

## BIOAKUMULASI BEBERAPA LOGAM PADA IKAN DI KOLONG BEKAS TAMBANG TIMAH DI PULAU BANGKA

Cynthia Henny

*Puslit Limnologi-LIPI*

Diterima redaksi : 9 November 2010, disetujui redaksi : 3 Februari 2011

### ABSTRAK

*Kolong merupakan badan air menyerupai danau-danau kecil yang terbentuk dari bekas galian tambang timah di Pulau Bangka. Air kolong bekas tambang umumnya mempunyai derajat keasaman yang rendah (pH 2 - 5) dan kandungan logam ikutan di air yang relatif lebih tinggi dibandingkan perairan alami lainnya. Air kolong yang kandungan logamnya tinggi dapat meningkatkan kandungan logam pada biota akuatik yang hidup dikolong. Ikan yang berada pada tingkat trofik yang lebih tinggi setelah detritus dan plankton dapat mengalami bioakumulasi logam pada sistemnya. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pola bioakumulasi logam Fe, Al, Pb dan Zn pada daging beberapa ikan yang dibudidaya dengan keramba jaring apung (KJA) dan dengan sistem restocking (RES) di kolong bekas tambang timah di Pulau Bangka. Pola kandungan logam pada daging ikan patin (*Pangasius sp*) yang dibudidaya dengan sistem KJA meningkat secara eksponensial dengan waktu pemeliharaan untuk semua kandungan logam kecuali Pb. Sedangkan untuk jenis ikan lele (*Clarias batracus*) bioakumulasi logam pada daging ikan menurun dengan bertambahnya waktu pemeliharaan. Ikan yang di budidaya dengan sistem restocking bioakumulasi logam pada daging ikan juga meningkat dengan lamanya ikan dipelihara. Kandungan logam pada plankton di kolong yang diteliti sangat tinggi. Pola bioakumulasi logam pada daging ikan di air kolong yang mengandung logam sangat dipengaruhi oleh jenis ikan, pakan, dan lama pemeliharaan. Pemanfaatan air kolong bekas tambang untuk budidaya ikan konsumsi harus memperhatikan kualitas air seperti pH dan kandungan logam nya agar tidak membahayakan kesehatan masyarakat yang mengkonsumsi ikan dari hasil budidaya di kolong.*

**Kata kunci :** Kolong bekas tambang, Biakumulasi, Logam, Ikan

### ABSTRACT

**BIOACCUMULATION OF SEVERAL METALS IN FISH OF TIN MINE PIT LAKES IN BANGKA ISLAND.** *A pit lake in Bangka island is considered as a small lake formed as a result of excavation from the activity of white tin (Sn) mining. Typically, pit lakes have water with lower pH (2-5) and containing high metal. High metal concentrations in the water could also affect the metal concentrations of aquatic biota in kolong such as plankton and fish. Fish, which is the highest trophic level in the food chain in aquatic system, could have biomagnification of metals in their system. The objective of the research is to examine the pattern of metal bioaccumulation of Fe, Al, Pb and Zn in the meat of several fish which are cultivated in the floating cage net (KJA) and restocking (RES) fish farming systems in pit lakes. The pattern of metal bioaccumulation in the meat of catfish (*Pangasius sp*), cultivated in the KJA system, increased exponentially with time of cultivation for all metals except Pb. As for the type of catfish (*Clarias batracus*) bioaccumulation of metals in fish meat decreased with increasing time of cultivation. While the fish cultivated in pit lakes by using the restocking system, bioaccumulation of metals in several fish meat also increased with the time of cultivation. Metal concentrations in plankton in studied pit lakes were also very high. The pattern of metal bioaccumulation in fish meat cultivated in pit lake water containing metals is strongly influenced by the type of fish, feeding, and duration of cultivation. The utilization of pitlakes for fishery which concern human beings should consider its water quality especially water pH and metal concentrations.*

**Key words :** Mine Pit Lake, Bioaccumulation, Metals, Fish,

## PENDAHULUAN

Kolong merupakan danau-danau kecil yang terbentuk dari bekas galian aktivitas tambang timah di pulau Bangka. Kolong baru umumnya mempunyai kualitas air yang bermasalah seperti rendahnya pH, kandungan logam dan padatan yang tinggi. Rendahnya pH dan tingginya kandungan logam di air kolong bergantung pada tipe material geologi dominan di area tambang. Kandungan logam yang tinggi dijumpai di air dan sedimen kolong atau danau bekas tambang antara lain Fe, Al, Pb, Zn, Cd, Cu (Shevenell et al, 1999; España et al, 2008; Eary, 1999). Kandungan logam yang tinggi ditemukan di air beberapa kolong bekas tambang timah di pulau Bangka meliputi Fe, As, Al, Pb dan Zn yang melebihi standar baku mutu untuk air minum ataupun budidaya ikan baik berdasarkan standar secara nasional maupun internasional (Brahmana dkk, 2004; Henny dan Susanti, 2009). Proses yang mempengaruhi bioavailabilitas dan mobilitas logam di sistem akuatik adalah transformasi, tersedimentasi atau terassimilasi di air, sedimen dan biota (Weiner, 2000, Noegrohati, 2006). Biota akuatik seperti ikan yang hidup di air kolong dapat terekspos terhadap logam yang mana *uptake* logam melalui air ataupun rantai makanan dapat menyebabkan terjadinya bioakumulasi logam pada ikan di kolong bekas tambang.

Bioakumulasi logam melalui rantai makanan dapat menyebabkan terjadinya bioakumulasi kandungan logam pada biota pada tingkat trofik yang lebih tinggi. Plankton yang merupakan produser atau tingkat trofik yang terendah sangat efektif dalam penyerapan logam. Fitoplankton sangat efektif dalam penyerapan logam di danau bekas tambang. Dari penelitian terdahulu penambahan posfor dilakukan ke danau bekas tambang untuk menstimulasi pertumbuhan plankton sehingga dapat menyisihkan kontaminan seperti logam di air danau bekas tambang dan tersedimentasi ke

dasar danau (Dessouki *et al*, 2006). Ikan herbivora pada tingkat trofik yang lebih tinggi yang mengkonsumsi plankton dapat mengandung logam lebih tinggi dibandingkan plankton dan begitu juga yang terjadi pada ikan karnivora yang berada pada tingkat trofik tertinggi yang mengkonsumsi ikan herbivora bisa mengandung logam lebih tinggi pada sistemnya (Moles, 2005). Bioakumulasi logam pada ikan ataupun pada kerang-kerangan telah banyak dilaporkan akibat air dan sedimen di danau atau estuarin yang tercemar logam. Kandungan logam ditemukan cukup tinggi pada ikan budidaya di waduk Saguling dan Cirata. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di waduk Cirata mengandung logam Cu sampai 0,2 mg/Kg. Semakin tinggi kandungan logam di air semakin tinggi kandungan logam pada ikan yang terekspos logam. Ikan nila yang terekspos kandungan logam Cu sebesar 0,002 - 0,04 mg/L dalam 28 hari kandungan logam di ikan bisa mencapai 5,27 – 8,9 mg/Kg berat kering (Salami dkk, 2006). Bioakumulasi logam pada biota akuatik umumnya bergantung pada aspek fisikakimia seperti dinamika dari spesiasi logam, bioavailabilitas dan aspek fisiologi seperti distribusi dalam jaringan, biotransformasi dan ekskresi. Seperti yang terjadi pada ikan di danau Bhopal, India ditemukan bahwa logam Zn dan Pb merupakan logam yang terakumulasi paling tinggi pada ikan (Malik et al, 2009). Dari beberapa jenis logam yang diteliti, kandungan logam Fe, Zn dan Pb juga ditemui paling tinggi pada daging dari empat jenis ikan yang ditangkap di sungai Nitra, Slovakia (Andreji et al, 2005).

Penelitian mengenai kandungan logam ataupun bioakumulasi logam pada ikan yang dibudidayakan di perairan kolong bekas tambang masih sangat kurang, padahal budidaya ikan dengan keramba jaring apung dan restocking ikan di kolong-kolong bekas tambang timah sudah marak dilakukan di Pulau Bangka. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk melihat pola

bioakumulasi logam pada daging beberapa ikan yang dibudidaya di beberapa kolong bekas tambang timah di Pulau Bangka.

## METODOLOGI

**Lokasi dan Metode Sampling.** Penelitian dilakukan pada tiga kolong bekas tambang timah di Pulau Bangka yang sudah intensif dimanfaatkan untuk budidaya perikanan dengan sistem Keramba Jaring Apung (KJA) dan Restoking dimana ikan ditebarkan secara langsung ke kolong. Umumnya kolong Restoking dilakukan untuk dimanfaatkan sebagai tempat pemancingan. Ikan yang di budidaya diberi pakan secara kontinyu sedangkan pada sistem Restoking tidak selalu di beri pakan sehingga ikan juga mengkonsumsi pakan alami. Tabel 1 berikut ini menampilkan kondisi limnologis dari kolong bekas tambang yang diteliti. Kolong tua ditandai dengan warna air yang lebih kehijauan sebagai indikator kandungan plankton sudah cukup tinggi dan sudah ditumbuhi lebih banyak tanaman air.

disampling menggunakan Ekman Grab. Sampel plankton diambil dengan menyaring 100 mL sampel air dengan Plankton Net ke botol 25 mL dan sampel diawetkan menggunakan larutan lugol. Sampel ikan dibekukan sampai dianalisa. Pengambilan sampel ikan dan pengukuran dilakukan 2 sampai 3 kali dimana jumlah ikan bervariasi dari 2 - 6 ekor. Sedangkan ikan yang berukuran besar yang berumur lebih dari 6 bulan didapatkan hanya 1 atau dua sampel. Ikan kecil pionir/alami yang hanya berukuran 2-2,5 cm jumlah sampel bisa mencapai > 20 ekor.

Pengukuran parameter lapangan. Parameter pengukuran langsung meliputi pH, temperatur, turbiditas, konduktivitas yang diukur menggunakan Water Quality Checker (Horiba U-10), dan kandungan oksigen terlarut (DO) yang diukur menggunakan DO meter (YSI).

**Motode analisa.** Semua analisa parameter mengikuti prosedur Standard Method (APHA, 2005). Sedangkan kandungan logam pada daging ikan mengikuti prosedur metode Pengujian Kimia

Tabel 1. Kondisi limnologis kolong bekas tambang timah

Kolong	pH	DO (mg/L)	Konduktivitas (mS/cm)	Turbiditas (NTU)	Keterangan
KJA	5.43 - 6.48	0.39 - 1.1	0.065 - 0.64	2.0 - 25.0	Kolong Tua (> 30 tahun)
RES 1	4.5 - 5.93	4.56 - 5.46	0.007 - 0.12	15 - 31	Kolong Muda (< 10 tahun)
RES 2	5.4 - 6.28	4.35 - 6	0.018 - 0.045	2 - 19	Kolong Tua

Sampel yang dikoleksi meliputi air, sedimen, ikan, plankton dan tanaman air. Air kolong secara komposit disampling menggunakan Water Sampler. Botol sampel yang digunakan untuk sampel air menggunakan botol yang sudah bebas logam. Sampel air untuk kandungan logam terlarut difilter terlebih dahulu menggunakan kertas filter (Micropore filter 0,45 µm) sebelum di awetkan. Sampel air untuk masing-masing parameter di awetkan menggunakan pengawet sebelum di bawa ke Lab. Sedimen

Produk Perikanan Penentuan Logam Berat SNI 01 – 2362 – 1991. Masing-masing parameter ditetapkan berdasarkan standar kurva dari hasil analisa 1 seri konsentrasi yang sudah ditentukan. **Logam air:** 100 mL contoh + 5 mL HNO<sub>3</sub> (p) dididihkan dan dievaporasi di hot plate sampai volume sampel 10 – 20 mL, tambahkan lagi HNO<sub>3</sub> (p) bila diperlukan sampai destruksi selesai (larutan jernih), jadikan volume sampel 100 mL dengan akuades (DW). Ukur dengan AAS Hitachi Z-6100. **Logam sedimen:**

Timbang 4 gram  $\pm$  0.01 mg contoh sedimen haluskan (10 mesh), keringkan pada suhu 95°C, tambahkan 100 mL akuades (DW), 1 mL HNO<sub>3</sub> (p) dan 10 mL HCl (p), panaskan di pemanas listrik pada suhu 95°C sampai larutan menunjukkan 10 atau 15 mL, saring dan jadikan volume sampel 50 mL dengan akuades (DW). Ukur dengan AAS Hitachi Z-6100. **Logam di daging ikan dan plankton:** Timbang 25 gram (deviasi 0.1 gram) contoh ikan yang telah dihancurkan dan dihomogenkan, keringkan dalam oven pada suhu 110 - 125 °C selama 8 – 24 jam, lalu lakukan prosedur seperti pengukuran logam pada sedimen. Sampel plankton di saring dengan kertas saring GFC (Whatman) kemudian dikeringkan di oven dan di tanur kemudian mengikuti prosedur pengukuran logam pada sedimen.

Nilai faktor bioakumulasi (BAF) untuk ikan ditentukan berdasarkan rasio kandungan logam pada ikan versus kandungan logam di air di situasi dimana organisme dalam rantai makanan juga terekspos (US EPA,1991).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kolong KJA merupakan kolong tua dan sudah dimanfaatkan untuk budidaya ikan dengan sistem jaring apung selama lima tahun, selain menggunakan pakan pelet juga menggunakan pakan tambahan berupa usus ayam. Kandungan oksigen terlarut di air kolong sudah mendekati 0 mg/L (Tabel1), yang mengindikasikan penurunan kualitas air kolong yang mana kolong sudah tidak layak untuk budidaya ikan. Warna air coklat

kehitaman dan sudah ditutupi tanaman air. Sedangkan kolong RES 1 merupakan kolong muda dengan pH air yang lebih rendah. Ikan yang direstoking pada kolong ini masih berumur < 6 bulan. Kolong RES2 merupakan kolong tua dan juga sudah cukup subur dan sudah terdapat tanaman air. Ketiga kolong ini mempunyai pH relatif di bawah netral. Ikan yang dibudidaya pada kolong restoking umumnya tidak diberi pakan walaupun pada awal penebaran dilakukan tambahan makan pelet untuk menjaga kelangsungan hidup benih ikan. Umumnya pemberian pelet hanya dalam jumlah kecil (FR 1%).

Jenis-jenis ikan yang dibudidaya di kolong bekas tambang yang menggunakan sistem KJA yang ditemukan hanya dua jenis yaitu dari ikan lele (*Clarias batracus*) dan patin (*Pangasius sp*). Pada kolong dengan sistem restoking (RES1) terdapat beberapa jenis ikan yaitu: ikan nila (*Oreochromis niloticus*), bawal air tawar (*Colossoma macropomum*) dan sepat (*Trichogastre trichopterus*); sedangkan jenis ikan di kolong restoking (RES2) ditemukan dari jenis patin, bawal, nila, mas (*Cyprinus carpio*), tawes (*Puntius javanicus*) dan ikan kecil pionir (alami) (*Poecilia sp*).

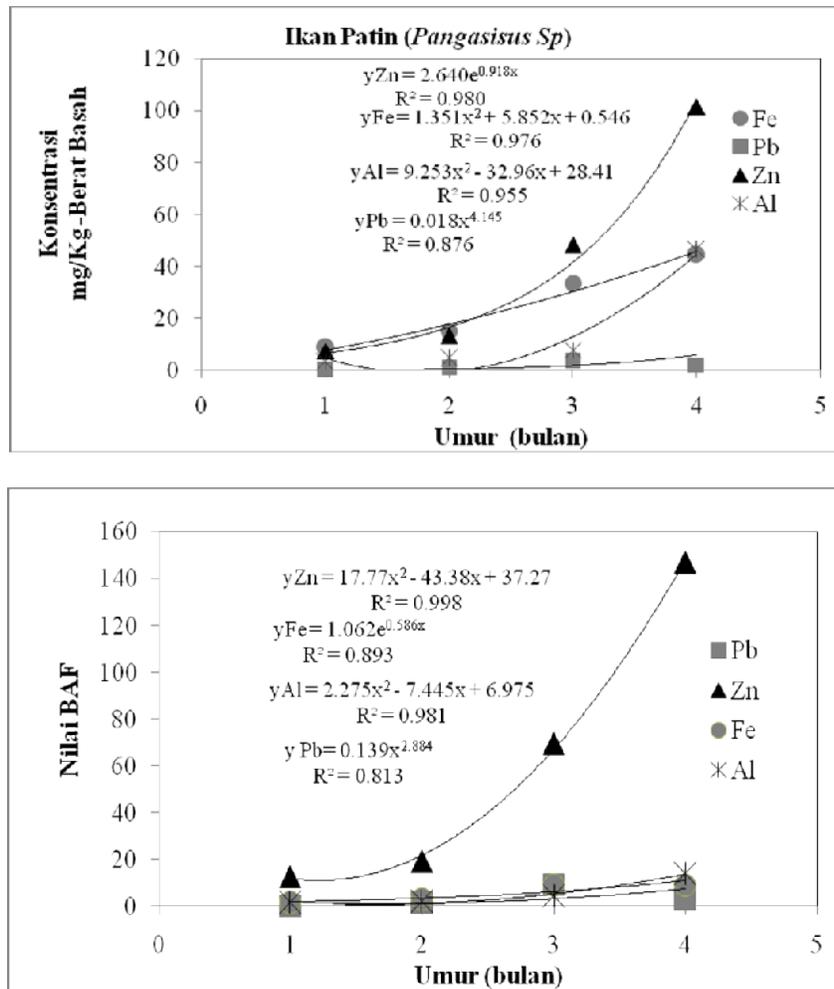
Kandungan logam di air kolong dapat dilihat pada Tabel 2. Kandungan logam kecuali Zn di air melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah ataupun standar internasional untuk air minum ataupun untuk air untuk kebutuhan perikanan (PPLH No.82,2001; USEPA, 1999).

Tabel 2. Kandungan logam di air kolong bekas tambang timah (mg/L)

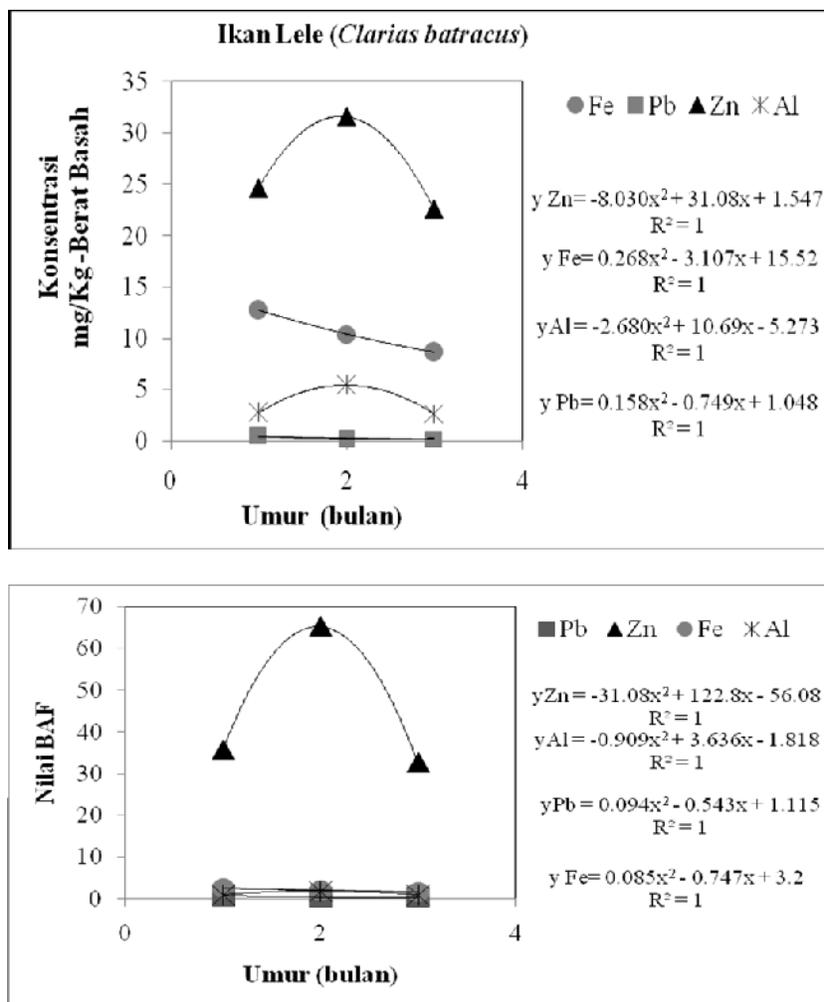
Nama Kolong	Pb	Zn	Fe	Al
Kolong KJA	0.04 - 0.69	0.39 - 1.1	2.390 - 5.170	0.030 - 3.340
Kolong Restoking 1	0.31-0.81	0.52-0.55	0.53 - 0.84	1.81- 4.04
Kolong Restoking 2	0.08 - 0.31	0.06 - 1.06	1.180 - 1.850	0.010 - 1.260

Pola kandungan logam dan nilai bioakumulasi (BAF) pada ikan patin dan ikan lele yang dipelihara di kolong menggunakan sistem KJA dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2. Kandungan logam pada daging ikan patin ataupun nilai BAF meningkat secara polynomial ataupun eksponensial dengan lamanya waktu pemeliharaan. Dari hasil pengamatan penyerapan logam Zn pada ikan patin sangat tinggi di bandingkan logam lainnya. Berbeda dengan ikan patin, kandungan logam maupun nilai BAF pada daging ikan lele menurun dengan lamanya waktu pemeliharaan. Ikan lele umumnya sudah di panen setelah 3 bulan pemeliharaan. Kebutuhan pasar untuk lele umumnya yang

berukuran sedang berkisar 5 ekor/kilo, sedangkan kebutuhan pasar ikan patin bisa mencapai 1 ekor/kilo yang membutuhkan sekitar 8 bulan pemeliharaan. Baik ikan lele maupun ikan patin di beri pakan usus ayam untuk pembesarannya. Tingginya bioakumulasi logam pada ikan patin kemungkinan disebabkan ikan patin masih mengkonsumsi ikan-ikan kecil yang mengandung logam yang ada di kolong. Di kolong-kolong bekas tambang yang sudah tua umumnya terdapat ikan-ikan kecil pionir dimana ikan-ikan kecil ini umumnya kandungan logamnya sangat tinggi seperti yang ditemui pada kolong restocking. Pada kolong KJA tidak dilakukan pengukuran kandungan logam pada ikan-ikan kecilnya.



Gambar 1. Pola kandungan logam pada daging ikan dan nilai BAF pada ikan patin

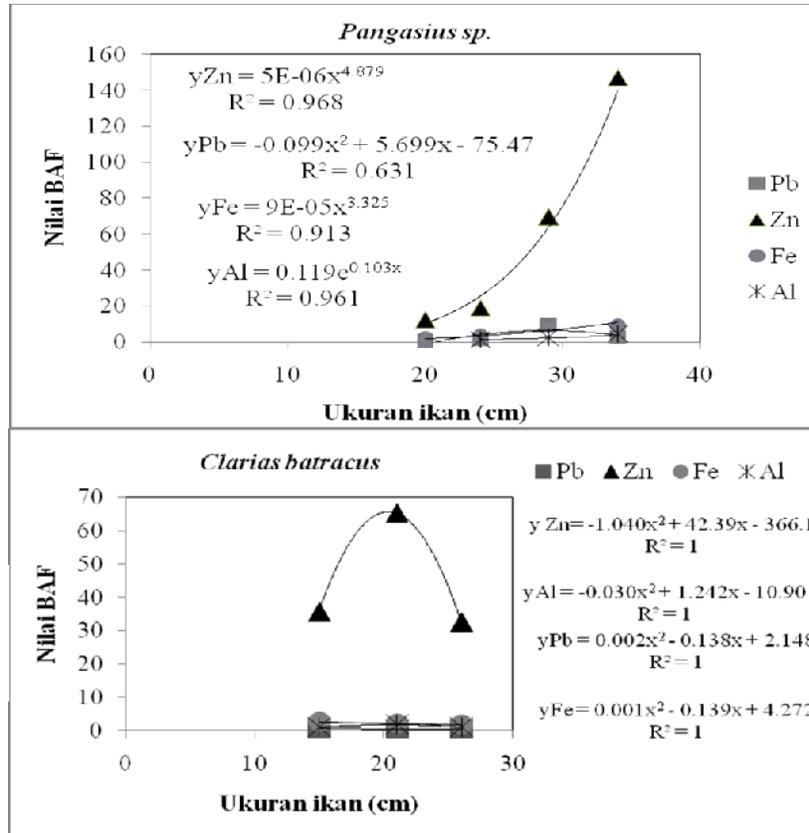


Gambar 2. Pola kandungan logam pada daging ikan dan nilai BAF pada ikan lele

Bioakumulasi logam berdasarkan nilai BAF terhadap ukuran panjang ikan baik pada ikan patin dan ikan lele mempunyai pola yang serupa dengan pola nilai BAF terhadap umur ikan, namun secara korelasi terlihat ada perbedaan. Dengan bertambahnya ukuran ikan, bioakumulasi logam pada daging ikan patin juga meningkat baik secara polynomial ataupun eksponensial.

Kandungan logam dan nilai BAF pada daging ikan yang ditangkap di kolong

restocking RES1 dan 2 dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4. Apabila dilihat dari ukuran ikan pada kolong RES 1 terjadi penurunan kandungan logam ataupun bioakumulasi pada ikan yang lebih besar ukurannya seperti terlihat pada ikan bawal. Bioakumulasi logam Al pada daging ikan kolong RES 1 sangat tinggi di bandingkan ikan di kolong KJA atau RES 2 selain kolong mempunyai pH < 5, kandungan Al di air juga cukup tinggi.



Gambar 3. Pola kandungan logam berdasarkan ukuran ikan di kolong KJA

Tabel 3. Kandungan logam di daging ikan (mg/Kg berat basah)

Jenis Ikan	Umur/ Panjang Ikan	Fe	Pb	Zn	Al
<b>Kolong RES 1</b>					
Nila	13.4cm-14.5	12.39-31.18	0.21-2.47	46.73-63.57	17.69-28.47
Bawal	19.3 cm	11.18	1.21	46.98	12.46
Sepat (komposit)	Rerata 7.2cm	130.91	2.80	63.14	3468.92
Bawal (komposit)	Rerata 14.5 cm	197.56	8.17	77.92	1176.51
<b>Kolong RES 2</b>					
Ikan kecil pionir(komposit)	Rerata 6-7 cm	35.58	18.89	58.09	<0,1
Bawal	13,9 cm – 20.1	12.84-15.91	0.16-0.27	5.93-67.26	0.5-6.43
Bawal (> 1 tahun)	29.5cm	29.49	7.45	80.5	31.57
Nila	18.2- 20.2 cm	13.45-15.17	0.10-0.2	7.05-8.03	34.5-49.24
Nila	5.25 – 7.25 cm	24.41-964.91	1.09 – 3.6	26.1-29.24	16.5-624.50
	Rerata				
Patin	10.92 cm	3.56-4.53	0.04-0.06	6.75-7.34	13.34-14.10
Mas	18.6 cm	4.27	0.03	13.52	5.75
Mas	Rerata 6.5 cm	150.5-155.87	0.21-0.23	37.94-3.32	149.6-159.89
Tawes (komposit)	Rerata 7.9 cm	159.34-160.08	0.42-0.56	39.86-41.23	412.18-422.1

Tabel 4. Nilai faktor bioakumulasi (BAF) logam terhadap ikan

Jenis Ikan	Umur/Panjang Ikan	Pb	Zn	Fe	Al
<b>Kolong RES 1</b>					
Nila	13.4cm-14.5	3.0	81.5	37.0	9.2
Bawal	19.3 cm	1.5	58.0	13.3	4.1
Sepat (komposit)	Rerata 7.2cm	3.5	78.0	155.8	1141.1
Bawal (komposit)	Rerata 14.5 cm	10.1	96.2	235.2	387.0
<b>Kolong RES 2</b>					
Ikan kecil pionir(komposit)	Rerata 6-7 cm	60.9	187.4	19.2	0.1
Bawal	13,9 cm – 14.1	0.9	216.1	8.6	5.1
Bawal (> 1 tahun) (1 ekor)	29.5cm	24.0	259.7	15.9	25.1
Nila	18.2- 20.2 cm	0.6	25.8	8.2	38.9
Nila	5.25 – 7.25 cm	11.6	93.5	521.6	495.2
Patin	Rerata 10.92 cm	0.2	22.6	2.4	11.1
Mas	18.6 cm	0.1	45.2	2.3	4.6
Mas	Rerata 6.5 cm	0.7	9.7	84.2	126.2
Tawes (komposit)	Rerata 7.9 cm	1.8	132.3	86.5	334.9

Bioakumulasi kandungan logam yang sangat tinggi terlihat pada logam Zn, Fe dan Al pada ikan kecil alami dan ikan yang umurnya lebih tua. Bioakumulasi logam yang tinggi didapatkan untuk logam Pb pada ikan kecil pionir dan ikan bawal yang berumur > 1 tahun pada kolong RES 2; dan untuk logam Zn pada ikan bawal, ikan kecil pionir, tawes pada kolong RES 2. Sedangkan bioakumulasi logam Fe dan Al yang tinggi terdapat pada ikan budidaya seperti ikan nila, sepat, bawal dan tawes yang berukuran kecil dan berumur lebih muda untuk kolong RES 1. Faktor jenis ikan, umur, ukuran/berat ikan, sistem budidaya, kandungan logam di air dan kondisi limnologis kolong bekas tambang sangat mempengaruhi pola bioakumulasi logam pada ikan. Bioakumulasi logam Zn pada ikan nila juga ditemukan paling tinggi dengan nilai BCF (faktor biokonsentrasi) mencapai hampir 200 (Noegrohati, 2006). Nair *et al* (2006) juga melaporkan bahwa untuk semua jenis jaringan yang dianalisa dari 17 jenis ikan tropis di daerah estuarin ditemukan akumulasi logam tertinggi untuk

logam Zn dan akumulasi terendah untuk logam Cd. Korelasi positif yang ditemukan antara Pb dan Zn di jaringan menunjukkan adanya pengaruh *anthropogenic* di daerah estuarin tersebut. Penelitian terhadap bioakumulasi logam pada jenis ikan *salmonidae* menunjukkan juga bahwa penyerapan logam Fe, Zn dan Pb lebih tinggi dibandingkan logam lainnya (Alibabić *et al*, 2006).

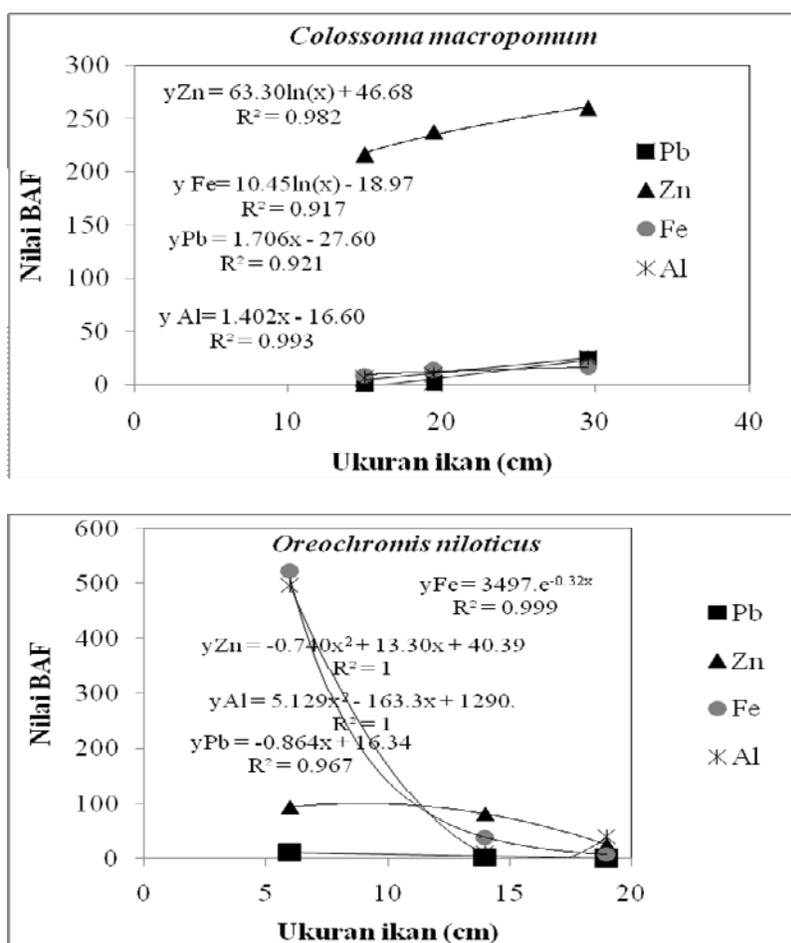
Berlawanan pada ikan di kolong RES 1, baik kandungan logam maupun nilai BAF pada ikan bawal di kolong RES 2 meningkat dengan bertambahnya ukuran panjang ikan. Perlu diketahui bahwa ikan bawal yang berukuran besar yang ditangkap umurnya > 1 tahun, bisa saja bukan ukuran saja yang menyebabkan meningkatnya bioakumulasi logam tetapi juga lama pemeliharaan (umur) ikan. Ikan yang di pelihara di kolong restocking tidak diketahui lama pemeliharaannya. Umumnya ikan yang dipelihara dikolong restocking karena bergantung pada pakan alami pertumbuhannya lebih lambat di bandingkan ikan yang dipelihara dengan sistem KJA.

Tingginya kandungan logam pada ikan sangat bergantung pada pakan alami seperti plankton dan ikan-ikan kecil. Ikan-ikan kecil yang merupakan pakan bagi ikan karnivora seperti bawal mempunyai kandungan logam ataupun nilai BAF yang sangat tinggi.

Pola bioakumulasi logam pada ikan bawal dan nila di kolong RES 2 menunjukkan peningkatan bioakumulasi logam dengan bertambahnya ukuran panjang ikan (Gambar 4). Bioakumulasi logam pada ikan bawal ataupun nila meningkat secara linear, eksponensial, polynomial ataupun logaritma terhadap panjang ikan.

manusia dan mempunyai sifat toksisitasnya lebih tinggi di dibandingkan Fe dan Al. Pada hampir semua ikan yang diamati baik di kolong KJA dan RES 2 bioakumulasi Zn paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa Zn merupakan logam yang mudah diserap oleh organisme.

Salah satu faktor yang mempengaruhi bioakumulasi logam dipengaruhi oleh aspek fisikakimia seperti dinamika spesiasi logam dan bioavailabilitasnya. Apabila dilihat dari kondisi kolong terutama dari pH umumnya < 6 yang mana hampir semua logam mudah terlarut pada pH < 6. Kelarutan logam Pb bisa > 0.1 mg/L pada pH 6,5, namun kelarutan



Gambar 4. Pola biakumulasi logam berdasarkan nilai BAF terhadap ukuran (panjang) ikan

Dari empat jenis logam berat yang diteliti, Pb dan Zn termasuk jenis logam berat yang berbahaya untuk kesehatan

logam Pb menurun sekitar 0,001 mg/L pada pH > 8 (Weiner, 2000; Stumm and Morgan, 1995). Kandungan Fe dan Al yang tinggi di

air kolong mungkin ada hubungannya dengan kandungan kedua logam di sedimen dimana kedua logam ini merupakan unsur penyusun mineral yang dominan yang terdapat di daerah tambang timah (Tabel 5), sehingga baik sedimen dan dinding batuan secara konstan akan terus melepaskan logam yang terikat lemah akibat air yang ber pH rendah. Terlihat adanya korelasi positif yang signifikan antara kandungan logam di air dan sedimen (Gambar 5). Kolong Restoking terutama RES1 yang memang relatif lebih muda umurnya (< 10 tahun) dengan pH yang juga lebih rendah, sedimennya melarutkan lebih banyak logam dibandingkan sedimen kolong KJA seperti yang terlihat dari nilai

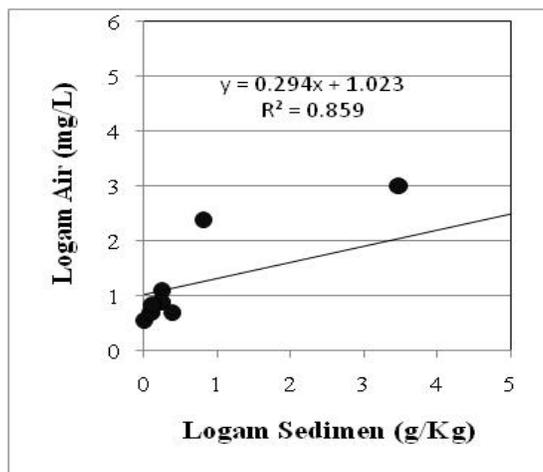
rasio kandungan logamair dan sedimen pada Tabel 6. Logam Pb dan Zn merupakan logam yang paling tinggi kelarutannya dibandingkan logam Fe dan Al. Nilai konstanta kelarutan ( $K_{sp}$ -solubility product) untuk senyawa hidroksida Fe dan Al, seperti  $Fe(OH)_3$  ( $K_{sp} = 10^{38.8}$ ) dan  $Al(OH)_3$  ( $K_{sp} = 10^{33.5}$ ) memang jauh lebih tinggi dibandingkan senyawa hidroksida  $Pb(OH)_2$  ( $K_{sp} = 10^{15.3}$ ) dan  $Zn(OH)_2$  ( $K_{sp} = 10^{16.8}$ ) yang menunjukkan bahwa Fe dan Al yang terikat pada mineral lebih stabil atau tidak mudah terlepas kembali ke kolom air dibandingkan Pb dan Zn (Stumm and Morgan, 1995).

Tabel 5. Kandungan logam di sedimen kolong

Nama Kolong	Fe	Al	Pb	Zn
Kolong KJA	2826- 14864	5812- 84506	12 - 108	6-261
Kolong RES 1	134	3476	10.5-12.3	21.5-22.7
Kolong RES 2	223- 4044	400 - 9202	4.20 - 20	3 - 4

Tabel 6. Rasio kelarutan logam di air terhadap sedimen

Kolong	Pb	Zn	Fe	Al
KJA	6.39E-03	2.64E-03	5.52E-04	3.91E-05
RES 1	6.56E-02	3.56E-02	6.27E-03	8.63E-04
RES 2	1.55E-02	7.75E-02	4.57E-04	1.37E-04



Gambar 5. Korelasi kandungan logam air dan di sedimen

Plankton merupakan pakan alami ikan untuk ikan herbivore. Kandungan logam pada plankton yang tinggi ditemukan pada kolong restoking RES 2 yang merupakan kolong yang sudah cukup tua dengan pH yang relatif lebih tinggi dibandingkan kolong lainnya. Sedangkan kolong KJA merupakan kolong yang tereksploitasi berat sehingga sudah dalam keadaan eutrofikasi dan tercemar oleh kandungan organik akibat sisa pakan dari aktifitas budidaya ikan. Kandungan plankton di kolong ini relatif lebih sedikit dikarenakan kandungan TSS dan VSS yang tinggi dan tutupan tanaman air yang tinggi di air kolong sehingga menghambat penetrasi cahaya ke dalam air (Henny dan Susanti, 2008). Fitoplankton sangat efektif dalam penyerapan logam di danau bekas tambang. Dari penelitian terdahulu penambahan posfor dilakukan ke danau bekas tambang untuk menstimulasi pertumbuhan plankton sehingga dapat menyisihkan kontaminan seperti logam di air danau bekas tambang dan tersedimentasi ke dasar danau (Dessouki *et al*, 2006). Tingginya kandungan logam pada plankton mendukung bioakumulasi kandungan logam yang tinggi pada ikan-ikan kecil maupun ikan berukuran besar di kolong RES 2. Pada kolong ini plankton merupakan pakan ikan –ikan kecil yang herbivora.

memakan ikan kecil yang mengandung logam. Ikan-ikan kecil herbivora mengalami bioakumulasi logam disebabkan memakan plankton yang juga mengandung logam. Menurut Moles, 2005, ikan karnivora yang berada pada tingkat trofik tertinggi akan mengalami bioakumulasi logam pada suatu perairan yang semua rantai makanannya seperti ikan herbivora dan plankton mengandung logam yang tinggi.

Bioakumulasi kandungan logam pada ikan yang melebihi standar mutu yang telah ditetapkan dapat menimbulkan keracunan atau membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi ikan tersebut. Sudah diketahui bahwa logam berat bersifat sangat toksik walau dalam jumlah kecil seperti Pb, As, Hg dan Cd. Toksisitas logam umumnya mempengaruhi otak dan ginjal dan sebagian bisa menyebabkan kanker. Efek toksisitas logam terhadap individu bisa beragam dimulai dengan sering pusing dan tubuh melemah (Weiner, 2000; Starug *et al*, 2000; Payton *et al*, 1998).

## KESIMPULAN

Bioakumulasi logam sudah terjadi pada ikan sebagai puncak tingkat trophik tertinggi di kolong bekas tambang timah dimana pada rantai makanan paling bawah seperti plankton dan ikan-ikan kecil sebagai

Tabel 7. Kandungan logam di plankton

Kolong	Fe	Zn	Pb	Al
KJA	9.4E+01-8.0E+04	1.6E+01-4.7E+03	7.4E+01-1.1E+02	1.5E+02-2.3E+04
Restoking 1	8.5E+01-8.7E+03	2.6E+03-2.6E+04	6.3E+00-1.8E+01	3.6E+03-1.5E+05
Restoking 2	7.1E+04-5.0E+05	2.7E+02-2.2E+04	6.2E+01-4.7E+02	1.1E+04-1.1E+05

Bioakumulasi logam pada ikan yang tinggi di suatu perairan bergantung kepada kandungan logam air dan rantai makanan. Seperti yang terlihat pada kolong restoking dimana ikan sangat bergantung kepada pakan alami mengalami bioakumulasi kandungan logam pada sistemnya. Ikan besar yang karnivora akan mengalami bioakumulasi logam pada sistemnya karena

konsumer pertama juga sudah mengandung logam yang tinggi. Faktor jenis ikan, umur, ukuran/berat ikan, sistem budidaya, sifat dan bioavailabilitas logam di air dan kondisi limnologis kolong bekas tambang sangat mempengaruhi pola bioakumulasi logam pada ikan. Pengembangan pemanfaatan kolong bekas tambang timah menyangkut budidaya ikan konsumsi seharusnya

memperhatikan faktor-faktor yang dapat menghindari terjadinya bioakumulasi logam pada ikan untuk mencegah keracunan dan dampak buruk terhadap kesehatan manusia.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alibabić V., N. Vahčić, & M. Bajramovic, 2007, Bioaccumulation of Metals in Fish of Salmonidae Family and the Impact on Fish Meat Quality, *Environ. Monit. Assess.*, 131(1-3): 349-364.
- Andreji J., I Stránai, P. Massányi, & M. Valent, 2005, Concentration of Selected Metals in Muscle of Various Fish Species, *J. Environ. Sci. Health A Tox. Hazard Subst Environ Eng.*, 40(4): 899-912.
- Brahmana, S. S., Armaita Sutriati, R. Widya S., & A. Sudarna, 2004, Potensi Pemanfaatan Sumber Air pada Kolam Bekas Penambangan Timah Di Pulau Bangka, *JLP*.vol. 18. No. 53.
- Dessouki, T. C. E., J. J. Hudson, B. R. Neal, & M. J. Bogard, 1999, The effects of Phosphorus Additions on the Sedimentation of Contaminants in a Uranium Mine Pit-Lake, *Applied Geochemistry*, 14: 669-687.
- Eary L. E., 1999, Review: Geochemical and Equilibrium Trends in Mine Pit Lakes. *Applied Geochemistry*, 14:963-987.
- Espana J. S., E. L. Pamo, E. S. Pastor, & M. D. Ercilla, 2008, The Acidic Mine Pit Lakes of the Iberian Pyrite Belt: An approach to their Physical Limnology and Hydrogeochemistry, *Applied Geochemistry* 23. 1260-1287.
- Henny C., & E. Susanti, 2009, Karakteristik Limnologis Kolong Bekas Tambang Timah di Pulau Bangka, Prosiding Seminar Nasional Perairan Darat, Palembang, 18 November.
- Henny C., & E. Susanti, 2008, Efek Pemanfaatan Insitu Terhadap Kualitas Air Kolong aasca Penambangan Timah. Seminar Nasional Perairan Darat. Bogor, 15-16 Oktober.
- Malik N., A.K. Biswas, T. A. Qureshi, K. Borana, & R. Virha, 2009, Bioaccumulation of Heavy Metals in Fish Tissues of a Freshwater Lake of Bhopal. *Environ Monit Assess.*
- Moles Jr, M. C., 2005, Ecology: Concepts and Application, McGraw Hill. International Edition, 622pp
- Noegrohati S., 2006, Bioaccumulation Dynamic of Heavy Metals in Oreochromis Nilotycus (Predicted through a bioaccumulation Model Constructed Based on Biotic Ligand Model (BLM)), *Berkala MIPA*, 16 (2).
- Payton M, Riggs KM, Spiro A, Weiss ST, Hu H., 1998, Relations of Bone dan Blood Lead to Cognitive Function: The VA Normative Aging Study, *Neurotox Teratol*, 19, 20:19-27.
- Shevenell, L., K. A. Connors, & C. D. Henry, 2005, Controls on Pit Lake Water Quality at Sixteen Open-Pit, *Water Research*, 39:3055-3061.
- Starug S, Haswell-Elkins MR., & Moore MR, 2000, Safe Levels of Cadmium Intake to Prevent Renal Toxicity in Human Subjects, *Br J Nutr*, 84:791-802.
- Stumm, W., & Morgan, J. J., 1996, Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters, John Wiley & Sons, New York, 1022 p.
- Subardja, Achmad Dj, Anggoro T, Rhazista N, Dwi Sarah, Arianto, & Nining, 2004, Studi Pengelolaan dan Pemanfaatan Lahan Bekas Penambangan Timah di Pulau Bangka dan Pemanfaatan Lahan Bekas penambangan Timah di Pulau Bangka. Laporan Teknis Proyek Puslit Geoteknologi-LIPI.

Weiner, E. R., 2000, Applications of Environmental Chemistry: A Practical Guide for Environmental Professionals, Lewis Publishers, Boca Raton, 276 p.