

Akumulasi Logam Berat dan Efeknya Terhadap Morfologi Tulang Sirip Keras Ikan Sembilang (*Plotosus canius* Web & Bia) di Muara Sungai Kahayan dan Katingan, Kalimantan Tengah

*Accumulation of Heavy Metals and Their Effect on Morphology of The Catfish Hard Fins Bone (*Plotosus canius* Web & Bia) in The Estuary of Kahayan and Katingan River, Central Kalimantan*

Edison Harteman

Departemen Perikanan, Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya.
E-mail: edisanan@yahoo.com

Diterima : 14 Oktober 2012. Disetujui : 15 Desember 2012

ABSTRACT

The study was conducted in the estuarine Kahayan and Katingan, Central Kalimantan. This study aim was to evaluate the content, distribution and effects of Pb, Hg and Cd on bone tissue and Catfish hard fins morphology. Study of content, the distribution of accumulated Pb, Hg and Cd conducted to provide information to the public about the characteristics of Catfish containing Pb, Hg and Cd. Results showed that Catfish hard fins bone containing Pb > Hg > Cd. Distribution of accumulated Pb, Hg and Cd in hard fins bone tissue tend to occur in clusters than random. Accumulation of Pb in hard fins bone tissue associated with Hg and Cd. Association of Pb, Hg and Cd in hard fins bone tissue occur clustered in a location over the role in inducing hard fins bone abnormal morphology. Effects of Pb, Hg and Cd accumulation in Catfish hard fins bone tissue cause its twisted irregular, partial bone hard fin thick and thin, hollow, appearing bumps, and abnormal bone jagged, brittle and easily broken. Abnormal growth of hard fins bone tissue, as found in normal bone hard fins.

Key words : *accumulation, bone hard fins, catfish, heavy metals, morphology.*

PENDAHULUAN

Kegiatan antropogenik di wilayah Kalimantan Tengah bagian hulu berpotensi menyebabkan logam berat (Pb dan Cd) yang tersimpan di dalam tanah, gambut dan batuan terlepas dan tererosi oleh aliran air hujan (Maqbool *et al.*, 2011; Qygard dan Gjengedal, 2009; Ashraf *et al.*, 2012). Menurut Sukandarrumidi (2007), tanah dan batuan mengandung timah hitam (Pb) dan kadmium (Cd). Tanah dan gambut mengandung Pb dan Cd (Sposito, 2008). Menurut Herman (2006) tambang mengandung Hg, Cd dan Pb. Air Sungai Katingan terpapar Hg (Global Mercury Project, 2005). Menurut Hartoto dan Awalina (2000), air sungai dan sedimen Sungai Kahayan di wilayah hulu terpapar Hg dan Pb. Air sungai di Kalimantan rata-rata mengandung 0.006 mg/l Cd (Litbang Pengairan Departemen Pekerjaan umum

1998 dalam Rompas, 2010). Menurut BPPLHD (2002), air dan sedimen Sungai Kahayan bagian hulu mengandung 0.001 mg/l Hg. Insektisida dan herbisida yang digunakan dalam pengawetan kayu, pemberantasan dan pengendalian gulma dicampur dengan Pb, Hg dan Cd. Menurut Kelly *et al.* (2006), kebakaran hutan merupakan sumber paparan Hg dalam air dan biota perairan. Erosi di Kalimantan Tengah dapat dikategori dari rendah sampai tinggi (Hamblin dan Christiansen, 2004). Hal demikian berpotensi menyebabkan Pb, Hg dan Cd tererosi dan terangkut aliran air hujan ke sungai hingga estuaria.

Logam berat di dalam perairan dapat diserap dan diakumulasi oleh semua jaringan tubuh biota perairan dengan cara kontak melalui air dan rantai makanan. Sirkulasi darah menyebabkan Pb, Hg dan Cd tersebar di seluruh jaringan tubuh ikan hingga tulang sirip keras ikan. Pb, Hg dan Cd yang masuk ke dalam sel-sel darah ikan

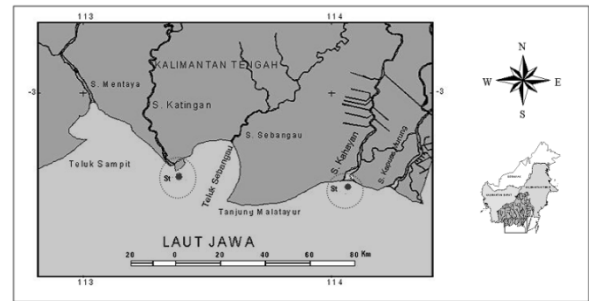
diikat oleh gugus sulfhidril $-SH$, amina $(-NH)$, karboksilat $(-COOH)$, hidroksil $(-OH)$ yang terkandung di dalam semua jaringan organ tubuh ikan secara kovalen. Menurut Cowan (1997), gugus sulfur sangat reaktif dengan Hg dan Cd, sedangkan gugus nitrogen sangat reaktif dengan Pb. Sulfur dan nitrogen memiliki kemampuan mengikat Pb, Hg dan Cd. Pb, Hg dan Cd yang terakumulasi dalam jaringan tubuh ikan dapat teroksidasi menjadi Hg^{2+} , Cd^{2+} dan Pb^{2+} (Rompas, 2010). Hal ini menyebabkan toksisitas Pb, Hg dan Cd meningkat dan mengganggu metabolisme serta pertumbuhan jaringan tulang sirip keras ikan. Pb, Hg dan Cd memiliki sifat mirip dengan kalsium (Ca), sehingga dapat berikatan dengan fosfat (PO_4). Padahal fosfat berperan penting dalam mengikat Ca. Menurut Granner (2003), akumulasi logam berat di dalam tulang menyebabkan penyerapan hormon, kalsium (Ca), seng (Zn), fosfor (P) dan vitamin terhambat. Hal demikian menyebabkan pertumbuhan jaringan tulang sirip keras ikan abnormal. Menurut Mayr (2010), perubahan lingkungan dan relung habitat dapat langsung menyebabkan morfologi organ tubuh ikan abnormal.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, bagaimana keterkaitan kandungan, pola sebaran Pb, Hg dan Cd dengan morfologi tulang sirip keras ikan Sembilang abnormal. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi keterkaitan kandungan, pola sebaran akumulasi Pb, Hg dan Cd dalam tulang sirip keras ikan; efek Pb, Hg dan Cd terhadap morfologi tulang sirip keras ikan Sembilang abnormal di wilayah muara Sungai Kahayan serta Katingan.

METODE PENELITIAN

Pengambilan contoh ikan (tulang sirip keras) Sembilang dilakukan di wilayah muara Sungai Kahayan dan Katingan pada bulan, Agustus, September, Desember 2005 dan Januari 2006. Lokasi penangkapan dan pengambilan contoh tulang sirip keras ikan dapat dilihat dalam Gambar 1. Penangkapan ikan dilakukan dengan menggunakan Rawai (*long line*). Survei dilakukan 4 kali dan 3 kali ulangan per wilayah muara sungai (12 kali). Pengambilan contoh tulang sirip keras ikan Sembilang (*Plotosus canius* Web & Bia) berdasarkan morfologi tulang sirip keras normal dan abnormal. Pengambilan contoh tulang sirip keras dilakukan dengan

menggunakan pisau bedah. Contoh tulang sirip keras disimpan pada suhu $4^{\circ}C$.



Gambar 1. Lokasi penelitian di muara Sungai Kahayan dan Katingan, Kalimantan Tengah

Cara kerja pengekstrakan Pb dan Cd dalam tulang sirip keras ikan sebagai berikut: Contoh jaringan tulang sirip keras ikan dalam keadaan basah diremukan di dalam mortar porselin dan ditimbang 2 gram. Masukkan dalam Teplon beker yang mempunyai tutup. Tambahkan 1,5 ml $HClO_4$ pekat dan 3,5 ml HNO_3 pekat. Panaskan dalam waterbath pada suhu $95^{\circ}C$ selama 2-3 jam sampai larutan jernih. Apabila contoh jaringan organ tubuh ikan belum larut, ditambah lagi $HClO_4$ dan HNO_3 . Tambahkan 3 ml akuades bebas ion dan panaskan hingga larutan hampir kering. Dinginkan dalam suhu kamar dan tambahkan 1 ml HNO_3 pekat dan anduk perlahan-lahan. Tambahkan 9 ml akuades bebas ion dan segera analisis dengan AAS (Hutagalung, 1997).

Cara kerja pengekstrakan Hg dalam tulang sirip keras ikan sebagai berikut: Masukkan 0,5 gram tulang sirip keras ikan dalam keadaan basah dalam botol BOD. Tambahkan 10 ml $HClO_4$ pekat dan 30 ml H_2SO_4 pekat. Tutup botol selama 24 jam. Panaskan dalam waterbath pada suhu $60^{\circ}C$ selama 2-3 jam. Dinginkan pada suhu $4^{\circ}C$ dalam wadah yang diberi es. Larutan dipindahkan ke dalam tabung reduksi Hg. Diberi aerasi berkecepatan udara 2 l/menit. Tambahkan 5 ml larutan $SnCl_2$ (Hutagalung, 1997). Larutan pindahkan Pb, Cd dan Hg masukkan ke dalam botol plastik dianalisis dengan Atomic Absorption Spectrophotometer (Zhimadzu AA 680). Cara kerja pengekstrakan Hg dalam organ tubuh ikan sebagai berikut: Contoh tulang sirip keras ikan dalam kondisi segar difiksasi dengan menggunakan larutan formalin 10% (PA). Kalsium yang terkandung dalam tulang sirip keras ikan buang dengan asam Chlorida (HCl). Jumlah contoh preparasi 2-3 kali ulangan. Metode histologis yang digunakan terdiri atas

metode histoteknik dan histokimia. Metode tersebut digunakan untuk memperoleh contoh preparasi yang memenuhi syarat (Kiernan 1990). Contoh preparasi yang digunakan untuk mengetahui pola sebaran akumulasi logam berat dan pengaruhnya terhadap morfologi jaringan tulang sirip keras. Pola sebaran akumulasi logam berat dalam tulang sirip keras digunakan untuk mengetahui keterkaitan logam berat dengan kemunculan polimorfisme tulang sirip keras. Identifikasi pola sebaran akumulasi logam berat dalam jaringan tulang sirip keras ikan dilakukan dengan menggunakan metode Rhodizonate. Zat pewarna jaringan tulang sirip keras ikan dengan menggunakan Natrium Rhodiszonate ($C_6Na_2O_6$) (Kiernan, 1990). Identifikasi efek akumulasi Pb, Hg dan Cd terhadap jaringan tulang sirip keras ikan menggunakan zat pewarna Eosin. Zat pewarna tersebut digunakan untuk mengidentifikasi perubahan struktur jaringan tulang sirip keras ikan.

Data kandungan logam berat dalam insang, hati, insang dan tulang sirip keras ikan dianalisis menggunakan statistik dan uji t pada taraf 0.95 ($p<0.05$). Pola sebaran akumulasi Hg, Cd, Pb dalam jaringan tulang sirip keras ikan Sembilang. Efek sebaran akumulasi Pb, Hg dan Cd terhadap struktur morfologi jaringan dalam tulang dan luar dianalisis secara deskripsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Pb, Hg dan Cd dalam Organ Tubuh Ikan Sembilang

Tulang sirip keras ikan Sembilang di wilayah muara Sungai Kahayan dan Katingan mengandung Pb lebih tinggi dibandingkan Hg dan Cd, sedangkan kandungan Hg tidak berbeda nyata dibandingkan Cd ($p<0.05$). Kandungan Cd dan Pb dalam tulang sirip keras ikan abnormal di muara Sungai Kahayan dan Katingan tidak berbeda nyata dibandingkan ikan normal ($P<0.05$) (Tabel 1).

Tabel 1 Kandungan logam berat (n=12) dalam tulang sirip keras ikan Sembilang (*Plotosus canius* Web & Bian) di wilayah muara Sungai Kahayan dan Katingan.

Morfologi Ikan		Kandungan		
		Hg mg/kg bb	Cd mg/kg bb	Pb mg/kg bb
Muara S. Kahayan				
Normal	Rata-Rata	0.015 ^a	0.028 ^a	0.955 ^a
	Kisaran	0.010 - 0.024	0.017 - 0.038	0.660 - 1.453
Abnormal	Rata-Rata	0.020 ^a	0.029 ^a	0.933 ^a
	Kisaran	0.015 - 0.028	0.012 -0.044	0.610 - 1.233
RATA-RATA		0.018 ^a	0.029 ^a	0.944 ^b
Muara S. Katingan				
Normal	Rata-Rata	0.017 ^a	0.028 ^a	0.815 ^a
	Kisaran	0.009 - 0.028	0.013 - 0.044	0.545-1.114
Abnormal	Rata-Rata	0.021 ^b	0.026 ^a	0.788 ^a
	Kisaran	0.015 - 0.028	0.017 - 0.035	0.649-0.964
RATA-RATA		0.019 ^a	0.027 ^a	0.802 ^b

Ket: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf $P<0.05$.

Kecuali kandungan Hg dalam tulang sirip keras ikan abnormal di wilayah muara Sungai Katingan lebih tinggi dibandingkan normal ($p<0,05$). Tulang sirip keras ikan mengakumulasi 90-94% Pb, sedangkan tulang sirip keras ikan mengakumulasi Hg dan Cd berkisar antara 3-4%. Menurut Kennis (1992), toksisitas Hg konsentrasi yang sama di dalam jaringan tubuh biota laut lebih tinggi dibandingkan Cd dan Pb, sedangkan toksisitas Cd lebih tinggi

dibandingkan Pb. Hasil penelitian menunjukkan kandungan Pb jauh lebih tinggi dibandingkan Hg dan Cd. Hal ini menunjukkan bahwa efek toksisitas Pb melebihi Hg dan Cd. Manahan (2003); Hodgson dan Levi (2000) mengemukakan bahwa tulang mengakumulasi 90-95% Pb. Kondisi demikian menunjukkan bahwa akumulasi Pb, Hg dan Cd dalam tulang sirip keras ikan berpotensi menghambat penyerapan kalsium (Ca) yang berperan dalam pengeras tulang. Tulang normal mengandung

85% kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) dan 10% kalsium karbonat (CaCO_3) serta 5% magnesium fluorida (Lesson *et al.*, 1996). Hal ini menunjukkan bahwa Pb, Hg dan Cd berperan penting menghambat proses metabolisme tulang sirip keras dan pembentukan morfologi tulang sirip keras. Menurut Lu (1995), Pb, Hg dan Cd dapat mensubstitusi kofaktor enzim seng (Zn) yang berperan dalam metabolisme. Hal ini mengganggu kegiatan enzim dan proses metabolisme. Hg, Cd dan Pb dapat mensubstitusi kalsium ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) dalam tulang. Akumulasi logam berat dalam jaringan tulang ikan menyebabkan komunikasi antara sel jaringan tulang sirip keras dengan jaringan organ tubuh lainnya. Kondisi demikian terjadi karena reseptor kimia yang terdapat di dalam selaput sel tidak berfungsi dengan baik.

Akumulasi Hg, Cd dan Pb dalam tulang sirip keras ikan dapat teroksidasi menjadi Hg^{2+} , Cd^{2+} dan Pb^{2+} dengan toksisitas jauh lebih tinggi. Tentu hal itu berpengaruh terhadap perkembangan jaringan tulang sirip keras dan morfologi. Menurut Parsons (1994), tingginya tekanan faktor lingkungan (*stress*) habitat menyebabkan morfologi ikan berubah. Menurut Goldenthel (1971) dalam Lu (1995), ikan muda 1,5-10 kali lebih rentan terpapar logam berat dibandingkan ikan dewasa. Hal terjadi karena defisiensi berbagai enzim detoksifikasi. Selain itu, organ filtrasi dan ekskresi ginjal belum berfungsi optimum dan berkaitan erat dengan fungsi metabolik dan ekskretorik.

Sebaran Logam Berat dan Pengaruhnya Terhadap morfologi Tulang Sirip Keras Ikan

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jaringan tulang sirip keras ikan mengandung Pb, Hg dan Cd (Gambar 2). Akumulasi Hg, Cd dan Pb dalam jaringan tulang sirip keras ikan berkaitan erat dengan gugus sulfur dan nitrogen. Akumulasi Hg, Cd dan Pb di dalam tulang sirip keras dapat terlihat secara makroskopik (Lu, 1995). Hal ini terjadi karena interaksi logam berat dengan metalothionien (sulfhidril -SH) dan nitrogen (-NH). Menurut Cowan (1997), gugus sulfur (R-SH , $\text{R}_2\text{-S}$, $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) dan nitrogen ($-\text{CN}^-$) sangat reaktif dan radikal mengikat kuat Hg dan Cd secara kovalen, sedangkan gugus amina (-NH) sangat reaktif dan radikal mengikat Pb secara kovalen. Selain itu sifat Pb, Hg dan Cd mirip dengan Ca, sehingga fosfat (PO_4) dalam tulang sirip dapat mengikat Pb, Hg dan Cd. Hal demikian menyebabkan tulang menyimpan Pb,

Hg dan Cd lebih tinggi dibandingkan organ tubuh lainnya. Kulit, insang dan saluran pencernaan ikan berperan penting dalam menyerap Pb, Hg dan Cd yang terkandung di dalam air dan makanan. Sel darah sangat penting perannya dalam menyerap dan menyebar logam berat keseluruh jaringan organ tubuh ikan hingga di dalam jaringan tulang sirip keras.

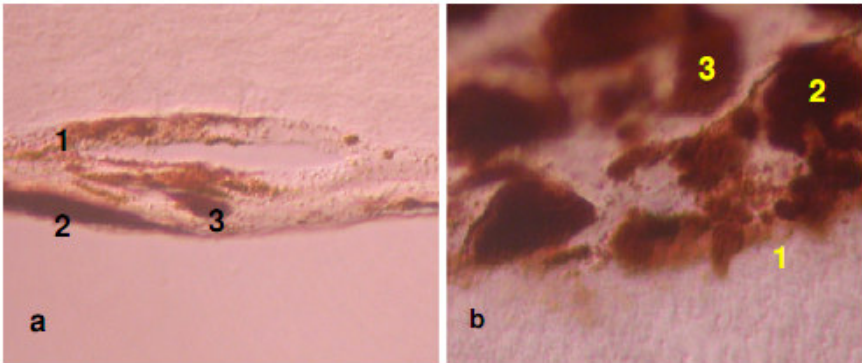
Jaringan tulang sirip Sembilang mengandung Pb yang tergambar dengan warna coklat (Gambar 2 a-1, b-1) dan dapat terikat dalam sel jaringan tulang yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa Pb dapat membentuk kompleks organologam dan bersinergis dengan Hg dan Cd. Kompleks Pb dengan Hg dan Cd dapat menyebabkan toksisitas masing-masing logam meningkat. Kondisi demikian dapat menyebabkan kemampuan fosfat (PO_4) mengikat kalsium menurun. Pb, Hg dan Cd termasuk logam transisi dan memiliki sifat mirip dengan Ca. Oleh karena itu, Pb, Hg dan Cd dapat mengganti Ca yang berikatan dengan fosfat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa gugus sulfhidril -SH yang terkandung di dalam jaringan tulang sirip ikan mengikat Hg dan Cd yang tergambar dengan warna hitam (Gambar 2a-b). Jaringan tulang sirip ikan memiliki kemampuan mengikat Pb, Hg dan Cd yang tergambar dengan warna coklat kehitaman (Gambar 2 a-3, b-3). Gambar warna di dalam tulang sirip keras ikan menunjukkan lokasi Pb, Hg dan Cd terakumulasi serta berikatan dengan sulfur dan nitrogen. Gambar 2a-b menunjukkan bahwa gugus nitrogen yang sifatnya reaktif dengan Pb tidak tersebar merata, tetapi tersebar secara bergerombol dan acak. Gambar 2a-b menunjukkan bahwa gugus sulfur sangat reaktif dengan Hg dan Cd tersebar acak. Pb, Hg dan Cd dapat diikat oleh gugus sulfur atau nitrogen, walaupun bukan pasangannya. Banyaknya sebaran akumulasi Pb, Hg dan Cd dalam jaringan tulang sirip keras ikan sangat tergantung dengan logam yang terkandung di dalam air dan makanan ikan. Berdasarkan pengamatan lokasi morfologi tulang sirip keras ikan abnormal terjadi sejak embrio, juvenil dan ikan muda. Perubahan morfologi tulang sirip dapat terjadi hingga ikan dewasa. Namun perubahan morfologi kebanyakan terjadi sejak embrio hingga ikan muda.

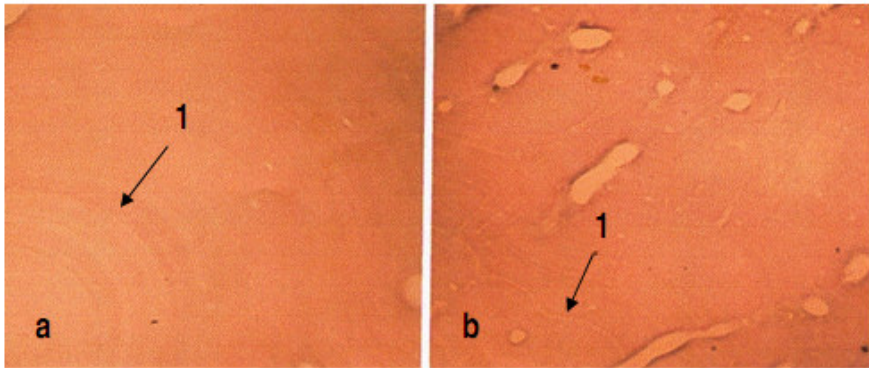
Akumulasi Hg, Cd dan Pb yang bergerombol (gambar 2b) dalam jaringan tulang sirip menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan sel-sel jaringan dalam tulang sirip

keras ikan abnormal, sebagaimana yang terlihat pada tulang sirip keras normal (Gambar 3b-1, a-1). Hal terjadi karena akumulasi logam berat yang tersebar bergerombol menghambat

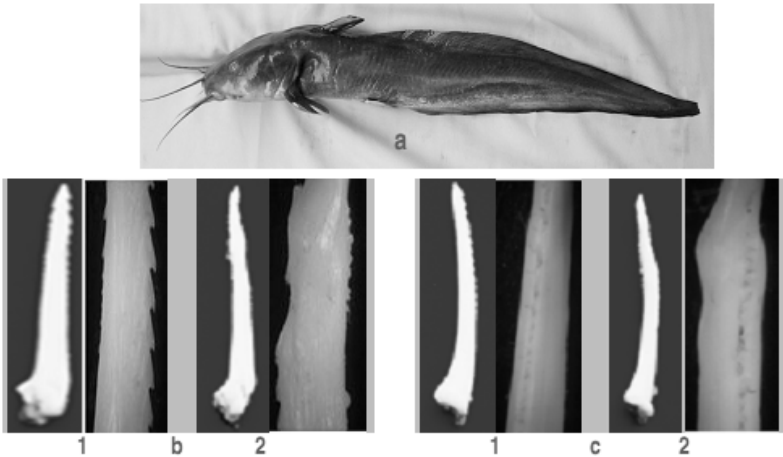
pertumbuhan sel jaringan tulang sirip pada lokasi akumulasi logam abnormal (Gambar 3b-1). Kondisi demikian menyebabkan morfologi tulang sirip keras ikan abnormal.



Gambar 2 Morfologi jaringan tulang sirip keras ikan Sembilang: (A) Normal (20 x), (B) Abnormal (40 x); (1) Warna coklat, jaringan tulang sirip keras ikan mengandung Pb; (2) Warna hitam, jaringan tulang sirip keras ikan mengandung kompleks Cd dan Hg; (3) Warna coklat kehitaman, jaringan tulang sirip keras ikan mengandung kompleks Hg, Cd dan Pb; Pewarna Natrium Rhodizonate ($C_5Na_2O_6$).



Gambar 3 Morfologi jaringan dalam tulang sirip keras ikan Sembilang: (A) Normal (20 x), (B) Abnormal (20 x). (1) Lingkaran pertumbuhan jaringan tulang; Zat pewarna eosin.



Gambar 4 (A) Ikan Sembilang (*Plotosus canius* Web & Bia); (B) Morfologi tulang sirip keras punggung normal (1), abnormal (2); (C) Morfologi tulang sirip keras dada normal (1), abnormal (2).

Hasil pengamatan terhadap posisi morfologi tulang abnormal mulai terjadi pada stadia, embrio, larva, juvenil hingga dewasa. Hal ini tergantung dengan kandungan Pb, Hg, Cd dan sebaran dalam jaringan organ tubuh dan habitat. Jika kandungan Pb, Hg dan Cd dalam air rendah menyebabkan tulang tumbuh normal, sehingga morfologi jaringan dalam tulang normal. Morfologi tulang sirip keras punggung dan dada abnormal tidak sama setiap individu ikan. Hal ini terjadi karena kandungan logam berat dan tingkat sensitifitas sel jaringan dalam setiap tulang sirip tidak sama. Kondisi demikian menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan sel-sel jaringan dalam tulang tidak sama (Gambar 3 a-1, b-1). Perkembangan struktur tulang sirip keras ikan abnormal berkaitan erat dengan pola sebaran akumulasi logam berat tersebut. Kerusakan jaringan dalam tulang sirip keras ikan abnormal selalu diikuti dengan morfologi tulang sirip keras ikan bagian luar abnormal. Menurut Chung *et al.* (2006), akumulasi logam berat dalam tubuh anak ikan menyebabkan pertumbuhan terhambat. Faktor lingkungan berinteraksi dengan jaringan organ tubuh ikan (Castro *et al.*, 2006),

Akumulasi Pb, Hg dan Cd menyebabkan tulang sirip keras bengkok-bengkok, sebagian tulang sirip keras mengecil dan sebagian membesar tidak beraturan, muncul benjolan dipermukaan tulang, gerigi tulang abnormal, tulang berlobang, tulang bagian tipis, rapuh dan mudah patah (Gambar 4a, b, c). Menurut Granter (2003), morfologi tulang abnormal dapat terjadi karena suplai hormon, kalsium (Ca), seng (Zn), fosfor (P), zat makanan dan vitamin ke dalam sel jaringan tulang terganggu. Embrio, larva, juvenil dan ikan muda dalam perkembangan dan pertumbuhan organ tubuhnya memerlukan gizi yang cukup. Kekurangan Ca dan P dalam tulang menyebabkan pertumbuhan tulang sirip keras ikan terhambat (Chao *et al.*, 2006). Kekurangan Ca menyebabkan morfologi tulang abnormal (Chao *et al.*, 2006; Kai *et al.*, 2006). Tulang sirip yang kekurangan mineral esensial, zat makanan dan vitamin menyebabkan morfologi abnormal (Baeverfjord *et al.* 1998). Tulang ikan pada masa pertumbuhan memerlukan mineral esensial yang cukup (Johnston *et al.*, 2008). Menurut Heath (1987), akumulasi Hg, Cd dan Pb di dalam tulang menghambat kegiatan enzim Mg-ATPase dan Na/K ATPase (Hg), alkalin phosphatase (Hg, Cd, Pb,) dan acid phosphatase (Hg, Cd, Pb). Deformasi tulang sirip ikan dapat terjadi karena

adaptasi dengan faktor lingkungan (Wagner dan Misof, 1992). Hal demikian menyebabkan morfologi tulang sirip keras ikan abnormal. Menurut Yonekura *et al.*, (2002), morfologi tulang sirip keras abnormal terjadi karena perubahan faktor lingkungan. Perubahan morfologi tulang sirip bersifat permanen (Eisler 2006). Menurut Castro *et al.*, (2008) dan Mayr (1010), perbedaan relung habitat menyebabkan perbedaan morfologi. Morfologi tulang sirip keras ikan abnormal merupakan karakteristik jaringan organ tubuh ikan mengandung logam berat melebihi normal.

KESIMPULAN

Organ tulang sirip keras ikan Sembilang mengandung Pb lebih tinggi dibandingkan Cd dan Hg, sedangkan kandungan Cd dalam tulang sirip keras kedua jenis ikan cenderung tidak berbeda dibandingkan Hg. Kandungan Hg dalam jaringan tulang sirip keras ikan abnormal cenderung lebih tinggi dibandingkan normal, sedangkan kandungan Pb dan Cd dalam tulang sirip ikan abnormal tidak jauh berbeda dibandingkan ikan normal.

Pola sebaran akumulasi Pb bergerombol dan akumulasi Hg, Cd tersebar secara acak pada sel jaringan tulang sirip keras ikan yang sama memicu morfologi abnormal. Karakteristik tulang sirip keras abnormal dan mengandung Pb, Hg dan Cd; tulang sirip keras ikan bengkok-bengkok tidak beraturan, sebagian tulang sirip keras mengecil dan sebagian membesar tidak beraturan, tulang sirip keras semakin tipis dan mengecil, tulang membesar, muncul benjolan pada permukaan tulang, tulang berlobang, gerigi pada tulang sirip keras tidak tumbuh dan tidak beraturan, tulang sirip keras dibagian runcing sangat rapuh dan mudah patah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini saya berterimakasih kepada Bapak Otoh dan Sukarman di Kelurahan Pagatan Hilir Kecamatan Katingan Kuala, Kabupaten Katingan; Salundik Desa Buntoi Kecamatan Kahayan Hilir, Kabupaten Pulang Pisau. Semua pihak yang pernah terlibat dalam penelitian ini sampai hasil penelitian dapat dipublikasi dalam jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashraf, M.A., Maah, M.J., & Yusoff, I. 2012. Bioaccumulation of heavy metals in fish species collected from former tin mining catchment. *Int. J. Environ. Res.*, 6(1), 209-218.
- Baeverfjord, G., Asgard, T., & Earer, KD. 1998. Development and Detection of Phosphorus Deficiency in Atlantic Salmon, Salmon selar L. *J Aqua Nutri* 4, 1-11.
- BPPLHD (Badan Pengelolaan dan Pelestarian Lingkungan Hidup Daerah Kalimantan Tengah). 2002. Pemantauan Merkuri di Kalimantan Tengah. Palangka Raya. Laporan Hasil Penelitian.
- Castro, J., Querido., A., Hermida, M., Chavarrias, D., Romero, R., Cortes, LAG., Toro, MA, & Martinez, P. 2008. Heritability of Skeleton Abnormalities (Lordosis, Lack of Operculum) in Gills heat Sea bream (*Sparus aurata*) Supported by Microsatellite Family Data. *J Aquaculture* 279, 18-22.
- Chao, XY., Yong, JL., Li, XT, Kang, SM., Zhen, YD., Hui, JY., & Jin, N. 2006. Effect of Dietary Calcium and Phosphorus on Growth, Feet Efficiency, Mineral Content and Body Composition of Juvenile Grouper, *Epinephelus coioides*. *J Aquaculture* 255, 263-271.
- Chung, ML, Chao. FC, Ching .HY, Szu. CC, Kuo. CC, Chia. PC, Berry, YHC., Li, JJ., Guang, WL., Chieh, ML., Huan, HS., & Guan, DW. 2006. Metal Stresses Affect the Population Dynamics of Disease Transmission in Aquaculture Species. *J Aquaculture* 257, 321-331.
- Cowan, J A. 1997. Inorganic Biochemistry an Introduction. New york. VCH Publ.
- Global Mercury Project. 2005. Results of Environmental Assessment of Mercury (Hg) Contamination in Kalimantan. Palangka Raya. GEF-UNDP-UNIDO Makalah Seminar Makalah Hasil Penelitian. 10 hlm.
- Granner DK. 2003. Hormon yang Mengatur Metabolisme Kalsium. 25th Ed. Di dalam:
- Murray RK, Granner DK, Mayes PA, Rodwell VW. Biokimia Harper. Jakarta. hlm: 539-559.
- Hamblin, WK., & Christiansen, EH. 2004. Earth's Dynamic System. 10th Ed. New Jersey. Prentice Hall.
- Hartoto, DI., & Awalina. 2000. Metals Bioconcentration of Freshwater Fishes in Central Kalimantan as an Evaluation Criteria for Management of Inland water Fishery Reserve. Jakarta. *J Ilmiah Berita Biologi* 5 (3), 303-311.
- Heath AG. 1987. Water Pollution and Fish Physiology. Boston. CRC. 245 p.
- Herman, D.Z. 2006. Tinjauan terhadap tailing mengandung unsur pencemar arsen (As), merkuri (Hg), timbal (Pb), dan kadmium (Cd) dari sisa pengolahan biji logam. *J. Geol. Indonesia.*, 1(1), 31-36.
- Hodgson E, and Levi PE. 2000. Modern Toxicology. Bangkok. Mc Graw Hill. 496 p.
- Hutagalung, HP. 1997. Penentuan Kadar Logam Berat. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. Buku 2. Hutagalung, HP., Setiapermana, D., dan Riyono, SH. (Ed). P2O LIPI. Jakarta. Hlm, 59-80.
- Johnston TA., & Wiegand MD, Mittermuller. S. Caselman JM., Pyle GG., & Leggett WC. 2008. Metal Provisioning on Ova in Walleye and Lake Whitefish. *J Aquaculture* 281, 131-137.
- Kai, MC., Chao, QH., Yan., NL, Shi., XZ., & Xue, JQ. 2006. Effects of Dietary Calcium, Phosphorus and Calcium/Phosphorus Ratio on the Growth and Tissue Mineralization of *Litopenaeus vannamei* Reared on Low Salinity Water. *J Aquaculture* 251, 472-483.
- Kelly, ER., Schindler, DW., Louis., VLS., Donald, DB., Vladicka, KE. 2006. Forest Fires Increase Accumulation by Fishes via Food Web Restructuring and Increased Mercury inputs. *J. PNAS*, 103 (51), 19380-19385.
- Kennish, MJ. 1992. Ecology of Estuaries Anthropogenic Effects. 2nd Ed. London. CRC. 494 p.
- Kiernan, JA. 1990. Histological & Histochemical Methods. Teory and Practice. 2nd Ed. Oxford. Pergamon. 433 p.
- Leeson, CR., Leeson, TS., & Paparo, AA. 1996. Histologi. Ed ke-4. Jakarta. ECG. 622 hlm.
- Lu, FC. 1995. Toksikologi Dasar. Asas, Organ Sasaran, dan P enilaian Resiko. Ed ke-4. Jakarta. UI Press. 428 hlm.
- Manahan, SE. 2003. Toxicological Chemistry and Biochemistry. 3th Ed. Boca Raton Lewis. CRC. 425 p.
- Maqbool, F., Bhatti, ZA., Malik, AH., Pervez, A., & Mahmood, Q. 2011. Effect of landfill leachate on the stream water quality. *Int. J. Environ. Res.*, 5(2), 491-500.
- Mayr , E. 2010. Evolusi. Dari Teori ke Fakta. Jakarta. KPG Gramedia. 433 hlm.
- Parsons, PA. 1994. Habitats, Stress and Evolutionary Rates. *J Evol Bio* 7(3), 387-397.
- Qygard, JK., & Gjengedal, E. 2009. Uranium in municipal solid waste landfill leachate. *Int. J. Environ. Res.*, 3(1), 61-68.
- Rompas, RM. 2010. Toksikologi Kelautan. Sekretariat Dewan Kelautan Indonesia. Walaw Bengkulu. 338 hlm
- Sposito, G. 2008. The chemistry of soils. 2nd Ed. Oxford University Press, Inc. New York. 329 p.
- Sukandarrumidi. 2007. Geologi Mineral Logam. Yogyakarta. Gajah Mada Univ. 210 hlm.
- Yonekura, R., Nakai, K., & Yuma, M. 2002. Tropic Polymorphisms in Introduced Bluegill in Japan. *J Ecol Res* 17, 49-57.