	0.11	0.29		0.01	0.14		
Cd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07			
									±	0.00	0.00	0.00
									0.01			
Sn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	14.78	27.7	4.52	0.11	45.10	25.0	7.66	0.13	13.08	7.78	3.32
		±	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
		5.30	2.25	2.50	0.03	9.26	0.29	0.66	0.03	4.20	1.80	1.19
Hg	0.17	0.20			0.53	0.33			0.11	0.60		
	±	±	0.00	0.00	±	±	0.00	0.00	±	±	0.00	0.00
	0.01	0.10			0.20	0.10			0.02	0.13		
Pb	0.00	6.09	1.00	2.26	0.00	13.55	1.05		0.00	3.57		0.68
		±	±	±		±	±			±	0.00	
		0.73	0.01	0.25		1.67	0.01			0.56		
Zr	0.00	0.33			0.00	0.53			0.12	0.52		
		±	0.00	0.00		±	0.00	0.00	±	±	0.00	0.00
		0.12				0.20			0.01	0.16		
Hf	0.00	0.72	2.83		0.00	1.40	3.00		0.14	1.65		
		±	±	0.00		±	±		±	±	0.00	0.00
		0.06	0.29			0.31	0.01		0.02	0.56		

Terdapat dua laluan utama yang membolehkan ikan di tasik bekas lombong dicemari oleh K-40, iaitu melalui deposisi permukaan ataupun melalui rantai pemakanan ikan tersebut. Deposisi permukaan boleh berlaku apabila terdapat pemindahan unsur kalium daripada komponen ekosistem tasik seperti sedimen dan tumbuhan. Aktiviti perlombongan dijangka meningkatkan kandungan pelbagai radionuklid tabii di kawasan sekitarnya. Kajian ini menunjukkan walaupun ketiga-tiga radionuklid tersebut terdapat pada sediment, hanya K-40 yang dapat dikesan pada tumbuhan dan ikan. Penyebaran unsur K-40, Th-232 dan U-238 dalam ekosistem akuatik boleh berlaku melalui ampaian pepejal yang seterusnya membabitkan komponen akuatik lain seperti plankton, herbivor, karnivor serta omnivor yang terdapat dalam sistem akuatik tersebut. Ketiadaan U-238 dan Th-232 dikesan pada tumbuhan adalah disebabkan unsur tersebut diikat kuat oleh komposisi tanah dan sukar di ambil oleh tumbuhan. Selain daripada itu, tumbuhan juga tidak mengambil uranium dan thorium sebagai unsur nutrien. Kajian sebelum ini mendapati kandungan radionuklid tabii U-238 dan Th-232 dalam sampel tanah di kawasan lombong aktif adalah masing-masing 3.75 Bq/kg dan 10.51 Bq/kg (Muhamad Samudi Yasir et al.[8]), manakala kandungan dalam sistem air kawasan lombong aktif pula adalah antara 26.3 – 36.2 Bq/L (Th-232) dan 26.8 – 35.4 Bq/L (U-238) (Ismail et al. [9]). Oleh yang demikian kandungan radionuklid tabii dalam semua sampel yang di ambil adalah lebih rendah dari hasil kajian sebelumnya.

Jadual 3. Kandungan radionuklid tabii dalam ikan, air, tumbuhan dan sedimen.

	Kandungan radionuklid tabii (Bq/kg atau Bq/L)		
	Tasik 1	Tasik 2	Tasik 3
Ikan			
K-40	7.78E-02 ± 0.01	7.34E-02 ± 0.01	6.52E-02 ± .01
Th-232	0	0	0
U-238	0	0	0
Air			
K-40	1.11E-03 ± 0.00	1.07E-03 ± 0.00	1.23E-03 ± 0.00
Th-232	0	0	0
U-238	36.72	36.72	0
Tumbuhan			
K-40	0.09 ± 0.05	1.12E-03 ± 0.00	0.10 ± 0.04
Th-232	0	0	0
U-238	0	0	0
Sedimen			
K-40	1.57E-04 ± 4.48E-05	4.24E-04 ± 1.47E-04	9.44E-05 ± 5.40E-06
Th-232	30.76 ± 2.71	35.34 ± 0.27	34.06 ± 11.85
U-238	18.86 ± 2.60	26.32 ± 3.01	9.37 ± 2.30

Aktiviti U-238 dan Th-232 bagi sedimen di L1, L2 dan L3 adalah relatif lebih tinggi berbanding aktiviti di dalam tisu daging ikan, air dan tumbuhan. Tetapi aktiviti K-40 bagi sedimen di L1, L2 dan L3 adalah relatif lebih rendah berbanding aktiviti di dalam tisu daging ikan. Fenomena ini mungkin terjadi kerana faktor kedudukan tropik ikan yang tinggi menyebabkan berlaku pemekatan K-40 dalam jumlah yang banyak.

Kesimpulan

Hasil kajian ini mendapati walaupun ekosistem tasik bekas lombong mengandungi pelbagai logam berat dan radionuklid tabii, kandungannya kebanyakan logam berat dalam ikan adalah rendah dan berada di bawah aras maksimum yang dibenarkan dalam Akta Makanan (1983). Oleh yang demikian dari sudut pencemaran logam berat dan radionuklid tabii kawasan tasik bekas lombong ini berpotensi untuk dimajukan sebagai kawasan ternakan akuakultur.

Penghargaan

Penulis merakamkan ucapan terima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia di atas peruntukan kewangan yang disediakan.

Rujukan

1. Amran Ab Majid, Muhamad Samudi Yasir, Redzuwan Yahaya. 2004. "Taboran Radionuklid Tabii (NORM) dan Kaitannya dengan Aktiviti Pembangunan di Negeri Selangor". Dalam: *Indicator of Sustainable Development: Assessing Changes in Environmental Conditions*. A. Latiff et al. (ed), Institute For Environment and Development (LESTARI), Universiti Kebangsaan Malaysia, ISBN 983-9444-58-1, 213 – 225.
2. Elbering B., Knudsen K.L, Kristensen P.H dan Asmund G., 2004. "Applying foramineral stratigraphy contamination and mining impact in a fiord in West Greenland". *Marine Environmental Research* 55 3: 235-256.
3. Muhamad Samudi Yasir, Ismail Bahari, Sahibin A.R., Dahlia Suriati Abd Rahim and Halim Abd Rahman, 2001. "The Concentration of Natural Radiobuclides and Heavy Metals in Soils From A Tin-Mining and Its Surrounding Area". *J. Sains Nuklear Malaysia*, 19: 50 – 56.
4. Riba I., Conradi M., Forja J.M. dan Delvals T.A. 2004. "Sediment Quality in the Guadalquivir Estuary: Lethal Effect Associated with the Azhacollar Mining Spil". *Marine Poll. Bull.* 48 1:144-152.
5. Papagiannis I, Kagalov I., Leonardos J., Petridis D. dan Kalfakou V. 2004. "Copper and Zink in Four Freshwater Fish Species from Lake Pamvotis (Greece)". *J. Environ. Intl.* 30 (3) :257-362.
6. Akta Makanan 1983. MDC, Kuala Lumpur.
7. Samecka C. dan Kempers. 2004. "Concentrations of heavy metal and plant nutrients in water, sediments and aquatic macrophytes of anthropogenic lakes (former open cut brown coal mines) differing in stage of acidification". *Environ. Intel.* 281 :87-98
8. Muhamad Samudi Yasir, Amran Ab Majid dan Redzuwan Yahaya, 2005. "Kandungan Radionuklid Tabii Dalam Sampel Amang, Tanah dan Air di Sekitar Kawasan Industri Perlombongan Di Dengkil Selangor". *Proceeding of The 6th ITB-UKM Joint Seminar on Chemistry*, 17 – 18 May, Bali Indonesia. ISBN: 983-29766-38-7653 - 658.
9. B. Ismail, M.S. Yasir, Y. Redzuwan and A.M. Amran, 2003. "Radiological Environmental Risk Associated with Different Water Management System in Amang Processing in Malaysia". *Pakistan J. Biol. Sci.* 6: 1544 – 1547.