

**KANDUNGAN LOGAM BERAT KUPRUM(Cu), FERUM (Fe), ZINK (Zn),
PLUMBUM(Pb), KADMIUM (Cd) DAN KROMIUM(Cr) DALAM IKAN DARIPADA
SUNGAI KINABATANGAN, SABAH.**

FERA @ NONY CLEOPHAS

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS
DENGAN KEPUJIAN**

**PROGRAM SAINS SEKITARAN
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI SABAH MALAYSIA**

APRIL 2008



UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: KANDUNGAN LOGAM BERAT KUPRUM (Cu), FERUM (Fe), ZINK (Zn), PLUMBUM (Pb), CADMIUM (Cd) DAN KROMIUM (Cr) DALAM IKAN DARIPADA SUNGAI KINABATANGAN SABAH
 IJAZAH: SARJANA MUDA SAINS SEKITARAN

SAYA FERA @ NONY CLEOPHAS SESI PENGAJIAN: 2005/2008
 (HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau Kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan Oleh

NURULAIN BINTI ISMAIL

LIBRARIAN

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

fera.

(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: Peti Surat 268,
Kg. Papar, Tambunan,
Sabah.

MISS KAMSIA BUDIN

Nama Penyelia

Tarikh: 21/5/2008

Tarikh: _____

CATATAN:- *Potong yang tidak berkenaan.

**Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa /organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

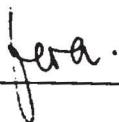
@Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).


UMS
 UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

17 April 2008



FERA @ NONY CLEOPHAS

HS2005-3715



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

DIPERAKUKAN OLEH**Tandatangan****1. PENYELIA**

Cik Kamsia Budin

**2. PEMERIKSA 1**

Dr. Piakong Mohd. Tuah

**3. PEMERIKSA 2**

Dr. Vun Leong Wan

**4. DEKAN**

PROF MADYA DR. SHARIFF A.K OMANG



PENGHARGAAN

Jutaan terima kasih kepada Cik Kamsia Budin selaku penyelia yang telah banyak memberi bantuan dan tunjuk ajar sepanjang proses menjayakan projek ini, Lynita D. Marajin, Bibi Noorarlijannah, Genevieve, Stella, dan Melly selaku rakan seperjuangan yang banyak memberi sokongan, bantuan dan kata-kata dorongan. Sekalung penghargaan juga untuk Khoo Yau Liang, Adrian dan Choi yang telah membantu semasa persampelan dan proses analisis projek ini. Penghargaan juga kepada keluarga dan Mr. Wothy yang banyak memberi sokongan dari segi kewangan. Kepada semua pensyarah sains sekitaran juga yang telah memberi idea secara langsung atau tidak langsung dalam proses analisis dan penulisan disertasi ini, ucapan setinggi-tinggi terima kasih dihulurkan.

ABSTRAK

Kajian terhadap kandungan logam berat kromium (Cr), kuprum (Cu), plumbum (Pb), ferum (Fe), kadmium (Cd), dan zink (Zn) dilakukan kepada ikan yang diperolehi daripada Sungai Kinabatangan. Empat spesis ikan (*Toxotes* sp., *Mystus* sp., *Pangasius* sp. dan *Kryptopterus* sp.) diperolehi daripada dua lokasi persampelan iaitu Sungai Resang(anak sungai Kinabatangan) dan Sungai Kinabatangan (sungai utama). Persampelan dilakukan sebanyak dua kali iaitu semasa musim kering dan musim banjir untuk mengenalpasti perbezaan kepekatan logam berat dalam kedua-dua musim tersebut. Purata berat dan saiz sampel ikan disukat sebelum sampel dibedah untuk mengasingkan organ-organ yang diperlukan untuk analisis. Kandungan logam berat dalam sampel ikan dianalisis dengan menggunakan mesin AAS (Atomic Absorption Spectrometer) selepas proses penghadaman dilakukan dengan menggunakan asid pekat. Keputusan menunjukkan bahawa logam berat Cr, Cu, Pb, Fe, Cd dan Zn mempunyai purata kepekatan maksimum masing-masing pada 2.35 ± 1.83 mg/kg, 1.06 ± 0.2 mg/kg, 1.35 ± 2.03 mg/kg, 28.04 ± 5.39 mg/kg, 0.31 ± 0.22 mg/kg dan 41.7 ± 13.5 mg/kg dalam tisu ikan. Manakala dalam insang ikan logam berat Cr, Cu, Pb, Fe, Cd dan Zn mempunyai purata kepekatan maksimum masing-masing 8.7 ± 3.5 mg/kg, 2.9 ± 1.13 mg/kg, 12.3 ± 4.5 mg/kg, dan 51.4 ± 22.2 mg/kg . logam berat Pb yang dikesan dalam insang ikan melebihi kepekatan maksimum yang dicadangkan oleh Akta Makanan 1983 iaitu 2mgkg^{-1} . Walaubagaimanapun, logam Pb berada di bawah had pengesanan pada tisu ikan. Logam Cr, Cu, Fe dan Zn mempunyai kepekatan dibawah kepekatan maksimum yang dicadangkan oleh Akta Makanan 1983. Kepekatan logam berat dalam insang adalah lebih tinggi berbanding dalam tisu ikan. Analisis statistik korelasi menunjukkan terdapatnya hubungan antara saiz dengan kepekatan logam berat dalam ikan. Analisis t-test menunjukkan musim kering mempunyai min kepekatan logam berat dalam ikan yang lebih tinggi daripada musim hujan. Perbandingan yang dilakukan melalui piawai yang disarankan oleh Akta Makanan 1983 menunjukkan bahawa ikan yang digunakan sebagai sumber makanan oleh penduduk dan haiwan sekitar kawasan kajian boleh memudaratkan kesihatan dalam jangka masa panjang.

CHROMIUM (Cr), COPPER (Cu), LEAD (Pb), IRON (Fe), CADMIUM (Cd) AND ZINC (Zn) CONCENTRATION IN FISHES FROM RIVER OF KINABATANGAN .

ABSTRACT

A study conducted on heavy metal chromium (Cr), copper (Cu), lead (Pb), iron (Fe), cadmium (Cd) and zinc (Zn) concentrations in fishes collected from the River of Kinabatangan. Four spesis of fish (*Toxotes* sp., *Mystus* sp., *Pangasius* sp. and *Kryptopterus* sp.) were found from two sampling site which are Resang river (tertiary of Kinabatangan) Kinabatangan river (main river). Sampling has been conducted at twice to determine the difference concentration of the two seasons. Average weight and fish length were measured before dissected to separate the organs needed for analyzed. The metals were analyzed by AAS (Atomic Absorption Spectrometry) after digestion with concentrated acid. The results shows that maximum concentration of Cr, Cu, Pb, Fe, Cd and Zn in muscle tissues are 2.35 ± 1.83 mg/kg, 1.06 ± 0.2 mg/kg, 1.35 ± 2.03 mg/kg, 28.04 ± 5.39 mg/kg, 0.31 ± 0.22 mg/kg and 41.7 ± 13.5 mg/kg respectively. While in gills, mean concentration of Cr, Cu, Pb, Fe, Cd and Zn are 8.7 ± 3.5 mg/kg, 2.9 ± 1.13 mg/kg, 12.3 ± 4.5 mg/kg, and 51.4 ± 22.2 mg/kg respectively. The results shows that concentration of Pb in gills excelled maximum concentration that were proposed by Malaysia Food Act 1983 which is 2 mg kg^{-1} . However, Pb is below detection limit in fish tissues. Cr, Cu, Fe and Zn show concentration below the standard. Heavy metal concentrations are higher in gills than tissues. Statistical analysis (correlation) showed that there is significant correlation in concentration and size of fish. T-test statistical analysis showed that heavy metal concentration in fish on dry season is higher than wet season. Comparison with the standard of Malaysia Food Act 1983 showed that consumption of the fishes of Kinabatangan River by man could lead to health hazards induced by heavy metals in long term.

KANDUNGAN

Muka Surat

PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI FOTO	xi
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Latar belakang kajian	3
1.3 Skop Kajian	4
1.5 Objektif Kajian	4
 BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN	 6
2.1 Pengenalan am kepada struktur asas ikan	6
2.2 Logam berat	9
2.2.1 Zink	9
2.2.2 Kadmium	10
2.2.3 Plumbum	11
2.2.4 Kuprum	12
2.2.5 Ferum	12
2.2.6 Kromium	13
2.3 Proses kehadiran logam berat dalam persekitaran akuatik	13
2.3.1 Tahap kepekatan logam yang sesuai dalam persekitaran akuatik	14
2.3.2 Pengaruh kualiti air terhadap taburan logam dalam persekitaran akuatik	15

2.4	Faktor yang mempengaruhi kepekatan logam dalam ikan.	17
2.4.1	Jantina dan kadar metabolisme ikan	18
2.4.2	Tabiat pemakanan ikan	19
2.4.3	Sifat logam yang persisten	20
2.5	Kesan toksik logam berat terhadap fasa dalam kitaran hidup ikan	21
2.5.1	Kesan terhadap biokimia dan struktur sel ikan	22
2.5.2	Kesan terhadap ikan juvana dan ikan dewasa	22
2.6	Mekanisme toleransi dan akumulasi logam berat dalam ikan	24
2.7	Ketoksikan logam berat terhadap ikan	26
2.8	Kesan toksik logam berat terhadap manusia	29
BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH		31
3.1	Persampelan	31
3.2	Maklumat ikan	33
3.3	Penyediaan sampel ikan	35
3.4	Penghadaman sampel	35
3.5	Penentuan kandungan logam berat	36
3.6	Pengolahan data	37
BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN		39
4.1	Kandungan logam berat dalam tisu dan insang ikan	39
4.2	Faktor yang mempengaruhi kandungan logam berat dalam ikan	50
4.2.1	Perubahan musim	50
4.2.2	Jenis tisu	52
4.2.3	Saiz organisma	54
4.2.4	Jenis spesis	56
BAB 5 KESIMPULAN		59
RUJUKAN		61
LAMPIRAN		71

SENARAI JADUAL

No. Jadual	Muka surat
2.1 Kandungan kadmium yang diluluskan oleh EPA dalam persekitaran air tawar	11
2.2 Kandungan plumbum yang diluluskan oleh EPA dalam persekitaran air tawar	12
2.3 Kriteria logam berat yang dicadangkan oleh CCME, EPA dan INWQS	15
2.4 Fasa-fasa yang sensitif terhadap bahan pencemar dalam kitaran hidup ikan	21
4.1 Analisis statistik (t-test) faktor musim terhadap kepekatan logam	51
4.2 Keputusan analisis (t-test) pengaruh jenis tisu terhadap kepekatan logam	53
4.3 Nilai koefisien korelasi linear (r) antara saiz badan dengan kepekatan logam berat.	55
4.4 Analisis statistik (ANOVA) pengaruh jenis tisu kepada kepekatan logam	57

SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka surat
2.1 Struktur asas morfologi ikan	7
2.2 Struktur utama insang ikan	8
3.1 Ringkasan gerak kerja analisis logam dalam makmal	38
4.1 (a) Kepekatan Cr pada musim kering	40
(b) Kepekatan Cr pada musim hujan	40
4.2 (a) Kepekatan logam Cu pada musim kering	42
(b) Kepekatan logam Cu pada musim hujan	42
4.3 (a) Kepekatan logam Pb pada musim kering	44
(b) Kepekatan logam Pb pada musim hujan	44
4.4 Kepekatan logam Fe pada musim kering	45
4.5 Kepekatan logam Fe pada musim hujan	46
4.6 (a) Kepekatan logam Cd pada musim kering	47
(b) Kepekatan logam Cd pada musim hujan	47
4.7 (a) Kepekatan logam Zn pada musim kering	49
(b) Kepekatan logam Zn pada musim hujan	49

SENARAI FOTO

No. Foto	Muka Surat
3.1 Lokasi persampelan pertama (Sungai utama Kinabatangan)	32
3.2 Lokasi persampelan kedua (Sungai Resang)	32
3.3 <i>Kyptoterus</i> sp.	33
3.4 <i>Pangasius</i> sp.	33
3.5 <i>Mystus</i> sp.	34
3.6 <i>Toxotes</i> sp.	34

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Pencemaran logam berat ke dalam persekitaran akuatik merupakan krisis alam sekitar yang tidak asing lagi. Logam berat telah lama digunakan dalam pelbagai manusia sejak sekian lama. Walau bagaimanapun kesedaran terhadap kesan dan pencemaran logam berat masih berada di tahap yang minimum berdasarkan pembangunan dan populasi manusia yang meningkat.

Dalam konteks pencemaran persekitaran, logam boleh dibahagikan kepada tiga kriteria utama iaitu logam tidak kritikal, logam toksik yang tidak larut dan jarang hadir dan logam toksik dan banyak digunakan (Forstner & Wittmann 1981). Tidak seperti pencemar organik yang boleh hilang kesan ketoksikannya akibat proses biodegradasi, logam tidak didegradasi dan kesan ketoksikannya boleh kekal lama di persekitaran (Clark, 1992), manakala sesetengah logam berat seperti merkuri dan kadmium diketahui mempunyai kesan toksik walaupun pada kepekatan yang rendah (Forstner & Wittman 1981).

Pencemaran logam berat ke dalam habitat organisma akuatik mengancam kemandirian organisma akuatik yang mendiami habitat tersebut. Habitat organisma akuatik adalah kompleks dan sangat luas. Ciri-ciri fizikal dan kimia air pada sungai ataupun tasik berbeza mengikut musim ataupun iklim (Shah & Altindag, 2005). Selain itu, sisa pembuangan daripada aktiviti manusia seperti penggunaan air dan tanah untuk industri dan sebagainya, mencemarkan persekitaran akuatik. Ikan hidup dalam keseimbangan antara persekitaran luar dengan persekitaran dalam dan harus mengadaptasikan mekanisme fisiologikal dan biokimia untuk menyeimbangkan *status quo* dalam mereka (Pandey & Sandhu, 1992). Kapasiti organisma akuatik untuk beradaptasi dengan perubahan yang dilakukan oleh manusia adalah terhad dan kesan toksik bahan pencemar mengancam semua tahap dalam organisasi hidup, daripada sel kepada organisma, termasuk proses biokimia dan ketulenan sel, fisiologi organ, pertumbuhan dan pembiakan (Fernandes & Mazon, 2003).

Kawasan kajian ini terletak di sekitar sungai Kinabatangan, Sabah di antara latitud dan longitud N 05 33.539' E 118 19.460'hingga N 05 33.516' E 118 20.276'. Sungai ini merupakan salah satu sumber pendapatan penduduk yang tinggal di sekitarnya melalui perikanan, pengangkutan dan pelancongan. Di sekitar sungai ini terdapat terdapat beberapa kawasan perumahan, ladang kelapa sawit dan hutan simpan. Kawasan kajian meliputi sungai utama iaitu sungai Kinabatangan dan sungai Resang iaitu anak sungai yang mengalir daripada kawasan penanaman kelapa sawit dan bercantum sungai utama. Dua lokasi persampelan terletak pada sungai Resang dan dua lokasi persampelan terletak pada sungai utama. Persampelan dilakukan sebanyak dua kali iaitu selepas musim banjir dan semasa banjir. Pencemaran logam berat ke dalam persekitaran akuatik di sungai kinabatangan adalah

diperdayai berpunca daripada penggunaan racun perosak ataupun kilang pemprosesan kelapa sawit yang dijalankan di kawasan berkenaan. Selain itu, bot-bot berenjin yang digunakan sebagai pengangkutan dan pelancongan adalah salah satu punca pencemaran logam berat seperti plumbum. Oleh itu pemuliharaan serta pemantauan yang berterusan adalah perlu untuk memastikan habitat organisma akuatik dalam kawasan ini tidak terjejas dengan pencemaran logam berat dan selamat untuk dijadikan sumber makanan bagi penduduk di sekitar.

1.1 Latar Belakang Kajian

Penyelidikan tentang kandungan logam berat dalam ikan daripada kawasan sungai Kinabatangan masih kurang dijalankan. Terdapat beberapa kawasan pertanian di sekitar sungai tersebut yang giat dalam penanaman kelapa sawit. Selain itu, kawasan ini juga merupakan kawasan yang giat dalam industri pelancongan yang menggunakan bot berenjin sebagai pengangkutan utama. Beberapa ekologi pada bahagian hulu sungai tersebut telah digangu dengan pemusnahan hutan dan pembalakan yang dilakukan tidak lama dahulu. Sejurus dengan pembangunan dan kemajuan industri pertanian dan pelancongan, pencemaran logam berat banyak berlaku terhadap hidupan liar daripada kawasan ini. Walaubagaimanapun, sebahagian besar kawasan perlindungan hidupan liar masih berada dalam keadaan semulajadi dan mengandungi populasi haiwan liar yang terbesar di kepulauan Borneo. Memandangkan kawasan kajian (Sukau Kinabatangan) merupakan kawasan perlindungan kepada hidupan liar dan habitat mereka, maka kajian terhadap beberapa pencemaran logam berat dalam ikan daripada beberapa spesis ikan daripada

kawasan tersebut dijalankan untuk mengetahui impak kegiatan-kegiatan pertanian dan pelancongan di kawasan tersebut.

1.3 Skop Kajian

Skop kajian ini adalah penentuan kandungan logam berat Cr, Cu, Pb, Fe, Cd dan Zn dalam tisu dan insang beberapa spesis ikan yang diperolehi daripada kawasan kajian iaitu ikan patin (*Pangasius sp.*), ikan lais (*Kryptopterus sp.*), sumpit (*Toxotes sp*) dan ikan Baung (*Mystus sp.*).

1.4 Objektif Kajian

Kajian ini bertujuan untuk menilai status kepekatan logam berat dalam organ ikan samada ia masih selamat untuk dimakan. Objektif kajian ini adalah untuk :

- Mengkaji status kepekatan logam berat Cr, Cu, Pb, Fe, Cd dan Zn di dalam organ seperti tisu dan insang ikan yang diperolehi daripada beberapa lokasi persampelan di sepanjang sungai Kinabatangan.
- Membandingkan tahap dan menentukan samada kandungan logam berat Cr, Cu, Pb, Fe, Cd dan Zn dalam ikan yang dianalisis mematuhi garis panduan jumlah kandungan logam pencemar yang dibenarkan dalam Akta Makanan 1983.

- Mengkaji pengaruh musim, jenis tisu dan spesis terhadap kepekatan logam berat dalam ikan.
- Mengkaji hubungan antara berat dan saiz badan sampel ikan terhadap kepekatan logam berat.

BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

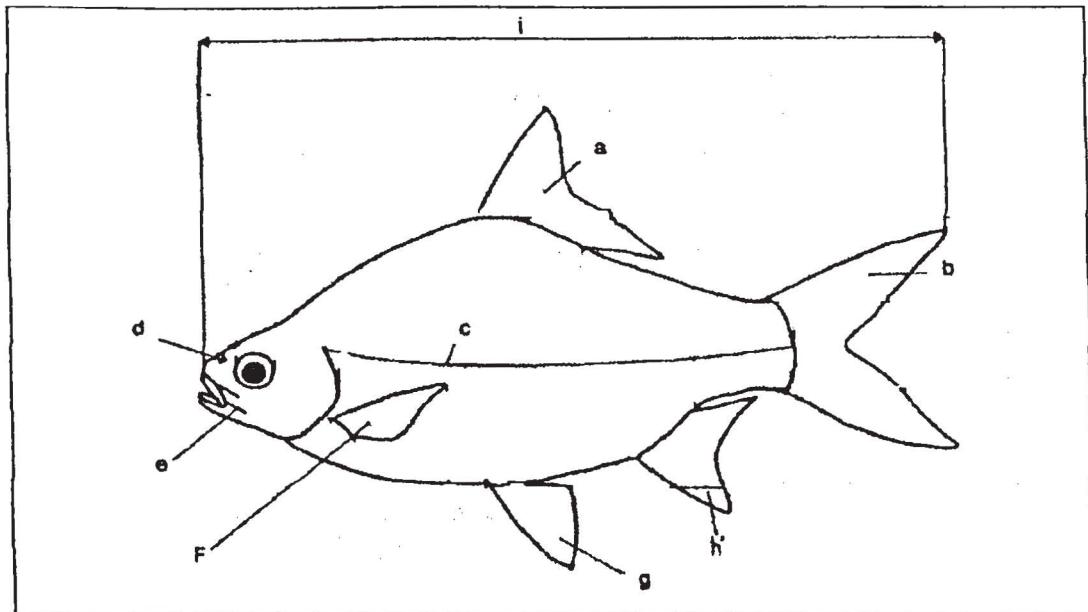
2.1 Pengenalan Am kepada Struktur Asas Ikan.

Ikan adalah haiwan vertebrata atau haiwan bertulang belakang yang hidup dalam air. Ikan bernafas dengan menyerap oksigen terlarut dalam air melalui insang dalaman yang ditutupi oleh penutup insang. Ikan melakukan pelbagai ubahsuaian di dalam jasad air tawar tropika yang dihuninya. Keupayaan jasad air untuk menampung oksigen terlarut adalah rendah disebabkan sungai dan tasik di kawasan tropika mempunyai suhu air agak tinggi (M. Zakaria Ismail, 2003).

Ikan merupakan salah satu indikator yang sesuai untuk menilai pencemaran alam sekitar, samada melalui kajian pemonitoran ataupun aspek praktikal (Palackova & Adamek, 1994). Kulit, tisu dan insang merupakan organ-organ yang bersentuhan dengan persekitaran. Insang, selain daripada sebagai organ pernafasan, ia merupakan organ yang boleh menghalang bahan pencemar daripada memasuki organ badan organisma akuatik akuatik. Oleh itu, insang merupakan sistem pertama yang menerima kesan daripada bahan pencemar. Logam berat boleh menyebabkan perubahan pada struktur insang dan organ

dalam yang lain. Perubahan pada struktur insang yang disebabkan oleh bahan toksik secara langsung atau tidak langsung akan menganggu sistem pertukaran gas, pengaturan ion, keseimbangan asid dan bes dan penyingkiran bahan bernitrogen organisma tersebut (Fernandes & Mazon, 2003)..

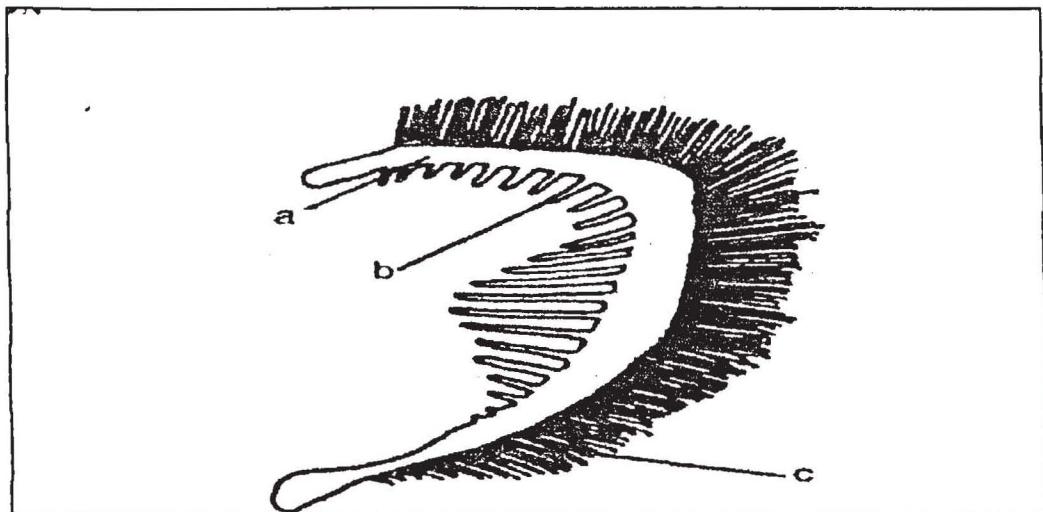
Struktur-struktur morfologi yang utama pada badan ikan adalah sirip dorsal, sirip caudal, garis lateral, lubang pernafasan, barbel ,sirip pektoral,sirip pelvik dan sirip anal. Ikan menggunakan struktur-struktur ini untuk melakukan pergerakan dan mencari makanan (Roberts, 1989). Rajah 2.1 menunjukkan struktur asas morfologi ikan air tawar di kawasan perairan air tawar di Borneo



Rajah 2.1 Struktur asas morfologi ikan (a) sirip dorsal (b) sirip caudal (c) garis lateral
 (d) lubang pernafasan (e) barbel (f) sirip pektoral (g) sirip pelvik (h) sirip anal
 (i) panjang badan (Sumber daripada Robert ,1989).

Ikan mempunyai insang yang membolehkan ia menyerap oksigen yang terlarut dalam air. Insang ikan mempunyai bukaan yang terdapat pada rongga yang mengandungi insang. Bukaan ini merupakan jalan keluar air yang ditelan setelah melalui insang (M. Zakaria Ismail, 2003). Filamen insang ialah suatu struktur berbentuk halus yang tersusun secara berbaris di bahagian luar lengkung insang. Filamen ini berfungsi untuk menyerap oksigen yang larut dalam air. Lengkung insang merupakan tulang yang menyokong filamen insang. Sisir insang merupakan struktur yang terdapat pada permukaan dalam lengkung insang. Adakalanya struktur ini sangat panjang bagi membolehkannya digunakan sebagai alat penapis sebelum air mengalir ke filamen insang. Terdapat jenis ikan yang menggunakan struktur ini untuk memerangkap makanan yang terdapat dalam air (Honders, 1975).

Gambarajah 2.2 menunjukkan struktur asas insang ikan.



Rajah 2.2 Struktur utama insang ikan (a) lengkung insang (b) Sisir insang
(c) Filamen insang.

2.2 Logam berat

Logam berat adalah logam yang mempunyai berat atom melebih Natrium dan mempunyai ketumpatan melebih 5 g/cm^3 (Mohd. Noor Ramlan, 1998). Logam berat merupakan bahan yang toksik walaupun hadir pada kepekatan yang rendah dalam persekitaran (Botkin & Keller, 2005). Logam berat lazimnya mempunyai kesan toksik secara langsung dan secara semulajadi ia merupakan bahan kimia yang boleh berakumulasi dalam tisu haiwan dan meningkatkan kepekatananya (Botkin & Keller, 2005).

2.2.1 Zink

Zink dikategorikan dalam bahan logam yang toksik apabila melebihi tahap optimum (E Schnauer & Stoeppler, 1992). Walaubagaimanapun, secara umum zink adalah kurang toksik berbanding dengan logam berat yang lain kerana manusia boleh toleran dengan kepekatan zink yang tinggi dalam tubuh (Mohd Noor Ramlan, 1998). Zink mempunyai berat atom 65.4, nombor atom 27, ketumpatan 7.1, suhu lebur 420°C , dan suhu didih 907°C . Zink merupakan logam yang agak lembut dan mudah bertindak balas dengan bahan-bahan inorganik yang biasanya digunakan dalam industri. Zink mempunyai nombor pengoksidaan 2^+ dan mempunyai tarikan yang kuat untuk bertindakbalas dengan asid, alkali dan sebatian inorganik (Ohnesorge & Wilhem, 1991).

2.2.2 Kadmium

Kadmium yang wujud dalam air dalam bentuk ion Cd²⁺ merupakan ion yang toksik (Laws, 1993). Kadmium merupakan elemen yang ke 67 terbanyak dalam kerak bumi. Kadmium mempunyai nombor atom 48, jisim atom 112.4, ketumpatan 8.64g/cm³, takat lebur 320.9° C: takat didih 767 °C. kadmium dikategorikan sebagai logam berat dalam kumpulan kedua dalam jadual berkala. Logam kadmium, adalah larut dalam asid nitrik, larut perlahan dalam asid hidroklorik dan asid sulfuric. Penentuan kadmium melalui AAS, biasanya dijalankan dengan resonance line yang paling sensitif iaitu 228.8nm. Kadmium tidak larut dalam larutan neutral (*basic*).

Berdasarkan kajian terdahulu, kadmium tidak diperlukan dalam nutrient tumbuhan, haiwan ataupun manusia. Pengambilan dos yang tinggi oleh kadmium boleh mengakibatkan kesan toksik kepada organisma yang menghadam ataupun terdedah (Stoeppler, 1992). Dalam persekitaran akuatik, organisma mikro boleh mengumpulkan kadmium dalam kuantiti yang agak besar bergantung kepada keadaan ekologi dan ia juga memainkan peranan penting di dalam peralihan kadmium daripada air kepada sediment terutamanya apabila terdapat banyak bahan organik (Mohd Noor Ramlan, 1998). Pemeruapan kadmium daripada sisa air larian daripada kawasan pertanian boleh menyebabkan pencemaran air (laws, 1993). Jadual 2.1 merupakan kandungan kadmium yang disarankan dalam kriteria kualiti air oleh EPA (Environmental Protection Agency), untuk memelihara dan memulihara organisma akuatik air tawar.

Jadual 2.1 Kandungan kadmium yang diluluskan oleh EPA dalam persekitaran air tawar (Sumber daripada Laws, 1993)

Air tawar	Kriteria Kepekatan yang berterusan (ppb)	Kriteria kepekatan maksimum (ppb)
50 mg/L CaCO ₃	0.66	1.8
100 mg/L CaCO ₃	1.1	3.9
200 mg/L CaCO ₃	2.0	8.6

2.2.3 Plumbum

Dalam keadaan semulajadi, plumbum wujud bersama-sama dengan zink dan kuprum di dalam bijih polimetalkik. Plumbum yang wujud dalam keadaan tetraetil dalam ekosistem akuatik adalah tidak toksik kepada organisma akuatik kecuali apabila penukaran plumbum tetraetil kepada plumbum trietyl berlaku. Terdapat kajian yang menunjukkan bahawa organisma akuatik seperti *Poterioochromonas malhamensis* boleh menukar plumbum tetraetil kepada plumbum trietyl yang merbahaya dan toksik (Mohd Noor Ramlan, 1998). Plumbum mempunyai nombor atom 82, jisim molar 207.19 dan berada pada kumpulan empat pada jadual berkala. Plumbum mempunyai ketumpatan 11.34g/cm³, takat lebur 327.5 C dan takat didih 1740 C. Dalam sebatian inorganik, plumbum mempunyai nombor pengoksidaan +2. Pb(II), plumbum oksida dan plumbum sulfida merupakan sebatian yang tidak larut dalam air (Ewers & Schlipkötter, 1991). Jadual 2.2 merupakan kepekatan plumbum yang dibenarkan dalam air tawar oleh EPA 1985.

Jadual 2.2 Kepekatan plumbum dalam kriteria kualiti air yang dibenarkan oleh EPA (Sumber daripada Laws, 1993).

Air tawar	Kriteria Kepekatan yang berterusan (ppb)	Kriteria maksimum (ppb)	kepekatan
50 mg/L CaCO ₃	1.3	34	
100 mg/L CaCO ₃	3.2	82	
200 mg/L CaCO ₃	7.7	200	

2.2.4 Kuprum

Kuprum diperlukan dalam kuantiti yang sedikit, bukan sahaja kepada manusia tetapi juga kepada organisma peringkat rendah. Apabila elemen kuprum melebihi paras optimum, kuprum akan memberikan kesan toksik kepada organisma bergantung kepada kepekatan, pendedahan, spesies organisma, diet dan keadaan individu (Mohd Noor Ramlan, 1998). Metabolisme kuprum adalah kompleks kerana fungsinya yang pelbagai dan interaksinya terhadap logam-logam surih lain seperti Mo, Zn, Fe, Co, dan ion sulfat (Buck, 1978). Kehadiran Cu dalam badan ikan, boleh menyingkirkan logam Cd melalui tindakan metallothioneins iaitu protein pengikat logam (Klaverkamp *et al.*, 1984).

2.2.5 Ferum

Ferum mempunyai nombor atom 26 dan jisim molar 55.8. ferum mempunyai ketumpatan 7.9g/cm³, takat lebur 1535 °C dan takat didih yang sangat tinggi iaitu hampir 3000 °C. ferum merupakan logam yang reaktif, tetapi stabil pada udara kering dan air yang bebas

RUJUKAN

- Alabaster, J.S. & Lloyd, R. 1980. *Water quality criteria for freshwater fish. For the Food and Agricultural Organisation*. United Nations. Butterworths
- Almeida, J.A., Noveilli, E.L.B., Silva, D.P.M., & Alves Junior, R. 2001. Environmental Cadmium Exposure and Metabolic Responses of The Nile Tilapia, Oreochromis niloticus. *Journal of Environmental Pollution*. 114 (2). Ms 169-175.
- American Public Health Association (APHA). 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. Ed ke 8. Alpha, New York.
- Botkin, D.B., & Keller, E.A. 2005. *Environmental Science*. Ed. Ke-5. John Willey & Sons, United States of America.
- Bruschweiler, B.J., Würgler, F.E., & Fent, K. 1996. Inhibitory Effects of Heavy Metals on Cytochrome P4501A Induction in Permanent Fish Hepatoma Cells. *Journal of Environmental Contamination Toxicology*. 31(2). ms 475-482.
- Bryan, G.W. 1976a. Some Aspect of heavy metal tolerance in aquatic organisms. Dlm: Lockwood, A. (pnyt). *Effects of pollutants on aquatic organisms*. Cambridge University Press, New York.
- Bryan, G. W. 1976b. Heavy metal contamination in the sea. Dlm: R. Johnston, (pnyt). *Marine pollution*. Academic Press, New York and London.
- Buck, W. 1978. Copper/ Molybdenum toxicity in animals. Dlm: Oehme, F.W (pnyt). *Toxicity of heavy metals in the environment*. Marcel Dekker, New York.

Campbell, P.G.C. 1995. Interaction Between Trace Metals and Aquatic Organisms; A Critical of the Free Ion Activity Model. Dlm: Teisser, A.,& Turner, D.R, (pnyt) *Metal Speciation and Bioavailability in Aquatic Systems*. John Willey & Sons, New York.

Clarke, D.J., Goerge, S.G., & Burchell, B. 1991. Glucuronidation in Fish. *Journal of Aquatic Toxicology*. 20 .ms 35-36.

Chhatwal, G.R. 1996. *Encylopedia of Environmental Water Pollution*. Ed. ke-2. Anmol, India.

Colborn, T., Dumanoski, D. & Myers, J.P. 1996. *Our Stolen Future*. Dutton publication, New York.

de Groot,A.J. 1995. Metals and sediments : a global prespective. Dlm: Allen, H.E (pnyt). *Metal Contaminated aquatic sediments*. Ann Arbor Press, United states of America.

Ewers, U. & Schlipkötter, H. 1991. Lead. Dlm: Merian, E. (pnyt.). *Metals and their compounds in the environment*. VCH, Germany.

Eschnauer, H.R, & Stoeppler, M. 1992. Wine – An Enological specimen bank. Dlm: Stoeppler, M (pnyt). *Hazardous Metals in The Environment*. Elsvier, Netherlands.

Fernandes, M. F. & Mazon, A, F. 2003. Environmental Pollution and Fish Gill Morphology. Dlm: Val, A.L & Kapoor, B.G. (pnyt.) *Fish Adaptation*. Science Publishers, United States of America.

Forlin,L. & Wachtmeister,C.A. 1989. Fish bile analysis for monitoring. Dlm: Landner, L (pnyt). *Chemicals in the aquatic environment*. Springer-Verlag, Germany.

Forstner, U. & Wittman, G.T.W. 1981. *Metal pollution in the aquatic environment.* Springer-Verlag, New York.

Friberg, L., Piscator,M., Nordberg, F., & Kjellstrom,T. 1974. *Cadmium in the environment.* CRC, Cleveland, U.S.A.

Gaughlhofer,J. & Bianchi, V. 1991. Chromium. Dlm: Merian, E. (pnyt.). *Metals and their compounds in the environment.* VCH, Germany.

Goerge, S.G. 1994. Enzymology and Molecular Biology of Phase II Xenobiotic-conjugating Enzymes in Fish. Dlm: Malins, D.C., & Ostrander, G.K. (pnyt) *Aquatic Toxicology: Molecular, Biochemical, and Cellular Perspectives.* Lewis, Boca Raton.

Guven, K., Ozbay, C., Unlu, E., & Satar, A. (1999). Acute Lethal Toxicity and Accumulation of Copper in Gammarus pulex (L.) (Amphipoda). *Turkish Internet Journal of Biology.* 23. 513–521.

Hapke, H.J. 1991. Effects of Metals on Domestic animals. : Merian, E. (pnyt.). *Metals and their compounds in the environment.* VCH, Germany.

Hodson, P.V, Borgmann, U. & Shear, H. 1979. Toxicity of Copper to Aquatic Biota. Dlm: Nriagu, J.O; (pnyt). *Copper in The environment: Part II.: health effect.* John Wiley & Sons, New York.

Hofer, R., Pittracher, H., Kock, G. & Weyrer, S. 1994. Metal accumulation by Arctic char (*Salvelinus a. alpinus*) in remote acid alpine lake. Dlm: Muller,R. & Lloyd,R.. *Sublethal and Chronic Effects of Pollutants on Freshwater Fish.* FAO, Great Britain.

Honda, K., Tatsukawa, R., Itano, K., Miyazki, N. & Fujiyama, T. (1983). Heavy metals concentrations in muscle, liver and kidney tissue of stripped dolphin Stenella Coeruleoab and their variations with body lengths, weight, age and sex. *Journal of Agriculture Biology and Chemistry*. 47. 1219-1228.

Honders, J. 1975. *The World of Fishes*. Peebles Press, New York.

Huebers,H.A. 1991. Iron. Dlm : Merian, E. (pnyt.). Metals and their compounds in the environment. VCH, Germany.

Iivonen,P., Piepponen, S. & Verta, M. 1992. Factors affecting trace-metal bioaccumulation in Finnish headwater lakes. *Journal of Environmental Pollution*. 78. Ms 87-95.

Jacques Arrignon. 1999. Management of freshwater fisheries. Science publishers, United states of America.

Jensen, A.A. (1984). Metabolism and Toxicokinetics. Dlm: Grandjean, P (pnyt.). Biological effects of Organolead Compounds. CRC Press, Florida.

Jushery Bin Johari. 2002. *Taburan logam berat Cd, Cu, Pb dan Fe di Dalam Beberapa jenis organ ikan spesis ikan tilapia Oreochromis Mossambicus* (Tesis Sm.sn), Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu (Tidak diterbitkan).

Klaverkamp, J.F., Macdonald, W.A, Duncan, D.A., & Wagemann, R. 1984. Metallothionein and acclimation to heavy metals in fish: a review. Dlm: Cairns, V.W. (pnyt). *Contaminant Effects on Fisheries*. Wiley, New York.

Kock, G., Hofer, R., & Wograth, S. 1995. Accumulation of Trace Metals (Pb, Cd, Cu, Zn) in Arthic char (*Salvelinus alpinus*) from Oligotrophic Alpine Lakes: Relation to Lake Alkalinity. *Canadian Journal Fish Aquatic Science*. 52. Ms 2367-2376.

- Kock, G., Noggler, M. & Hofer, R. 1996. Pb in Otoliths and Opercula of Artic Char (*Salvelinus alpinus*) From Oligotrophic Lakes. *Journal of Water Resources*. 30(2), ms1919-1923.
- Kock, G., & Hofer,R. 1998. Origin of Cadmium and Lead in Clear Softwater Lakes of High Altitude and Their Bioavailabilty and Toxicity to Fish. Dlm: Braunbeck, T., Hinton, D.E, Streit. B.(pnyt) *Fish Ecotoxicology*, Birkhauser Verlag Basel, Switzerland.
- Lai ,C.M . 2003. *Kepekatan logam berat Zink dan Kuprum dalam ikan daripada tasik SST*. (Tesis Sm.sn), Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu (Tidak diterbitkan).
- Laws, E.A. 1993. *Aquatic Pollution : an Introductory Text*. Ed ke-2. John Willey & Sons, New York.
- Linnik, P.M. & Zubenko, I.B. 2000. Role of Bottom Sediments in the Secondary Pollution of Aquatic Environments by Heavy-Metal Compounds. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*. 5. Ms 11-21.
- Lock, R.A.C., Balm, P.H.M, & Bonga, W.S.E. 1994. Adaptation of freshwater fish to toxicants: stress mechanisms induced by branchial malfunctioning. Dlm: Muller,R. & Lloyd,R.. *Sublethal and Chronic Effects of Pollutants on Freshwater Fish*. FAO, Great Britain.
- M. Shuhaimi Othman & Muhd Barzani Gasim. 2005. Heavy Metals Concentrations in Water of Sungai Semenyih Watershed, Selangor. *Sains Malaysiana*. 34(2). Ms 49-54.
- M. Zakaria Ismail. 2003. *Ikan*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.

Malaysia. 2001. *Food act 1983 and food regulations 1985 : details on food regulations amendments from 1989 to January, 1994 : all amendments up to January 1994.* MDC, Kuala Lumpur.

Masnado R. G., Geis S. W. and Sonzogni W. C. 1995. Comparative acute toxicity of a synthetic mine effluent to ceriodaphnia-dubia, larval fathead minnow and the freshwater mussel anodonta-imbecilis. *Environ. Toxicol. Chem.* **14**. Ms 1913-1920.

Mason, C.F. 1996. *Biology of Freshwater Pollution*. Ed. ke-3. Longman, Singapore.

McDonald ,D. G.,& Wood, C. M. 1993 Branchial mechanisms of acclimation to metals in freshwater fish. Dlm : Rankin, J.C. & Jensen, F.B. *Fish Ecophysiology* . Chapman & Hall, London, UK.

Miller-Ilhi,N.J. 1992. Chromium. Dlm: Stoppler, M (pnyt). *Hazardous Metals in the environment*. Elsvier, Netherlands.

Mohd Noor Ramlan. 1998. *Logam Berat: Punca dan kesan pencemaran*. Biroteks, Selangor Darul Ehsan.

Moinseenko, T.I. & Kudryavtseva, L.P. 2001. Trace Metal Accumulation and Fish Pathologies in Areas Affected by Mining and Metallurgical Enterprises in the Kola Region, Russia. *Journal of Environmental Pollution*. **114** (2). Ms 285-297.

Moore, J. W. 1991. Inorganic Contaminants of Surface Water: Research and Monitoring Priorities. Springer-Verlag, Berlin, New York.

Morgan, J.J. & Stumm, W. 1991. Chemical Processes in the Environment, Relevance of Chemical Speciation. Dlm : Merian, E. (pnyt.). Metals and their compounds in the environment. VCH, Germany.

Muller,R. & Lloyd,R. 1994. *Sublethal and Chronic Effects of Pollutants on Freshwater Fish.* FAO, Great Britain.

Murphy, P.G. (1971) The effect of size on the uptake of DDT from water by fish. *Bull. Environmental Contaminant Toxicology*. 6. Ms 20-23.

Obasohan, E.E. Oronsaye, J.A.O. and Obano, E.E. 2006. Heavy metal concentrations in *Malapterurus electricus* and *Chrysichthys nigrodigitatus* from Ogba River in Benin City, Nigeria. *African Journal of Biotechnology* 5 (10). 974-982.

Ohnesorge, F.K. & Wilhelm, M. 1991. Zinc. Dlm: Merian, E. (pnyt.). *Metals and their compounds in the environment.* VCH, Germany.

Oze ,G., Oze ,R., Anunuso, C., Ogukwe, C., Nwanjo, H., & Okorie, K. 2006. Heavy Metal Pollution Of Fish Of Qua-Iboe River Estuary: Possible Implications For Neurotoxicity. *The Internet Journal of Toxicology*. 3 (1).

Palackova, J. & Adamek, Z. 1994. The use of methaemoglobin concentration to measure sublethal effects in fish. Dlm: Dlm: Muller,R. & Lloyd,R.. *Sublethal and Chronic Effects of Pollutants on Freshwater Fish.* FAO, Great Britain.

Pandey, A.K., & Sandhu, G.S. 1992. Effect of pollution on Fishes. Dlm: Arora, C.K. (pnyt). *Encyclopedia of fishes and Fisheries of India.* Anmol, India.

Pardue,J.H., & Patrick, W.H. 1995. Changes in Metal Speciation Following Alteration of sediment redox status. Dlm: Allen, H.E. (Pnyt). *Metal Contaminated in Aquatic Sediments.* Ann Arbor Press, United States of America.

Part, P. 1989. Bioavailability and Uptake of Xenobiotics in Fish. Dlm: Landner, L.(pnyt). *Chemicals in The Aquatic Environment : Advanced hazard assessment.* Springer-Verlag, Germany.

Peganova, S., & Eder, K. 1991. Zinc. Dlm: Merian, E., Anke, M., Ihnat, M. & Stoeppler, M. (pnyt) *Elements and Their Compounds in the Environment: Occurrence, Analysis and Biological Relevance*. Ed. ke-2. Willey-VCH, Republic of Germany.

Pelgrom, S.M.G.J., Lamers, L.P.M., Haaijman, A., Balm, P.H.M., Lock, R.A.C., & Bonga, W.S.E. 1994. Interactions Between Copper and Cadmium during single or Combined metal exposures in the teleost fish *Oreochromis mossambicus* : heavy metal accumulation and endocrine events. Dlm: Muller,R. & Lloyd,R.. *Sublethal and Chronic Effects of Pollutants on Freshwater Fish*. FAO, Great Britain.

Playle, R.C., Gensemer, R.W., & Dixon, D.G. 1992. Copper Accumulation of Gills of Fathead Minnows: influence of Water Hardness, complexion and pH of the Gills Micro-environment. *Journal of Environmental Toxicology Chemistry*. 11. ms 381-391.

Rao, L. M., & Padmaja, G. 2000. Bioaccumulation of heavy metals in M. cyprinoids from the harbor waters of Visakhapatnam. *Bulletin of pure and applied sciences*. 19(2). Ms 77-85.

Roark, S. & Brown, K. 1996. Effects of Metal Contamination from Mine Tailing on Allozyme Distributions of Population of Great Plain Fishes. *Environmental Toxicology & Chemistry*. 15(6). Ms 921-927.

Roberts, T.S. 1989. *The freshwater Fishes of Western Borneo (Kalimantan barat Indonesia)*. California academic of sciences, San Francisco.

Shah, S.L. and Altindag, A. 2005. Effects of heavy metal accumulation on the 96-h LC₅₀ values in Tench *Tinca tinca* L., 1758. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 29, pp. 139-144.

Sindermann, C.J. 2006. *Coastal pollution: Effects on Living Resources and Humans*. CRC Press, United States of America.

Singh, J.G., Chang-Yen, I., Stoute, V.A., & Chatergoon, L. 1991. Distribution of heavy metal in skin and muscle of five tropical marine fishes. *Journal of Environmental Pollution* 69 (2). Ms .203-215.

Smith, L.A., Means, J.L., Chen, A., Alleman, B., Chapman, C., Tixier Jr, J., Brauning, S., Gavaskar, A., & Royer, M. 1995. *Metals Contaminated Sites*. CRC Press, United states of America.

Sorensen, E.M.B. 1991 *Metal Poisoning in Fish*. CRC Press. Florida.

Spry, D.J & Wiener, J.G. 1991. Metal Bioavailability & Toxicity to Fish in Low-alkalinity Lakes: a Critical Review. *Journal of Environmental Pollution*. 71(2). Ms 243-304.

Stoeppler, M. 1992. Cadmium. Dlm: Stoeppler, M(pnyt). Hazardous Metals in The Environment. Elsevier, Netherlands.

Stripp, R.A., Heit, M., Bogen, D.C., Bidanset, J. & Trombetta, L. 1990. Trace Elements Accumulation in the Tissues of Fish from Lakes with Different pH values. *Journal of Water Air Soil Pollution*. 51. Ms 75-78.

Svecevievus,S., Urrutia-Mera, M. & Beveridge, T.J. 2007. Metal and Silicate Sorption and subsequent Mineral Formation on Bacterial Surfaces: Subsurface Implications. Dlm: Allen, H.E (pnyt). Metal contaminated Aquatic Sediment. Ann Arbor Press, USA.

Szakolczal,J., Ramotsa, J.,Miklovics,M. & Csaba, G. 1994. Monitoring system for investigation of heavy metal and chlorinated hydrocarbon pollution of fish in natural waters and fish ponds. Dlm: . Dlm: Muller,R. & Lloyd,R.. *Sublethal and Chronic Effects of Pollutants on Freshwater Fish*. FAO, Great Britain.

van den Broek, J.L., Gledhill, K.S. & Morgan, D.G. 2002. Heavy Metal Concentrations in the Mosquito Fish, *Gambusia holbrooki*, in the Manly Lagoon Catchment. Dlm: *UTS Freshwater Ecology Report 2002*. Department of Environmental Sciences University of Technology, Sydney.

Wavhtmeister, C.A. & Ekelund,R. 1989. A Tentative Hazard Assesment of HexaChlorobenzene. Dlm: Landner, L (pnyt). *Chemicals in the aquatic environment*. Springer-Verlag, Germany.

Wong, M.H, Luk, K.C, & Choi, K.Y. 1977. *The Effects of Zinc and Copper Salts on Cyprinus caprio and Ctenopharyngodon idellus*. Acta Anat, Basel.

