

## KANDUNGAN LOGAM BERAT DI DALAM SAMPEL IKAN TANAH BENCAH SISTEM MULTISEL, PUTRAJAYA.

**Caroline Melissa Payus**

Sekolah Sains dan Teknologi, Universiti Malaysia Sabah  
88999 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia

**ABSTRAK.** Tanah bencha buatan manusia dengan keluasan 160 hektar yang telah dibangunkan di Putrajaya, dilengkapi dengan sejumlah 23 sistem multisel berfungsi sebagai penapis semulajadi bagi menjaga kualiti air agar mencapai piawaian serta kriteria yang telah ditetapkan. Kajian ini dijalankan untuk menentukan kandungan logam berat dalam tisu sampel ikan yang diperolehi daripada beberapa stesen kajian, di tanah bencha sistem multisel Putrajaya tersebut. Sampel tisu usus, insang dan otot daripada dua spesies ikan air tawar (*Oreochromis mossambicus* dan *Puntius gonionotus*) dari tiga stesen dianalisis untuk menentukan aras kepekatan logam berat zink (Zn), ferum (Fe), kadmium (Cd), kuprum (Cu) dan manganum (Mn). Hasil kajian mendapati nilai kepekatan logam Cu, Zn dan Cd dalam ketiga-tiga tisu berada dalam kepekatan yang normal, iaitu di bawah had piawaian yang dibenarkan oleh Akta Makanan (1983) dan Peraturan Makanan (1985). Manakala bagi logam Fe (dalam tisu usus, insang dan otot) dan Mn (tisu usus dan insang) didapati melebihi had piawaian yang ditetapkan. Aras kepekatan logam berat adalah mengikut turutan berikut: Fe>Zn>Mn>Cu>Cd, manakala kadar penggumpulannya dalam sampel tisu kajian: usus>insang>otot. Kesimpulannya, aras kandungan logam berat dalam kesemua sampel ikan Putrajaya berada pada tahap yang dibenarkan oleh akta dan peraturan makanan kebangsaan yang ditetapkan.

**KATAKUNCI.** Logam berat, tanah bencha, sistem multisel, ikan

**ABSTRACT.** *The artificial wetland system located in Putrajaya, covers an area of 160 hectares, with total of 23 multicells, act as a natural filters in ensuring the wetland water achieves the desired quality and healthy standards. This study was conducted to determine the concentration of heavy metals in the gut, gill and muscle tissues of two species of freshwater fish (*Oreochromis mossambicus* and *Puntius gonionotus*) sampled from three stations of Putrajaya Wetland Cell. The results showed that Cu, Zn and Cd in all tissue samples were below the permissible limit of the Malaysian Food Act (1983) and Food Regulations (1985). However, Fe (in all tissues) and Mn (gut and gill) levels were found to be higher than permissible levels with the exception of the gut. The levels of the metals were in the following order; Fe>Zn>Mn>Cu>Cd; concentrations in the tissue were; gut>gill>muscle. The overall levels of metals in the fish were found to be below the permissible limit.*

**KEYWORDS.** Heavy metal, wetland, multicells system, fish

### PENGENALAN

Rekabentuk tanah bencha Putrajaya yang merangkumi keluasan 160 hektar, dipercayai merupakan pembinaan tanah bencha terbesar dan terancang di rantau tropika. Model pengawalan kualiti air ini dibina bagi membolehkan sumber air tanah bencha tersebut dapat mencapai status

kualiti air kelas II B. Selain bertujuan mengekalkan estetika dan kriteria air yang ditetapkan, ia juga mempunyai pelbagai fungsi seperti tujuan rekreasi, habitat, hidrologi (mengawal banjir melalui pengurangan aliran air ketika air pasang) serta mengawal hakisan dan tanah runtuh. Di samping itu, ia juga bertindak sebagai penapis semulajadi aliran air daripada sungai-sungai yang sedia ada. Tumbuh-tumbuhan makrofit, reofit dan hutan paya air tawar yang terdapat pada tanah bencah tersebut, amat penting untuk menapis dan menyaring sedimen, bahan enap cemar, nutrien tanah dan air serta mengawal kandungan bahan pencemar termasuklah logam berat.

Segala proses biogeokimia yang berlaku adalah dipengaruhi oleh keadaan air sisa yang memasuki kawasan tanah bencah. Bahan-bahan seperti bahan organik, bukan organik dan logam berat akan memasuki kawasan aerob dan anaerob dalam tanah bencah. Antara proses-proses yang berlaku dalam tanah bencah adalah seperti pengurangan pepejal terampai akibat dari penapisan melalui akar tumbuhan. Selain itu, kitaran sulfur dan karbon boleh berlaku di kawasan tanah bencah ini juga hasil dari bantuan tumbuhan di kawasan tanah bencah ini. Proses penguraian atau biodegradasi terhadap bahan organik, bukan organik dan sisa toksik juga boleh berlaku akibat dari bantuan mikroorganisma dan juga tumbuhan. Proses penyingkiran logam berat seperti mikrobial juga boleh berlaku kerana terdapat keadaan aerob dan anaerob (Julie, 2001). Rawatan yang berkost rendah, penyelenggaraan yang minima dan mesra alam adalah rekabentuk yang diperlukan dan bersifat lestari bagi merawat aliran air dari sungai-sungai yang berhampiran dengan kawasan Putrajaya.

Sehubungan dengan itu, kajian ini bertujuan untuk menentukan tahap penggumpulan logam berat (Fe, Cd, Cu, Zn, Fe) dalam tiga bahagian tisu (insang, otot dan usus) mengikut had yang dibenarkan oleh Akta Makanan 1983 dan Peraturan Makanan 1985, dan membuat perbandingan terhadap terhadap tisu-tisu serta stesen persampelan yang berbeza. Kajian ini juga cuba melihat keberkesanan sistem multisel tanah bencah buatan manusia yang terdapat di Putrajaya dalam mengurangkan serta menyingkirkan aras kandungan logam berat ke tahap yang rendah serta selamat dan boleh diterima oleh sistem tubuh badan haiwan dan manusia. Spesies ikan *Oreochromis mossambicus* dan *Puntius gonionotus* dipilih dalam kajian ini, kerana kedua-duanya merupakan spesies ikan indigenus atau asli yang terdapat dalam tanah bencah tersebut yang mengalir daripada Sungai Chua dan Sungai Bisa. Di samping itu, potensi kumulatif terhadap tahap penggumpulan logam berat yang tinggi daripada ikan *Oreochromis mossambicus* dan *Puntius gonionotus* juga, merupakan faktor utama pemilihan kedua-dua spesies ini berbanding dengan spesies ikan yang lain.

## METODOLOGI KAJIAN

Lokasi persampelan melibatkan tiga stesen, iaitu Stesen 1 (kawasan paya berhampiran dengan Sungai Chua dan Sungai Bisa, yang tidak dilengkapi sistem multisel tanah bencah Putrajaya), Stesen 2 dan Stesen 3 (di mana kedua-duanya dilengkapi dengan sistem multisel tanah bencah buatan manusia di Putrajaya). Tumpuan kawasan kajian adalah berdasarkan faktor pemasangan dan penggunaan sistem multisel tanah bencah tersebut serta kandungan efluen yang memasuki ke dalam medium air stesen berkenaan, di samping kegiatan pertanian yang terdapat di persekitaran stesen dan projek pembangunan.

Sampel ikan *Oreochromis mossambicus* dan *Puntius gonionotus* di sampel secara rawak dengan bantuan jala, tangguk dan bot. Sebanyak 50 sampel ikan disampel daripada stesen kajian. Kemudian disejuk-bekukan dalam bekas ais sewaktu perjalanan balik ke makmal untuk mengelakkan kerosakan pada tisu atau struktur lain pada ikan tersebut. Di makmal, ciri morfologi sampel ikan tadi diukur, ditimbang dan dicatat (panjang keseluruhan, panjang kepala, lebar badan dan berat keseluruhan ikan). Panjang sampel ikan diukur sehingga 1 sentimeter yang terhampir manakala berat basah setiap sampel ditentukan sehingga 0.1 gram yang terhampir. Ciri morfologi

(berat dan panjang ikan) mempengaruhi kadar penggumpulan logam berat di dalam tisu sampel ikan (Hamanaka *et al.*, 1982) dan penting untuk ujian korelasi dalam kajian ini.

Tisu otot, usus dan insang pada setiap sampel diambil untuk dianalisis melalui pengasingan menggunakan pisau tahan karat serta menggunakan peralatan yang bersih daripada kotoran luaran dan kontaminasi logam berat daripada punca lain. Pencemaran berpunca daripada persekitaran makmal dan alat radas lain (Omang, 1971), mempengaruhi data analisis kajian. Nilai berat basah tisu sampel yang telah diasingkan diperolehi dengan alat penimbang digital elektronik dan diperlukan untuk menentukan peratusan kandungan air (kelembapan). Kemudian tisu ikan dikeringkan dalam ketuhar pada suhu 65 °C semalaman, ditimbang untuk mendapatkan berat kering tisu tersebut.

$$\text{Kandungan Kelembapan (\%)} = \frac{\text{Berat Basah} - \text{Berat Kering}}{\text{Berat Basah}} \times 100\%$$

Analisis tisu sampel terhadap kandungan logam berat sampel ikan dijalankan mengikut kaedah pencernaan Kjeldatherm iaitu dengan menggunakan Kaedah Association of Official Analysis Chemists (AOAC, 1990). Sebanyak 5.0 gram tisu sampel ikan dalam bikar PTFE yang telah dikeringkan dalam oven pengering akan ditindakbalaskan dengan 10 ml asid nitrik (69%), dan seterusnya dimasukkan ke dalam alat pemanas Gerhardt. Selepas kesemua bikar yang mengandungi campuran yang terhasil daripada tindakbalas asid nitrik dan sampel tisu ikan dimasukkan, suhu alat pemanas dinaikkan kepada 100 °C (sebelum itu telah dipanaskan sehingga 200 °C) dan dibiarkan selama dua jam. Selepas jangka masa tersebut, suhu alat pemanas tadi diturunkan kepada 20 °C untuk tujuan penyejukan, dan bikar PTFE tadi dimasukkan lagi dengan asid hidroklorik dan dibiarkan selama 2 jam peringkat kedua dalam alat pemanas agar pencernaan tisu sampel menjadi lebih sekata dan berkesan. Campuran yang terhasil daripada pemanasan tadi disejukkan dan dituras dengan kertas turas 0.45 µm dan dikumpul dalam kelalang berisipadu 50 ml. Isipadu hasil ekstraksi dicairkan menjadi 50 ml dengan air suling, dan kemudiannya kandungan logam berat ditentukan dengan alat Spektrofotometer Penyerapan Atom (AAS) Model Perkin Elmer.

Penentuan kandungan logam berat;

$$M = \frac{S \times PF}{B}$$

- M = Kepekatan logam berat (µg/g)
- S = Bacaan serapan sampel dari AAS (µg/ml)
- PF = Isipadu pencairan (ml)
- B = Berat sampel tisu (g)

## HASIL DAN PERBINCANGAN

Hasil kajian penentuan aras logam-logam berat iaitu Mn, Cu, Zn, Cd dan Fe dalam tiga jenis tisu sampel ikan yang terlibat iaitu usus, insang dan otot telah diringkaskan dalam Jadual 1 hingga Jadual 5.

Jadual 1 menunjukkan aras logam Fe dalam tisu usus, insang dan otot *O. mossambicus* dan *P. gonionotus* adalah tinggi dan melebihi had piawaian ( $0.5 \mu\text{g/g}$ ) yang telah ditetapkan oleh Akta Makanan (1983) dan Peraturan Makanan (1985). Julat kepekataannya di antara ( $1.75 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$  –  $62.50 \pm 0.10 \mu\text{g/g}$ ) dan min  $19.98 \pm 18.41 \mu\text{g/g}$ . Aras Fe dalam tisu otot *P. gonionotus* dari Stesen 3 didapati paling rendah ( $1.75 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$ ) manakala tisu usus *P. gonionotus* dari Stesen 1 menunjukkan aras Fe yang tertinggi ( $62.50 \pm 0.10 \mu\text{g/g}$ ). Daripada kajian ini, didapati purata kepekatan Fe di antara spesies dan stesen adalah tidak signifikan ( $P > 0.05$ ) manakala purata aras Fe dalam tisu usus, insang dan otot menunjukkan perbezaan yang sangat signifikan ( $P = 0.01$ ). Kemasukan logam-logam berat ke dalam sistem tubuh organisma hidup seperti ikan, mamalia lain mahupun manusia biasanya dipengaruhi oleh proses keseimbangan badan iaitu homeostasis. Namun demikian, jika julat kepekatan suatu logam tersebut telah melebihi had bebanan maksimum tubuh, maka proses homeostasis tidak lagi dapat berfungsi dan akhirnya mengakibatkan kesan ketoksikan kepada tubuh badan sama ada secara akut atau kronik (Forstner & Wittman, 1979). Menurut Finch & Huebers (1982), pengambilan dan kadar penggumpalan logam Fe yang tinggi pada organisma hidup merupakan suatu keadaan yang normal. Namun demikian, logam Fe berupaya menjadi toksik kepada manusia jika melebihi aras penggumpalan  $200 \mu\text{g/g}$  (Bowen, 1979).

**Jadual 1. Kepekatan logam Fe ( $\mu\text{g/g}$ ) dalam tisu ikan mengikut spesies dan stesen persampelan**

Tisu	Spesies Ikan	Stesen Persampelan (min $\pm$ sd) ( $\mu\text{g/g}$ )		
		Stesen 1	Stesen 2	Stesen 3
Nilai P: 0.003**	Nilai P: 0.3353	Nilai P: 0.7093		
<b>Usus</b>	<i>O. mossambicus</i>	TK	$12.50 \pm 0.01$	$45.00 \pm 0.01$
	<i>P. gonionotus</i>	$62.50 \pm 0.10$	$42.50 \pm 0.01$	$32.50 \pm 0.01$
<b>Insang</b>	<i>O. mossambicus</i>	$17.50 \pm 0.10$	$2.50 \pm 0.01$	$17.50 \pm 0.01$
	<i>P. gonionotus</i>	$26.00 \pm 0.12$	$4.00 \pm 0.01$	$32.50 \pm 0.01$
<b>Otot</b>	<i>O. mossambicus</i>	$2.50 \pm 0.01$	TK	$5.00 \pm 0.01$
	<i>P. gonionotus</i>	$8.00 \pm 0.01$	$7.50 \pm 0.01$	$1.75 \pm 0.01$

- Had piawaian Fe oleh Akta Makanan (1983) dan Peraturan Makanan (1985);  $0.5 \mu\text{g/g}$
- TK = tidak dapat dikesan
- sd = sisihan piawai

Mn mencatat nilai kepekatan ketiga tertinggi berbanding logam Cu dan Cd. Namun demikian, Mn mencatat aras yang tidak dapat dikesan pada hampir semua sampel tisu ikan. Julat Mn dalam kedua-dua spesies ialah  $0.012 \pm 0.02 \mu\text{g/g}$  (pada tisu otot *O. mossambicus*, Stesen 2) hingga  $30.00 \pm 0.12 \mu\text{g/g}$  (tisu usus *P. gonionotus*, Stesen 3), dengan min  $7.65 \pm 9.45 \mu\text{g/g}$ . Jadual 2 juga menunjukkan julat kepekatan Mn dalam sampel ikan telah melebihi had maksimum piawaian yang dibenarkan ( $0.3 \mu\text{g/g}$ ) kecuali tisu otot berada di bawah paras maksimum. Rosinah (1999), juga mendapati purata Mn dalam 5 spesies ikan termasuk *O. mossambicus* menunjukkan variasi julat yang tinggi  $0.140 - 12.640 \mu\text{g/g}$  bagi otot,  $5.59 - 59.0 \mu\text{g/g}$  bagi insang dan  $0.30 - 201.79 \mu\text{g/g}$  bagi perut. Nilai yang diperolehi jauh lebih tinggi daripada hasil kajian. Badri *et al.*, (1995) mendapati tisu otot menunjukkan pengumpulan Mn antara  $0.19 \mu\text{g/g} - 2.26 \mu\text{g/g}$ . Logam Mn wujud dalam sistem tubuh manusia, haiwan mahupun tumbuhan dan hanya sebilangan kecil kuantitinya dipengaruhi aktiviti manusia. Mn banyak terkumpul pada sel bermitokondria, seperti pada hati (Cotzias, 1971). Jung (1973) melaporkan Mn pada manusia yang melebihi julat ( $12.0 \mu\text{g/g} - 20.0 \mu\text{g/g}$ ) adalah toksik manakala aras Mn dalam ikan kajian ini hanya mencatat  $7.65 \pm 9.45 \mu\text{g/g}$ . Daripada kajian ini, didapati purata kepekatan Mn di antara tisu, spesies dan stesen kajian tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan ( $P > 0.05$ ).

**Jadual 2. Kepekatan logam Mn ( $\mu\text{g/g}$ ) dalam tisu ikan mengikut spesies dan stesen persampelan**

Tisu	Spesies Ikan	Stesen Persampelan (min $\pm$ sd) ( $\mu\text{g/g}$ )		
		Stesen 1	Stesen 2	Stesen 3
Nilai P: 0.2217	Nilai P: 0.0763	Nilai P: 0.4565		
<b>Usus</b>	<i>O. mossambicus</i>	TK	TK	TK
	<i>P. gonionotus</i>	$2.62 \pm 0.02$	$7.50 \pm 0.01$	$30.00 \pm 0.12$
<b>Insang</b>	<i>O. mossambicus</i>	$13.50 \pm 0.10$	TK	$7.00 \pm 0.01$
	<i>P. gonionotus</i>	$17.50 \pm 0.10$	$0.03 \pm 0.03$	$6.00 \pm 0.01$
<b>Otot</b>	<i>O. mossambicus</i>	TK	TK	TK
	<i>P. gonionotus</i>	$0.01 \pm 0.02$	$0.01 \pm 0.02$	$0.01 \pm 0.02$

- Had piawaian Mn oleh Akta Makanan (1983) dan Peraturan Makanan (1985);  $0.3 \mu\text{g/g}$
- TK = tidak dapat dikesan
- sd = sisihan piawai

Berbanding aras logam kuprum dalam semua tisu kedua-dua spesies ikan dari semua stesen, ia menunjukkan pengumpulan Cu adalah di bawah nilai had maksimum piawaian yang dibenarkan ( $30 \mu\text{g/g}$ ), iaitu mencatat ( $0.10 \pm 0.00 \mu\text{g/g} - 4.70 \pm 0.00 \mu\text{g/g}$ ) dengan min  $0.67 \pm 1.14 \mu\text{g/g}$ . Daripada analisis, purata kepekatan Cu di antara tisu, spesies dan stesen kajian tidak menunjukkan sebarang perbezaan yang signifikan ( $P > 0.05$ ). Kajian Choo (1991) mendapati, julat kepekatan Cu dalam tisu lima spesies ikan dari perairan Sabah ialah  $0.4 \mu\text{g/g} - 2.1 \mu\text{g/g}$  dengan

purata 0.29 µg/g, lebih rendah daripada purata aras Cu dalam hasil kajian ini, iaitu 0.670 µg/g. Menurut Kieffer (1980) kadar pengumpulan antara 0.70 µg/g – 15.00 µg/g Cu adalah normal bagi sistem tubuh ikan, sebagai unsur surihan dan berfungsi dalam sistem enzim yang terlibat dalam sistem metabolisme tubuh, proses redoks dan proses pengoksidaan yang lain (Gooneratne & Howell, 1980).

**Jadual 3. Kepekatan logam Cu (µg/g) dalam tisu ikan mengikut spesies dan stesen persampelan**

Tisu	Spesies Ikan	Stesen Persampelan (min ± sd) (µg/g)		
		Stesen 1	Stesen 2	Stesen 3
Nilai P: 0.4288	Nilai P: 0.1774	Nilai P: 0.3423		
<b>Usus</b>	<i>O. mossambicus</i>	0.25 ± 0.00	0.10 ± 0.00	0.75 ± 0.00
	<i>P. gonionotus</i>	4.70 ± 0.00	0.50 ± 0.01	0.50 ± 0.01
<b>Insang</b>	<i>O. mossambicus</i>	0.25 ± 0.00	0.25 ± 0.01	0.50 ± 0.01
	<i>P. gonionotus</i>	1.00 ± 0.57	TK	0.50 ± 0.01
<b>Otot</b>	<i>O. mossambicus</i>	0.10 ± 0.00	0.10 ± 0.00	TK
	<i>P. gonionotus</i>	TK	0.25 ± 0.00	0.25 ± 0.00

- Had piawaian Cu oleh Akta Makanan (1983) dan Peraturan Makanan (1985); 30.0 µg/g
- TK = tidak dapat dikesan
- sd = sisihan piawai

Di samping itu, hasil kajian juga mendapati aras Cd dalam *O. mossambicus* dan *P. gonionotus* berada di bawah had piawaian Akta Makanan 1983 dan Peraturan Makanan 1985 (1.00 µg/g), kecuali tisu usus spesies *O. mossambicus* (1.25 ± 0.00 µg/g) dan insang *P. gonionotus* (1.00 ± 0.00 µg/g) telah melebihi had piawaian tersebut, dan keadaan ini menunjukkan status sampel ikan tadi adalah tercemar pada aras berbahaya dan berupaya menjadi agen toksik. Namun demikian, aras Cd dalam ikan kajian ini juga adalah jauh lebih rendah daripada aras Cd dalam ikan dari bekas lombong (usus 5.32 ± 0.15 µg/g), (otot 3.13 ± 0.03 µg/g) dan (insang 4.10 ± 0.21 µg/g) (Chung, 2000). Purata kepekatan Cd di antara stesen persampelan didapati wujud perbezaan yang sangat signifikan (P=0.01), manakala purata aras Cd di antara spesies dan tisu (usus, insang dan otot) adalah tidak bererti (P>0.05).

Begitu juga dengan logam Zn di mana status tahap pengumpulan Zn adalah normal, iaitu terletak di bawah paras maksimum piawaian yang dibenarkan (100 µg/g). Hasil kajian juga mendapati, logam zink menunjukkan kadar pengumpulan kedua tertinggi selepas logam Fe. Julat nilai keseluruhan aras Zn dalam kedua-dua spesies dari semua stesen ialah antara 0.47 ± 0.02 µg/g – 27.50 ± 0.10 µg/g dengan min 7.81 ± 9.55 µg/g. Analisis menunjukkan tidak terdapat perbezaan yang signifikan (P>0.05) di antara purata kepekatan Cu terhadap tisu, spesies dan stesen kajian. Kajian Chung (2000), melaporkan sampel ikan *T. mossambica* dari tasik bekas lombing bijih timah di Bidor, Perak menunjukkan purata aras Zn dalam usus melebihi insang dan otot iaitu 82.490 ± 0.825 µg/g, 76.73 ± 4.583 µg/g dan 43.26 ± 0.590 µg/g. Iaitu nilai tersebut

didapati lebih tinggi daripada hasil kajian. Logam zink dilaporkan secara semulajadinya terkumpul pada tisu hati, tulang, ekor, sirip, insang dan otot ikan, dan penumpukan Zn yang tinggi adalah berkaitan dengan tumbesaran tisu dan jasad ikan tersebut (Lindeman & Mills, 1980).

**Jadual 4. Kepekatan logam Cd ( $\mu\text{g/g}$ ) dalam tisu ikan mengikut spesies dan stesen persampelan**

Tisu	Spesies Ikan	Stesen Persampelan (min $\pm$ sd) ( $\mu\text{g/g}$ )		
		Stesen 1	Stesen 2	Stesen 3
Nilai P: 0.9216	Nilai P: 0.3104	Nilai P: 0.001**		
<b>Usus</b>	<i>O. mossambicus</i>	1.25 $\pm$ 0.00	0.23 $\pm$ 0.00	0.38 $\pm$ 0.00
	<i>P. gonionotus</i>	0.80 $\pm$ 0.02	0.38 $\pm$ 0.00	0.25 $\pm$ 0.02
<b>Insang</b>	<i>O. mossambicus</i>	0.93 $\pm$ 0.00	0.15 $\pm$ 0.02	0.30 $\pm$ 0.17
	<i>P. gonionotus</i>	1.00 $\pm$ 0.01	0.25 $\pm$ 0.02	0.23 $\pm$ 0.00
<b>Otot</b>	<i>O. mossambicus</i>	0.83 $\pm$ 0.00	0.30 $\pm$ 0.10	0.45 $\pm$ 0.02
	<i>P. gonionotus</i>	0.73 $\pm$ 0.00	0.25 $\pm$ 0.03	0.30 $\pm$ 0.21

- Had piawai Cd oleh Akta Makanan (1983) dan Peraturan Makanan (1985); 1.0  $\mu\text{g/g}$
- TK = tidak dapat dikesan
- sd = sisihan piawai

**Jadual 5. Kepekatan logam Zn ( $\mu\text{g/g}$ ) dalam tisu ikan mengikut spesies dan stesen persampelan**

Tisu	Spesies Ikan	Stesen Persampelan (min $\pm$ sd) ( $\mu\text{g/g}$ )		
		Stesen 1	Stesen 2	Stesen 3
Nilai P: 0.9416	Nilai P: 0.6564	Nilai P: 0.4477		
<b>Usus</b>	<i>O. mossambicus</i>	27.00 $\pm$ 0.01	TK	2.00 $\pm$ 0.05
	<i>P. gonionotus</i>	2.85 $\pm$ 0.02	7.00 $\pm$ 0.05	4.30 $\pm$ 0.10
<b>Insang</b>	<i>O. mossambicus</i>	2.40 $\pm$ 0.11	1.50 $\pm$ 0.04	7.50 $\pm$ 0.10
	<i>P. gonionotus</i>	5.00 $\pm$ 0.04	6.00 $\pm$ 0.02	27.50 $\pm$ 0.01
<b>Otot</b>	<i>O. mossambicus</i>	27.50 $\pm$ 0.10	2.00 $\pm$ 0.10	2.50 $\pm$ 0.03
	<i>P. gonionotus</i>	6.00 $\pm$ 0.05	0.47 $\pm$ 0.02	1.20 $\pm$ 0.06

- Had piawai Zn oleh Akta Makanan (1983) dan Peraturan Makanan (1985); 100.0  $\mu\text{g/g}$
- TK = tidak dapat dikesan
- sd = sisihan piawai

Secara keseluruhannya, hasil kajian mendapati spesies *O. mossambicus* menunjukkan kadar pengumpulan logam berat yang lebih tinggi berbanding *P. gonionotus*. Spesies ikan yang berbeza menunjukkan tahap pengumpulan logam berat yang berbeza, iaitu dipengaruhi oleh faktor tabiat makanan dan habitat spesies ikan tersebut (Ahmad, 1995). Spesies *P. gonionotus* yang tergolong dalam famili Cyprinidae mempunyai tabiat makan tumbuhan vaskular, krustasea, cacing, serangga serta udang kecil. Biasanya, habitat spesies ikan ini banyak tertumpu pada bahagian dasar sistem akuatik air tawar, serta meragut tumbuhan di bahagian dasar tasik dan kolam yang lebih terdedah kepada sedimen, partikel atau zarah terlarut dan tak larut masuk ke dalam mulutnya. Sifat ikan yang menyodok lumpur sedimen untuk mencari sumber makanan juga meningkatkan kadar pengambilan logam berat dalam spesies ini berbanding dengan spesies ikan yang lain, yang hidup berhampiran permukaan atau jasad air. Faktor pergerakan logam berat melalui rantai makanan yang bersifat kumulatif menuju ke paras tropik makanan tertinggi juga mempengaruhi aras kepekatan logam berat yang tinggi. Krustasea, udang-udang kecil dan serangga menggumpul logam dalam tisu badan mereka sebagai unsur surihan, dan apabila organisma ini dimakan oleh *O. mossambicus*, kepekatan logam berat terutamanya Fe dan Cu semakin meningkat dalam tisu ikan berbanding tisu invertebrata tadi. Bagaimanapun, analisis Anova mendapati tidak wujud perbezaan yang signifikan terhadap purata nilai kepekatan antara dua spesies ikan yang berbeza ( $P=0.6975$ ), kecuali aras kandungan kelima-lima logam berat yang menunjukkan nilai perbezaan signifikan ( $P=0.0262$ ).

Setiap bahagian tisu ikan menunjukkan corak dan taburan pengumpulan logam berat yang berbeza (Jaafar & Ashraff, 1988). Ini dipengaruhi oleh spesies ikan, habitat, kedudukannya pada aras tropik, saiz ikan, mekanisma homeostasis dan juga aktiviti metabolisma dan penggunaannya (Paulson & Lundberg, 1980). Namun demikian, kajian ini tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan terhadap purata nilai kepekatan logam-logam berat yang dikaji dalam ketiga-tiga sampel tisu ( $P=0.2523$ ). Salah satu cara kemasukan logam berat ke dalam organisma akuatik adalah melalui sistem pernafasannya iaitu insang, yang merupakan tapak kemasukan logam berat yang paling utama. Segala nutrien, zarah terlarut, jasad air yang mengandungi logam berat serta gas pernafasan yang dapat diserap dan diangkut terus melalui penyerapan medium air, dan akhirnya segala bahan yang tertapis, terlekat serta terkumpul pada tisu insang. Ini termasuklah bahan terampai, sedimen, sebatian organik yang mengandungi logam berat (Miller & Corner, 1970). Ini dapat menerangkan mengapa aras logam berat lebih tinggi pada tisu insang berbanding tisu otot pada ikan.

Stesen 1 (kawalan) yang dipilih, iaitu kawasan paya berhampiran dengan sungai, yang tidak dilengkapi sistem multisel tanah bench Putrajaya, dapat menjelaskan sebab mengapa purata kepekatan logam-logam berat (Cd, Fe, Cu, Zn) adalah tinggi di Stesen 1 (kecuali logam Mn), jika dibandingkan dengan Stesen 2 dan Stesen 3, yang mempunyai rawatan sistem multisel tanah bench, sedangkan effluen dan aliran air adalah daripada punca sungai yang sama, iaitu Sungai Chua dan Sungai Bisa. Menurut Merian (1990), nilai kepekatan logam berat dalam sesuatu kawasan tempat atau habitat yang berbeza menunjukkan taburan pengumpulan logam yang bervariasi tinggi. Taburan kepekatan logam-logam berat yang bervariasi juga dipengaruhi oleh kedudukan geografi, tabiat pengambilan makanan serta tempoh pendedahan pada persekitaran tersebut (Norstrom, *et al.*, 1986).

Daripada analisis data untuk ujian korelasi bagi melihat pengaruh stesen persampelan, iaitu Stesen 1 (kawasan kawalan iaitu paya yang tidak mempunyai sistem multisel tanah bench) dengan Stesen 2 dan Stesen 3 (dilengkapi dengan sistem multisel tanah bench), terhadap kadar pengumpulan kesemua logam berat, menunjukkan hubungkait positif yang signifikan pada aras keertian 5% (Stesen 1,  $r=0.794$ ; Stesen 2,  $r=0.649$ ; dan Stesen 3,  $r=0.503$ ). Korelasi yang signifikan ini menunjukkan kadar pengumpulan logam-logam berat, dengan aras kepekatan yang rendah adalah bersedempadan atau dipengaruhi dengan adanya pemasangan serta keberkesanan sistem multisel tanah bench buatan manusia di Putrajaya, berbanding dengan Stesen 1. Di



samping itu, keberkesanan sistem multisel Putrajaya juga ditentukan dengan menggunakan analisis statistik Anova 2 hala dengan membuat perbandingan ke atas nilai kepekatan logam-logam berat yang dikaji terhadap stesen persampelan yang berbeza. Di mana, kajian mendapati wujudnya perbezaan yang signifikan terhadap purata nilai kepekatan kelima-lima logam berat kajian daripada ketiga-tiga stesen persampelan yang berbeza ( $P=0.0362$ ).

## KESIMPULAN

Hasil penyelidikan dapat dirumuskan seperti berikut:

1. Bagi spesies *Oreochromis mossambicus*, susunan nilai kepekatan logam berat dalam tisu usus (Fe>Mn>Cu>Cd) tertinggi, insang (Fe>Mn>Zn>Cd>Cu) dan otot (Fe>Zn>Cd>Cu) terendah. Manakala logam Mn dalam usus dan otot tidak terkesan.
2. Turutan kepekatan bagi spesies *Puntius gonionotus*, usus (Fe>Mn>Zn>Cu>Cd) tertinggi, insang (Fe>Zn>Mn>Cu>Cd) dan otot (Fe>Zn>Cd>Cu>Mn) terendah.
3. Tahap pengumpulan mengikut stesen persampelan; Stesen 1 (Fe>Zn>Mn>Cu>Cd) tertinggi, Stesen 3 (Fe>Mn>Zn>Cu>Cd) dan Stesen 2 (Fe>Zn>Mn>Cd>Cu) terendah.
4. Logam Cu, Cd dan Zn berada di bawah had piawaian Akta Makanan 1983 & Peraturan Makanan 1985, manakala logam Fe dan Mn didapati melebihi had maksimum tersebut. Namun demikian, aras kepekatan Fe dan Mn tersebut masih di bawah aras ketoksikan haiwan dan manusia, iaitu dalam aras yang selamat.
5. Perbezaan yang signifikan ( $P=0.05$ ) antara nilai kepekatan stesen kajian dan aras kepekatan logam berat yang berbeza manakala spesies dan tisu ikan yang dikaji tidak menunjukkan perbezaan yang bererti ( $P>0.05$ ).
6. Terdapatnya korelasi positif yang signifikan di antara kandungan logam Cd, Cu, Zn, Mn dan Fe dengan kawasan stesen-stesen persampelan yang dikaji.

## RUJUKAN

- Ahmad Abad Kutty. 1995. Status Pencemaran logam berat dan kualiti air Sungai Terengganu dan Sungai Kelantan Semenanjung Malaysia. Tesis S.Sn (Kep.), Fakulti Sains Hayat, UKM.
- AOAC. 1990. Official method of analysis of the association of official analytical chemists. (Ed. Ke-14). Washington D.C.
- Badri, M.A., Mushifah, I., Ahmad, A. & Ismail, A. 1995. Kandungan logam berat dalam ikan di Taman Negara, Malaysia. *Penyelidikan & Pembangunan Sains dan Teknologi : UKM*.
- Bowen, H.J.M. 1979. *Environmental Chemistry of the Elements*. Academic Press, New York-London.
- Choo, W.Y. 1991. Kajian kandungan logam-logam berat kadmium, kuprum, plumbum dan zink di dalam tisu lima spesies ikan di negeri Sabah. Tesis Sm. Sn (Kep.), Jabatan Sains Laut, UKM.
- Chung, P.Y. 2000. Pencemaran logam berat terhadap ikan *Tilapia mossambica* dalam tasik bekas lombong bijih timah : satu kajian kes di Bidor, Perak. Tesis S.Sn (Kep.), Pusat Pengajian Siswazah, UKM.
- Cotzias, G.C., Papavasiliou, P.S., Ginos, J., Steck, A. & Duby, S. 1971. Biological cycles for toxic elements in the environment. *Science*, **176** : 410-412.
- Finch, C.A. & Huebers, H.A. 1982. Perspectives in iron metabolism. *N. Engl. J. Med.*, **306** : 1520-1528.

- Forstner, U. & Wittmann, G.T.W. 1979. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Springer-Verlag, Berlin.
- Gooneratne, S.R. & Howell, J.M. 1980. Creatine, kinase release and muscle changes in chronic copper poisoning in sheep. *Res. Vet. Sci*, **28** : 351-361.
- Hamanaka, T., Hoo, T. & Mishima, S. 1982. Age related change and distribution of cadmium and zinc concentrations in the Steller Sea Lion from the Coast of Hokkaido, Japan. *Marine Pollution Bull.*, **13** : 57-61.
- Jaafar, M. & Ashraf, M. 1988. Selected trace metal concentration in different tissues of fish from Coastal Water in Arabian Sea, Pakistan. *Indian J. Marine Sci.*, **17** : 231-234.
- Julie, M. (2001). Particulate trace metals in surface waters of the North Sea. *Heavy Metals in the Environment*, 137-157.
- Jung, K.D. 1973. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, New York, 28.
- Kieffer, F. 1980. *Proceedings of the International Conference on HMs in the Environment, London*. CEP Consultants Ltd., Edinburgh.
- Lindeman, R.D. & Mills, B.J. 1980. Miner. *Electrolyte Metabolisme*, **3** : 226-236.
- Merian, E. (1990). *Metals and their Compounds in the Environment*. Publisher Inc, New York.
- Miller, A. & Corner, W.H. 1970. *Heavy Metals in Natural Waters : Applied Monitoring and Impact Assessment*. Springer-Verlag, Heidelberg.
- Norstrom, R.J., Schweinsberg, R.E. & Collins, B.T. 1986. Heavy metals and essential elements in liver of the Polar Bear (*Ursus maritimus*) in the Canadian Arctic. *Sci. Total Environ.*, **48** : 195-212.
- Omang, S.H. 1971. Determination of Hg in natural water and efluen flameless atomic absorption spectrophotometry. *Anal. Chim. Act.*, **53** : 415-419.
- Paulson, E. & Lundberg, S.E. 1980. The use of biological indicator organism to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments. *Environ. Pollut.*, **13** : 281-317.
- Rosinah Md. Ali. 1999. Kajian logam berat raksa, ferum, kromium, kadmium, manganum dan aluminium di dalam ikan di Stesen Janakuasa Elektrik Sultan Salahuddin Abdul Aziz, Kapar, Selangor. Tesis Sm.Sn (Kep.), Jabatan Sains Laut, UKM.