

AKUMULASI LOGAM BERAT (TIMBAL DAN TEMBAGA) PADA AIR, SEDIMEN DAN IKAN BANDENG (*CHANOS CHANOS FORSSKAL, 1775*) DI PERTAMBAKAN IKAN BANDENG DUKUH TAPAK, KELURAHAN TUGUREJO, KOTA SEMARANG

*The Accumulation of Heavy Metal (Lead And Copper) in Water, Sediment and Milkfish (*Chanos chanos* Forsskal, 1775) at Milkfish Ponds in Dukuh Tapak, Kelurahan Tugurejo, Semarang*

Aniek Suryani^a, Kukuh Nirmala^b, Daniel Djokosetyanto^b

^aSekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor, 16680 - missanytok@gmail.com

^bDepartemen Budidaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor, 16680

Abstract. Tapak River pollution that occurred for the last few years will lead to contamination of heavy metals in milkfish ponds located in Tapak area. This finding potentially causes the accumulation of heavy metals (lead and copper) in the water, sediments and organs (gills, liver and muscle) of milkfish and will affect fish productivity and food safety. The objectives of this study were to : analyze the accumulation of heavy metal in water, sediment and milkfish organ. The accumulation of heavy metal calculated by concentration factor of heavy metal in sediment and bioconcentration factor in milkfish organ. The rate concentration factor for heavy metal in sediment were 6679.003 ± 825.83 for Pb and 981.14 ± 156.77 for Cu. The calculation result of the average bioconcentration factor (BCF) of heavy metal (water) in each fish organ exhibited that Pb metal tended to be highly accumulate in all fish organs while Cu was low to high in accumulative. The BCF value of heavy metals (sediments) towards milkfish organ showed that Pb and Cu were slightly accumulative.

Keywords: Bioconcentration factor (BCF), heavy metals, milkfish, ponds in Dukuh Tapak, PTWI.

(Diterima: 20-07-2017; Disetujui: 20-11-2017)

1. Pendahuluan

Dukuh Tapak merupakan salah satu wilayah penghasil ikan bandeng di Kelurahan Tugurejo yang ber kontribusi terhadap pendapatan masyarakat setempat dan capaian produksi perikanan bandeng di Kota Semarang. Kelangsungan tambak bandeng di Dukuh Tapak bergantung pada sumber air yang berasal dari Sungai Tapak yang bercampur dengan air laut. Namun, indikasi pencemaran Sungai Tapak yang masih terjadi hingga saat ini dapat menjadi suatu ancaman bagi keberlangsungan usaha budidaya ikan bandeng. Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 bahwa pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Palar (2012) mengatakan bahwa pencemaran yang mampu menghancurkan tatanan lingkungan hidup berasal dari bahan yang memiliki daya racun (toksisitas) yang tinggi seperti senyawa kimia yang berbahana aktif dari logam berat. Berdasarkan data yang dilaporkan BLH Kota Semarang (2016) bahwa kandungan logam berat yang ditemukan di Sungai Tapak untuk logam Pb

berada pada kisaran $<0.0052-0.0533$ mg/l sedangkan logam Cu mencapai kisaran 0.0029-0.0065 mg/l.

Berkembangnya jenis industri yang berada di hulu Sungai Tapak sangat berpotensi menimbulkan pencemaran sungai akibat buangan limbah yang masuk ke dalam sungai dan mengalir menuju muara Tapak. Warga yang berada di wilayah Tugurejo sering mengeluhkan perusahaan yang masih membuang limbahnya tanpa pengelolaan terlebih dahulu. Meskipun larangan tersebut sudah diatur di dalam Perda No.13 Tahun 2006 tentang Pengendalian Lingkungan Hidup akan tetapi masih ada dugaan terhadap perusahaan yang membuang limbahnya belum sesuai dengan ketentuan. Ningwuri dan Aditika (2015) berpendapat bahwa masalah pencemaran yang terjadi di Sungai Tapak merupakan dampak langsung dari pembuangan limbah yang dilakukan oleh pabrik. Pada awal tahun 1990, terjadi sengketa lingkungan oleh adanya sebuah industri minuman yang ditengarai membuang limbah yang mencemari Sungai Tapak sehingga berdampak pada kelangsungan hidup ikan yang dibudidayakan. Menurut Sukhla *et al.* (2007) bahwa pencemaran logam berat yang berbahaya di perairan disebabkan buangan limbah industri. Berdasarkan hasil penelusuran Susanah (2011) bahwa sebaran jenis industri yang berada di sekitar Dukuh Tapak Kecamatan Tugurejo Semarang antara lain industri pengepakan ikan, industri sabun, industri

makanan, industri meubel, industri keramik dan perlengkapan rumah tangga, industri paku, dan lain sebagainya. Selain jenis industri yang berada di sekitar sungai, maka limbah domestik dan pertanian diduga juga turut menambah beban pencemaran di sungai tersebut. Connell dan Miller (2006) mengungkapkan bahwa sumber utama pemasukan logam berat berasal dari kegiatan pertambangan, cairan limbah rumah tangga, limbah dan buangan industri serta aliran dari pertanian.

Tambak bandeng yang berada di Dukuh Tapak merupakan bagian dari muara Tapak yang mengalir dari bagian hulu yang berada di Taman Lele dan Sungai Beji (Martuti, 2012). Sumber utama pasokan air tambak di Dukuh Tapak berasal dari air sungai yang bercampur dengan air laut pada saat pasang. Hal tersebut sangat memungkinkan terbawanya bahan pencemar ke dalam lingkungan tambak yang berasal dari air sungai dan muara Tapak. Indikasi pencemaran yang paling mencolok terjadi pada musim penghujan yang ditandai dengan adanya perubahan warna air sungai menjadi hitam pekat dan disertai bau yang menyengat. Pada musim tersebut, pembudidaya tambak harus melakukan upaya untuk menahan air sungai agar tidak masuk ke dalam tambak karena dapat mengancam kelangsungan hidup ikan bandeng yang dipelihara.

Irianto (2005) mengungkapkan bahwa pencemaran logam berat sangat merugikan ikan baik secara fisik maupun fisiologik, seperti kerusakan vertebral dan kerusakan lamella sekunder pada insang. Disamping itu, Darmono (2001) menyatakan bahwa akumulasi logam berat terhadap ikan dapat mempengaruhi aspek ekonomi yaitu menurunkan mutu hasil perikanan dan nilai jual bahkan terjadinya penolakan akibat tingginya residu logam pada produk perikanan yang dihasilkan. Dengan demikian, media pemeliharaan budidaya ikan harus layak agar tidak menimbulkan resiko bagi ikan yang dibudidayakan maupun bahaya keamanan pangan. Logam berat yang masuk ke dalam tubuh makhluk hidup akan mengalami biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi. Hidayah (2013) mengungkapkan bahwa dampak yang ditimbulkan dari adanya logam berat dalam perairan tergantung dari keberadaan logam dalam air dan sedimen. Berdasarkan studi pendahuluan yang dilaksanakan pada awal Maret 2017 diketahui bahwa konsentrasi logam Pb dan Cu yang terakumulasi pada ikan keting yang ditangkap pada muara Sungai Tapak masing masing mencapai 1.35 mg/kg dan 4.8 mg/kg. Adanya kandungan logam berat yang ditemukan pada ikan keting tersebut dapat menjadi indikator kemungkinan terjadinya kontaminasi logam berat (Pb dan Cu) baik di lingkungan perairan sungai maupun ekosistem tambak. Berdasarkan hasil penelitian Martuti (2012) bahwa terjadinya akumulasi

logam berat pada ikan dapat diketahui dari meningkatnya kadar logam berat Cu yang di perairan < 0.1 mg/l, sedangkan dalam tubuh ikan meningkat menjadi <0.01 – 3.8 ppm. Hal tersebut menunjukkan bahwa sekecil apapun kadar logam berat dalam badan perairan dapat menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat pada tubuh ikan. Menurut Asante *et al.* (2014) bahwa tingkat bioakumulasi logam berat dalam organisme air tergantung pada kemampuan organisme dalam memetabolisme logam dan keberadaan konsentrasi logam di dalam perairan.

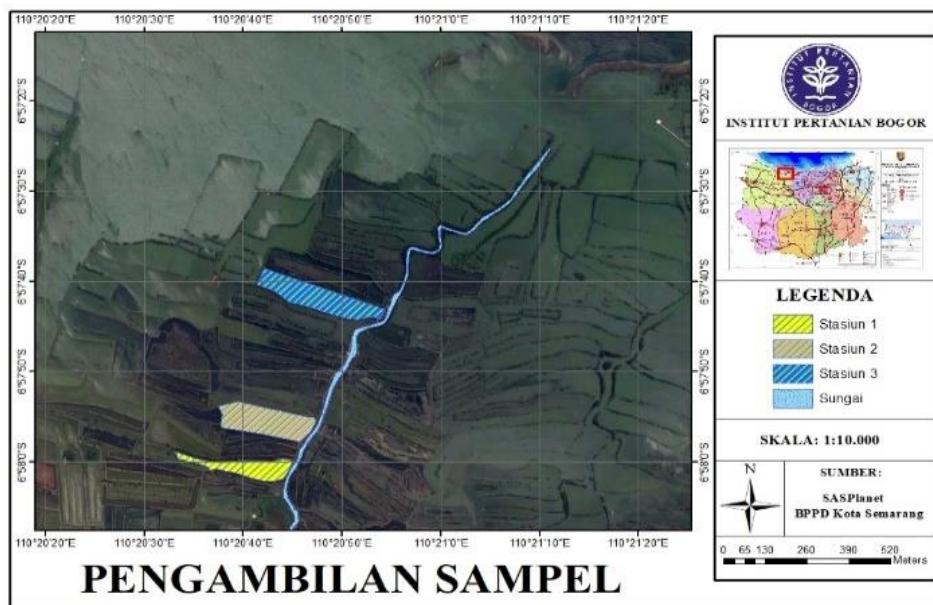
Turkmen *et al.* (2009) mengungkapkan bahwa ditemukannya kandungan logam berat pada konsentrasi rendah atau tinggi dapat menjadi faktor resiko terhadap munculnya berbagai penyakit. Tembaga (*copper*) termasuk logam essensial yang memainkan peranan dalam sistem biologi sedangkan timbal (*lead*) merupakan logam non essensial yang bersifat toksik. Darmono (2001) menyatakan bahwa masuknya logam berat ke dalam tubuh manusia dapat melalui beberapa jalan, yaitu inhalasi (melalui pernapasan), termakan (melalui saluran pencernaan) dan penetrasi melalui kulit. Menurut Saputra (2009) bahwa dampak akumulasi logam berat yang terjadi pada ikan antara lain dapat menurunkan tingkat kematangan gonad, menutup membran insang, sehingga ikan akan kekurangan oksigen serta menghambat pertumbuhan disamping itu daging ikan akan menjadi tidak aman untuk dikonsumsi. Selanjutnya, Sucipto (2016) mengungkapkan bahwa pangan yang tidak aman dapat menyebabkan penyakit yang disebut *foodborne disease*, yaitu gejala penyakit yang timbul akibat mengkonsumsi pangan yang mengandung bahan/senyawa beracun atau organisme patogen. Menurut Widowati *et al.* (2008) bahwa logam berat dapat menimbulkan efek gangguan terhadap kesehatan manusia, tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat di dalam tubuh serta besarnya dosis paparan.

Mengingat bahaya logam berat dapat mempengaruhi produktivitas ikan budidaya maupun kesehatan manusia maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis akumulasi logam berat di air, sedimen dan organ ikan bandeng (insang, hati dan daging).

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada pertambakan ikan bandeng di Dukuh Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kota Semarang. Waktu penelitian dilaksanakan pada Bulan Maret – April 2017 dengan lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

2.2. Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini, berupa satu set alat analisis AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometre*) yang berada di laboratorium Produktivitas Lingkungan (ProLing) - Institut Pertanian Bogor (IPB), dengan batas deteksi alat seperti pada Tabel 1. Alat yang digunakan untuk pengambilan sampel, berupa: jaring ikan, *cool box*, alat pengambil sedimen, pipet tetes, timbangan analitik, penggaris, alat dokumentasi, alat bedah, *hand GPS* Garmin, dan penggaris. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: air, sedimen, ikan bandeng ukuran konsumsi (insang, hati dan daging), botol dan plastik *polyethylene* (PE), botol *jar* volume 500 ml, tisu, lakban, kertas label, HNO₃ pekat, dan aquades.

Tabel 1. Batas deteksi alat AAS untuk pengujian logam berat (Pb dan Cu) pada air, sedimen dan ikan di Laboratorium Pro-Ling

No	Parameter	Batas Deteksi Alat		
		Air (mg/l)	Sedimen (mg/kg)	Ikan (mg/kg)
1	Pb	0.006	0.23	0.23
2	Cu	0.003	1.20	1.20

2.3. Penentuan Titik Sampling

Pendekatan pengambilan sampel air, sedimen dan ikan bandeng didasarkan pada tambak-tambak yang sedang melakukan panen ikan bandeng atau telah mencapai ukuran konsumsi sehingga diperoleh koordinat pengambilan sampel sesuai Tabel 2. Pengambilan sampel dilakukan pada 3 (tiga) stasiun tambak dengan pengulangan sebanyak 3 (tiga) kali.

2.4. Cara pengambilan sampel

Sampel air diambil pada setengah kedalaman tambak sebanyak 3 (tiga) kali di setiap stasiun tambak. Sampel yang diambil pada setiap titik sebanyak ± 500 ml kemudian dimasukkan pada botol PE dan ditambahkan 10 tetes HNO₃. Selanjutnya, botol sampel dimasukkan ke dalam *cool box* yang telah berisi *blue ice pack* atau es batu. Pengambilan sampel sedimen dilakukan hingga kedalaman 20 cm dari permukaan sedimen dengan berat ±500 gram.

Tabel 2. Koordinat titik pengambilan sampel air, sedimen dan ikan Bandeng di Tambak Tapak

Titik Sampling	Koordinat	
	S	E
Stasiun I	06°58'02.00"	110°20'44.00"
Stasiun II	06°57'55.00"	110°20'46.80"
Stasiun III	06°57'44.00"	110°20'53.40"

Kemudian, sampel sedimen dimasukkan ke dalam botol *jar* dan disimpan pada *cool box* yang telah berisi *blue ice pack* atau es batu. Sampel ikan diambil ±500 gram secara komposit sebanyak 3 (tiga) kali pada setiap stasiun tambak kemudian sampel diukur panjang dan ditimbang bobotnya. Rata-rata panjang dan bobot keseluruhan ikan pada setiap stasiun ditunjukkan pada Tabel 3. Setelah itu, ikan dibedah untuk memperoleh organ target yang diteliti, yaitu: insang, hati dan daging. Sampel organ ikan yang telah dipisahkan selanjutnya ditimbang dan dimasukkan ke dalam plastik PE dan disimpan pada *cool box* yang telah berisi *blue ice pack* atau es batu. Rata-rata bobot insang dan hati pada setiap stasiun tambak disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3. Rata-rata panjang dan bobot ikan bandeng di Tambak Tapak

Stasiun Tambak	Kisaran panjang ikan (min-max)	Rata-rata panjang ikan ± SD (cm)	Kisaran bobot ikan (min-max)	Rata-rata bobot ikan ± SD (cm)
Stasiun I	27.95-29.15	28.67±0.63	463-500	484.33± 19.14
Stasiun II	36.50-39.70	38.57±1.79	583-565	563.67± 20.03
Stasiun III	23.70- 24.50	24.06±0.40	496-570	535± 37.16

Tabel 4. Rata-rata bobot insang dan hati ikan bandeng di Tambak Tapak

Stasiun Tambak	Kisaran bobot insang (min-max)	Rata-rata bobot insang ± SD (gram)	Kisaran bobot hati (min-max)	Rata-rata bobot hati ± SD (gram)
Stasiun I	15-19	17.67±2.31	3-5	4±1
Stasiun II	20-22	21.33±1.15	6-7	6.33± 0.57
Stasiun III	25-37	32±6.24	8-10	8.67± 1.15

3. Analisis Data

3.1. Analisa Faktor Konsentrasi (FK)

Penghitungan nilai FK bertujuan untuk mengetahui kemampuan akumulasi logam berat pada sedimen dibandingkan dengan pada kolom air tambak. Nilai FK diperoleh dengan mengikuti rumus yang diadopsi dari Siregar dan Edward (2010):

$$FK = \frac{[\text{Logam berat}] \text{ sedimen}}{[\text{Logam berat}] \text{ air}}$$

3.2. Analisa Faktor Biokonsentrasi (Bioconcentration Factor/BCF)

Penghitungan nilai BCF untuk mengetahui tingkat akumulasi logam berat pada organ ikan dibandingkan dengan media lingkungannya (air dan sedimen). Connel dan Miller (2006) menyatakan bahwa biokonsentrasi adalah masuknya bahan pencemar secara langsung dari air melalui insang ataupun kulit. Faktor biokonsentrasi dihitung berdasarkan rumus berikut yang diadopsi dari Mountouris *et al.* (2002) dalam Potipat *et al.* (2015):

$$BCF = \frac{[\text{Logam berat}] \text{ biota}}{[\text{Logam berat}] \text{ ambient medium}}$$

Ambient medium menggambarkan konsentrasi logam berat pada ambient (air dan sedimen).

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Faktor Konsentrasi (FK) Logam Berat pada air dan sedimen.

Nilai FK diperoleh berdasarkan hasil perhitungan konsentrasi logam berat pada air dan sedimen. Pengukuran logam Pb dalam air pada setiap stasiun menunjukkan hasil yang bervariasi yaitu mencapai 0.0093 – 0.0107 mg/l sedangkan kandungan logam Cu berada pada kisaran 0.0480 – 0.0733 mg/l. Kandungan logam berat pada sedimen di setiap stasiun tambak, masing - masing berada pada kisaran 55.90 – 81.34 mg/kg untuk logam Pb dan 55.76 – 66.09 mg/kg untuk logam Cu. Rata-rata kandungan logam Pb dalam air dan sedimen adalah 0.0099± 0.0013 mg/l dan 66.52± 25.46 mg/kg sedangkan rata-rata kandungan logam Cu dalam air dan sedimen adalah 0.0629± 0.014 mg/l dan 60.36± 8.56 mg/kg. Data pengukuran logam berat pada air dan sedimen tambak dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata dan standar deviasi (SD) konsentrasi logam berat dalam air dan sedimen di Tambak Tapak

Stasiun Tambak	Air (mg/l)		Sedimen (mg/kg)	
	Pb	Cu	Pb	Cu
Stasiun I	0.0097± 0.0021	0.0673± 0.0055	62.32± 15.69	59.23± 9.84
Stasiun II	0.0093± 0.0006	0.0480± 0.0115	55.90± 5.57	55.76± 3.77
Stasiun III	0.0107± 0.0006	0.0733± 0.0087	81.34± 42.32	66.09± 9.97
Rata-rata ± SD	0.0099± 0.0013	0.0629± 0.014	66.52± 25.46	60.36± 8.56

Masuknya cemaran logam berat ke dalam lingkungan tambak dapat menimbulkan terjadinya proses akumulasi dalam air, sedimen maupun tubuh komoditas yang dibudidayakan. Hal tersebut disebabkan ikan dapat menyerap cemaran logam berat ke dalam tubuhnya secara aktif dan pasif. Ridhowati (2013) menyatakan bahwa *passive uptake* dilakukan dengan 2 (dua) cara yaitu dengan pertukaran ion yang digantikan dengan logam berat dan kedua adalah pembentukan senyawa kompleks antara ion antara logam berat dengan senyawa fungsional secara cepat. Selanjutnya, *active uptake* merupakan mekanisme

masuknya logam essensial melalui sistem transpor membran.

Keberadaan logam berat di kolom air juga dapat membahayakan bagi kehidupan fitoplankton akibat efek akumulasi logam berat yang mengendap di perairan. Logam berat yang mengendap tersebut akan sulit terlepas ke perairan sehingga kandungan logam berat di dasar perairan lebih besar dibandingkan pada kolom air. Sumber logam berat yang terdapat di lingkungan tambak Tapak diduga berasal dari aktivitas antropogenik seperti industri, pemukiman maupun pertanian. Jenis industri yang berada di hulu DAS Tapak, antara lain : pabrik keramik, pabrik pengolahan

kayu, industri obat dan kosmetika, industri makanan, dan industri sabun bayi. Oleh karena itu, potensi akumulasi pada lingkungan budidaya sangat mungkin terjadi. Gambaran yang menginformasikan berapa kali lebih tinggi kandungan logam berat yang terendap dan terakumulasi pada sedimen akibat proses transportasi logam berat dari kolom air dihitung menggunakan faktor konsentrasi. Pada penelitian ini diperoleh nilai faktor konsentrasi logam berat di sedimen bervariasi pada masing-masing stasiun dengan kisaran $6010.43 - 7602.15$ untuk Pb dan $880.09 - 1161.73$ untuk Cu. Rata-rata nilai FK logam Pb di sedimen 6679.003 ± 825.83 yang menunjukkan bahwa kandungan logam Pb dalam sedimen mencapai 6679 kali lebih tinggi dibandingkan kandungan logam Pb pada kolom air. Selanjutnya, nilai FK logam Cu pada sedimen telah mencapai rata-rata 981.14 ± 156.77 yang berarti bahwa kandungan logam Cu pada sedimen mencapai 1001 kali lebih tinggi dibandingkan kandungan logam Cu pada kolom air. Hasil perhitungan nilai FK sedimen dan air di tambak dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Faktor Konsentrasi (FK) sedimen dan air di Tambak Tapak

Stasiun Tambak	Logam Berat	
	Pb	Cu
Stasiun I	6424.43	880.09
Stasiun II	6010.43	1161.73
Stasiun III	7602.15	901.59
Rata-rata \pm SD	6679.003 ± 825.83	981.14 ± 156.77

Berdasarkan hasil perhitungan FK logam berat (Pb dan Cu) pada sedimen diketahui adanya kontribusi logam berat dalam kolom air yang menyebabkan peningkatan konsentrasi logam berat mencapai ratusan hingga ribuan kali. Mulyani *et al.* (2015) menyatakan bahwa kemampuan sedimen dalam mengakumulasi logam berat disebabkan proses akumulasi bahan yang tidak larut dalam air dan kemudian terendapkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa sedimen merupakan *reservoir* bagi bahan pencemar di perairan. Tingginya akumulasi logam berat pada sedimen akan mempengaruhi kualitas sedimen sehingga berpotensi menimbulkan efek merugikan terhadap organisme akuatik. Disamping itu, tingginya akumulasi logam berat pada sedimen juga akan berpotensi mempercepat terjadinya bioakumulasi pada tubuh ikan bandeng. Shukla *et al.* (2007) mengatakan bahwa setelah masuk ke dalam air, logam berat dapat terabsorpsi pada permukaan padat (sedimen), tetapi larut atau tersuspensi di dalam air atau diambil fauna. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata nilai faktor konsentrasi logam Pb secara keseluruhan lebih tinggi dibandingkan dengan logam Cu kemungkinan disebabkan adanya kompetisi kedua logam untuk dapat terikat di dalam bahan organik. Disamping itu, logam Pb merupakan logam yang sulit didegradasi dan bersifat akumulatif. Menurut Widowati *et al.* (2008) bahwa logam berat yang terlarut di dalam air akan berpindah ke dalam sedimen dan berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi pemukaan sedimen sehingga terjadi penyerapan langsung oleh permukaan sedimen. Selanjutnya, Paundanan (2015) berpendapat

bahwa terakumulasinya logam berat di dalam sedimen sangat dipengaruhi berbagai faktor seperti suhu, salinitas dan jenis logam itu sendiri yang sifatnya sulit terurai sehingga terakumulasi dalam sedimen.

4.2. Faktor Biokonsentrasi (Bioconcentration Factor/BCF) Logam Berat pada Organ Ikan Bandeng.

Kontaminasi logam berat yang masuk ke dalam lingkungan budidaya akan menyebabkan akumulasi logam berat pada komoditas yang dibudidayakan. Mukhtasor (2007) menyatakan bahwa bioakumulasi adalah pengambilan dan penyimpanan bahan-bahan kimia (polutan) dari sumber eksternal seperti makanan, air, substrat dan udara. Menurut Mukono (2010) bahwa perpindahan bahan toksik ke dalam organ organisme melalui 4 (empat) proses yaitu: absorpsi, distribusi, metabolisme dan ekskresi dengan perjalanan toksikan yang dimulai dari masuknya ke kompartemen lingkungan, kemudian mengalami proses transfer dan akhirnya mengalami transformasi.

Kemampuan organ ikan dalam mengakumulasi logam berat juga dapat ditentukan melalui perhitungan faktor biokonsentrasi (BCF). Penentuan nilai faktor biokonsentrasi (BCF) didasarkan perbandingan antara konsentrasi logam berat pada organ ikan dengan konsentrasi logam berat dalam kolom air serta perbandingan konsentrasi logam berat pada organ ikan dengan konsentrasi dalam sedimen. Rata-rata kandungan logam Pb pada insang, hati dan daging ikan bandeng, masing-masing adalah: 3.07 ± 0.35 , 5.06 ± 1.03 mg/kg dan 2.07 ± 0.13 mg/kg. Sedangkan, rata-rata konsentrasi logam Cu pada setiap organ tersebut, adalah: 4.80 ± 1.67 mg/kg, 15.70 ± 8.83 mg/kg dan 1.76 ± 1.42 mg/kg. Data konsentrasi logam berat pada organ ikan dapat dilihat pada Tabel 7 hingga Tabel 9, sedangkan hasil perhitungan BCF disajikan pada Tabel 10 hingga Tabel 12.

Analisis faktor biokonsentrasi (BCF) bertujuan untuk mengetahui tingkat akumulasi logam berat dalam kolom air dan sedimen terhadap organ ikan bandeng di Tambak Tapak. Kisaran nilai BCF logam Pb pada kolom air terhadap organ ikan bandeng, yaitu $210.04 - 510.29$ termasuk dalam kategori akumulatif tinggi (BCF 100-1000) sedangkan kisaran nilai BCF logam Cu pada kolom air terhadap organ ikan bandeng berada pada kisaran $26.94 - 249.19$ termasuk kategori akumulatif rendah (BCF <30) hingga tinggi. Sementara itu, kisaran nilai BCF logam berat (Pb dan Cu) pada sedimen terhadap organ ikan bandeng termasuk kategori akumulatif rendah. Nilai faktor biokonsentrasi (BCF) logam Pb dan Cu terbesar dalam kolom air ditemukan pada organ hati ikan bandeng, masing-masing sebesar : 510.29 dan 249.19 . Adapun nilai BCF logam Pb dan Cu pada kolom air pada bagian insang, masing-masing sebesar 311.87 dan 75.41 sedangkan pada bagian daging masing-masing sebesar 210.04 dan 26.94 . Menurut Extoxnet (2002) dalam Taufik dan Setiadi (2012) bahwa semakin tinggi nilai BCF suatu bahan kimia dalam suatu biota

menunjukkan bahwa potensi bioakumulasi atau biomagnifikasi substansi tersebut semakin besar dan semakin tinggi. Oleh karena itu, nilai BCF dapat dijadikan sebagai indikator pengaruh negatif suatu bahan kimia beracun terhadap ekosistem dan keamanan pangan.

Tabel 7. Rata-rata dan standar deviasi (SD) konsentrasi logam berat pada insang ikan bandeng di Tambak Tapak

Stasiun Tambak	Insang Ikan (mg/kg)	
	Pb	Cu
Stasiun I	3.09±0.43	4.47±0.78
Stasiun II	3.15±0.43	3.40±0.73
Stasiun III	2.97±0.32	6.53±1.56
Rata-rata ±SD	3.07±0.35	4.80±1.67

Tabel 8. Rata-rata dan standar deviasi (SD) konsentrasi logam berat pada hati ikan bandeng di Tambak Tapak

Stasiun Tambak	Hati Ikan (mg/kg)	
	Pb	Cu
Stasiun I	4.38±0.79	12.52±0.91
Stasiun II	4.92±0.86	12.51±4.03
Stasiun III	5.87±1.10	22.07±14.27
Rata-rata ±SD	5.06±1.03	15.70±8.83

Tabel 9. Rata-rata dan standar deviasi (SD) konsentrasi logam berat pada daging ikan bandeng di Tambak Tapak

Stasiun Tambak	Daging Ikan (mg/kg)	
	Pb	Cu
Stasiun I	2.14±0.19	2.02±1.80
Stasiun II	2.003±0.12	0.87±1.51
Stasiun III	2.07±0.01	2.39±0.82
Rata-rata ±SD	2.07±0.13	1.76±1.42

Tabel 10. Nilai BCF logam berat pada organ insang ikan bandeng di Tambak Tapak

Stasiun Tambak	BCF [Insang/Air]		BCF [insang/sedimen]	
	Pb	Cu	Pb	Cu
Stasiun I	319.31	66.39	0.05	0.07
Stasiun II	337.86	70.83	0.06	0.06
Stasiun III	278.44	89	0.04	0.10
Rata-rata	311.87	75.41	0.05	0.08
±SD	±30.40	±11.98	±0.01	±0.02

Tabel 11. Nilai BCF logam berat pada organ hati ikan bandeng di Tambak Tapak

Stasiun Tambak	BCF [Hati/ Air]		BCF [Hati/Sedimen]	
	Pb	Cu	Pb	Cu
Stasiun I	453.45	185.94	0.07	0.21
Stasiun II	526.79	260.69	0.09	0.22
Stasiun III	550.62	300.95	0.07	0.33
Rata-rata	510.29	249.19	0.07	0.25
±SD	±50.65	±58.36	± 0.010	± 0.07

Tabel 12. Nilai BCF logam berat pada organ daging ikan Bandeng di Tambak Tapak

Stasiun Tambak	BCF [Daging/ Air]		BCF [Daging/Sedimen]	
	Pb	Cu	Pb	Cu
Stasiun I	221.72	30.05	0.03	0.03
Stasiun II	214.64	18.19	0.04	0.02
Stasiun III	193.75	32.59	0.02	0.04
Rata-rata	210.04	26.94	0.03	0.03
±SD	±14.54	±7.68	± 0.01	± 0.01

Berdasarkan hasil perhitungan BCF logam berat dalam kolom air terhadap ikan bandeng di tambak

Dukuh Tapak menunjukkan bahwa nilai BCF logam Pb dan Cu pada kolom air tertinggi ditemukan pada hati ikan bandeng yang kemudian diikuti dengan insang dan daging. Jika dibandingkan dengan akumulasi logam berat pada lingkungan tambak, maka diperoleh gambaran pola akumulasi logam berat pada kolom air < organ ikan < sedimen. Hal tersebut mengindikasikan bahwa penyerapan logam berat ke dalam tubuh ikan lebih besar pada kolom air dibandingkan sedimen sehingga meningkatkan kepekatan konsentrasi logam berat pada organ ikan yang kemudian akan terakumulasi. Selain itu, besarnya akumulasi logam berat pada organ ikan dibandingkan dengan air disebabkan ikan bandeng cenderung hidup di kolom air sehingga terjadi kontak langsung dengan air dan penyerapan logam berat secara difusi melalui air. Mulyani *et al.* (2015) menyatakan bahwa akumulasi logam berat oleh ikan di lingkungan perairan dapat terjadi melalui 3 (tiga) cara akumulasi, yaitu : akumulasi logam berat dari sedimen, sistem rantai makanan dan logam berat yang terlarut dalam air. Ditemukannya akumulasi logam berat yang lebih tinggi pada organ ikan terutama pada hati ikan disebabkan hati merupakan organ utama regulasi logam pada ikan dan paparan logam berat akan menghasilkan induksi produksi *metallothionein* dan pengikatan logam pada protein (Shukla *et al.*, 2007).

Hidayah (2013) menyatakan bahwa bioakumulasi dalam organisme air secara umum dipengaruhi oleh kandungan logam berat dalam air, pakan, jenis ikan, ekskresi dan metabolisme. Proses bioakumulasi menimbulkan konsentrasi suatu komponen kimia di dalam tubuh organisme dapat lebih tinggi dibandingkan konsentrasinya di lingkungan atau dalam makanan organisme tersebut. Apabila dibandingkan dengan nilai BCF logam Pb dan Cu, maka nilai BCF (logam berat pada kolom air terhadap organ ikan bandeng) yang tertinggi adalah logam Pb. Hal tersebut menunjukkan bahwa organ ikan bandeng mempunyai kemampuan yang tinggi dalam mengakumulasi logam Pb pada kolom air yang menyebabkan konsentrasi logam berat pada tubuh ikan akan lebih besar dibandingkan dengan media hidupnya. Sementara itu, nilai BCF logam Pb dan Cu pada sedimen menunjukkan bahwa kemampuan organ ikan bandeng dalam mengakumulasi logam berat pada sedimen termasuk dalam kategori rendah. Amriani *et al.* (2011) menyatakan bahwa besar kecilnya BCF tergantung pada jenis logam berat, organisme, lama pemparapan serta kondisi lingkungan perairan. Tingginya nilai BCF logam Pb pada organ ikan bandeng disebabkan logam tersebut termasuk logam *non essensial* yang memiliki kecenderungan sulit dimetabolisme di dalam tubuh ikan sehingga mengakibatkan logam Pb menumpuk pada organ ikan. Widowati *et al.* (2008) menyatakan bahwa logam Pb bersifat akumulatif. Menurut Al Najare *et al.* (2015) bahwa akumulasi timbal pada ikan dapat mengubah sifat hemoglobin dengan mengurangi afinitasnya terhadap oksigen sehingga menyebabkan terjadinya pembengkakan dan kerusakan. Asante *et al.* (2015)

berpendapat bahwa bioakumulasi logam berat pada organisme akuatik bergantung pada kemampuan organisme dalam melakukan metabolisme logam dan konsentrasi logam yang ada di perairan. Selanjutnya, Yulaipi dan Aunorohim (2013) mengatakan bahwa logam berat dapat terakumulasi di dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam jangka waktu lama sebagai racun. Adanya sejumlah sumber logam berat baik air maupun sedimen yang dipindahkan ke dalam organ ikan kemungkinan akan mempengaruhi keberadaan logam berat tersebut pada kompartemen lingkungan.

Lawrence and Hemingway (2003) berpendapat bahwa pencemaran logam berat di perairan akan memberikan konsekuensi terhadap aspek ekonomi serta kesehatan manusia. Berdasarkan aspek ekonomi, pencemaran perairan akan mengurangi keuntungan finansial akibat menurunnya populasi dan kualitas. Terakumulasinya logam berat pada tubuh ikan bandeng akan mengakibatkan efek toksik pada manusia apabila dikonsumsi secara terus menerus. Eneji *et al.* (2011) mengatakan bahwa bioakumulasi yang terjadi pada suatu organisme tergantung pada kemampuan organisme dalam mencerna logam berat dan konsentrasi logam berat yang ada di lingkungan sekitar. Menurut Palar (2012) bahwa proses masuknya logam berat pada tubuh manusia dapat melalui beberapa jalur yaitu melalui makanan dan minuman, udara dan penetrasi pada lapisan kulit. Mukono (2010) menyatakan bahwa absorpsi bahan toksik oleh saluran pencernaan, pernafasan dan kulit tergantung sifat fisika dan kimia bahan toksik tersebut. Terjadinya akumulasi logam berat (Pb dan Cu) pada ikan bandeng di Tambak Tapak harus diwaspadai agar ikan yang dikonsumsi tidak menimbulkan resiko kesehatan bagi manusia. Ridhowati (2013) berpendapat bahwa timbal (Pb) dapat menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan haemoglobin (Hb). Kemudian, Riani (2012) menyatakan bahwa Cu dapat berikatan dengan gugus sulfidril sehingga akan menghambat sistem kerja enzim dan fungsi protein. Cu juga dapat menghalangi posisi ion logam essensial, menghalangi proses transportasi antar sel dan mengakibatkan terjadinya kerusakan oksidatif pada tubuh. Darmono (2001) mengungkapkan bahwa gejala toksisitas timbal pada orang dewasa yang terlihat adalah penderita terlihat pucat, sakit perut, muntah, anemia dan secara psikologi dan neuropsikologi ditemukan gejala sulit mengingat-ingat (sistem meori sangat berkurang), konsentrasi menurun, kurang lancar berbicara dan gejala syaraf lainnya. Selanjutnya, Sembel (2015) mengungkapkan bahwa mengkonsumsi tembaga dalam jumlah besar akan merusak ginjal dan hati bahkan dapat mengakibatkan kematian. Penyakit lainnya yang dapat diakibatkan adanya akumulasi tembaga adalah melemahnya otot jantung dan akumulasi kalsium dalam ginjal.

5. Kesimpulan

Lingkungan tambak ikan bandeng di Dukuh Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kota Semarang telah terakumulasi logam berat baik pada air, sedimen maupun organ ikan bandeng. Kemampuan akumulasi logam berat pada sedimen ditunjukkan dengan adanya konsentrasi logam berat pada sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi logam berat pada air. Hati merupakan organ ikan yang paling banyak mengakumulasi logam berat dibandingkan dengan organ ikan bandeng lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] Al Najare, Jaber, Talal, Hantoush, 2015. The Concentrations of Heavy Metals (Copper, Nickel, Lead, Cadmium, Iron, Manganese) In *Tenualoosa ilisha* (Hamilton, 1822) hunted from Iraqi Marine Water. *J. Mesop Environ.* 1(3), pp. 31-43.
- [2] Amriani, Hendrarto B., Hadiyarto A., 2011. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Kerang Darah (*Anadara granosa* L.) dan Kerang Bakau (*Polymesoda bengalensis* L.) di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Ilmu Lingkungan.* 9(2), pp. 45-50.
- [3] Asante F., Agbeko E., Addae G., Quainoo A. K., 2014. Bioaccumulation of Heavy Metals in Water, Sediments and Tissues of Some Selected Fishes From The Red Volta, Nangodi in the Upper East Region of Ghana. *British Journal of Applied Science & Technology.* 4(4), pp. 594-603.
- [4] [BLH] Badan Lingkungan Hidup Kota Semarang, 2016. Laporan Akhir Kajian Daya Tampung dan Mutu Kelas Air Sungai Tapak. Planner Consultant, Semarang.
- [5] [BPS] Badan Pusat Statistik, 2015. Rata-rata Konsumsi per Kapita Seminggu Beberapa Macam Bahan Makanan. [terhubung berkala]. <https://www.bps.go.id/> [03 Mei 2017].
- [6] Connell, D.W., Miller, G.J., 2006. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- [7] Darmono, 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- [8] Eneji I.S., Sha'ato R., Annune P.A. 2011. Bioaccumulation of Heavy Metals in Fish (*Tilapia Zilli* and *Clarias Gariepinus*) Organs From River Benue, North - Central Nigeria. *Pak. J. Anal. Environ. Chem.* 12 (1&2).
- [9] Hidayah, A.M., 2013. Kandungan Logam Berat Pada Air, Sedimen dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linn.) di Keramba Danau Rawapening. Tesis. Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [10] Irianto A., 2005. Patologi Ikan Teleostei. Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- [11] Lawrence A.J. and Hemingway K.L., 2003. Effect of Pollution in Fish : Molecular Effect and Population Responses. First Publishing. Wiley-Blackwell Publishing Company.
- [12] Martuti N.K.T., 2012. Kandungan Logam Berat Cu dalam Ikan Bandeng. Studi Kasus di Tambak Wilayah Tapak Semarang. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan.
- [13] Mukhtasor, 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [14] Mukono H.J., 2010. Toksikologi Lingkungan. Airlangga University Press, Surabaya.
- [15] Mulyani S, Irsadi A, Kariada N.K.T., 2015. Analisis Pola Akumulasi Logam Cu Ikan Bandeng Selama Periode Pertumbuhan di Tambak. Laporan Kemajuan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi. Semarang.
- [16] Ningwuri, Aditika, A., 2015. Dua Budaya, Pertanian dan Industri Matapencahanan dalam Masyarakat Pesisir Dukuh Tapak, Tugurejo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Jurnal Kajian Kebudayaan.* 10 (1), pp. 1-25.
- [17] Palar, H., 2012. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- [18] Paundanan , M, 2015. Kontaminan Logam Berat (Hg dan Pb) pada Air, Sedimen dan Ikan Selar Tetengkek (*Megalaspis cordyla*) di Teluk Palu Provinsi Sulawesi Tengah. Tesis. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

- [19] [PERDA] Peraturan Daerah. 2006. Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 13 Tahun 2006 tentang Pengendalian Lingkungan Hidup. Semarang (ID).
- [20] Potipat, J., Tangrock-olan, N., Helander, H.F., 2015. Bioconcentration Factor (BCF) and Depuration of Heavy Metals of Oysters (*Saccostrea cucullata*) and Mussels (*Perna viridis*) in the River Basins of Coastal Area of Chanthaburi Province, Gulf of Thailand. Environmental Asia Journal. 8 (2), pp. 118-128.
- [21] [PP] Peraturan Pemerintah. 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta (ID).
- [22] Riani, E., 2012. Perubahan Iklim dan Kehidupan Biota Akuatik. (Dampak pada Bioakumulasi bahan Berbahaya dan Beracun & Reproduksi). IPB Press, Bogor.
- [23] Ridhowati, S., 2013. Mengenal Pencemaran Ragam Logam. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [24] Saputra, A., 2009. Bioakumulasi Logam Berat pada Ikan Patin yang Dibudidayakan di Perairan Waduk Cirata dan Laboratorium. Tesis. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [25] Sembel, D.T., 2015. Toksikologi Lingkungan. Dampak Pencemaran dari Berbagai Bahan Kimia dalam Kehidupan Sehari-hari. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [26] Shukla, V., Dhankhar, M., Prakash, J., Sastry, K.V., 2007. Bioaccumulation of Zn, Cu and Cd in *Channa punctatus*. Journal of Environmental Biology. 28(2), pp. 395-397.
- [27] Siregar,Y.I., Edward, J., 2010. Faktor Konsentrasi Pb, Cd, Ni, Zn dalam Sedimen Pesisir Kota Dumai. Maspari Journal. pp. 01-10.
- [28] Sucipto, C.D., 2016. Keamanan Pangan untuk Kesehatan Manusia.
- [29] Susanah, U.A., 2011. Struktur Mikroanatomik Insang Ikan Bandeng di Tambak Wilayah Tapak Kelurahan Tugurejo Kecamatan Tugu Semarang. Skripsi. Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- [30] Taufik, I., Setiadi, E., 2012. Toksisitas serta Potensi Bioakumulasi dan Bioeliminasi Insektisida Endosulfan pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). J Ris. Akuakultur. 7 (1), pp. 131-143.
- [31] Turkmen, M., Turkmen, A., Tepe, Y., Tore,Y., Ates, A., 2009. Determination of Metals In Fish Species from Aegean and Mediterranean Seas. Jounal Food Chemistry. 113, pp. 233–237.
- [32] Widowati, W., Sastiono, A., Jusuf, R., 2008. Efek Toksik Logam. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [33] Yulaipi, S., Aunurohim,, 2013. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Hubungannya dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). Jurnal Sains dan Seni Pomits. 2 (2), pp. 2337-3520.