

LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA HATI IKAN PATIN (*Pangasius djambal*) DI WADUK SAGULING, JAWA BARAT

HEAVY METAL (Pb) ON HEART OF CATCH FISH (*Pangasius djambal*) IN SAGULING RESERVOIR, WEST JAVA

Ai Nuraeni, Agustinus Samosir*, Sulistiono

Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor,
Jalan Agatis, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia
Korespondensi: agus.samosir@gmail.com

ABSTRACT

Saguling Reservoir is one of the reservoirs built in the Citarum Watershed which is quite polluted, and has a potential to contain heavy metals (such as Pb). The Pb will be concentrated in the body of catfish (*Pangasius djambal*) which is commonly cultured in the reservoir and in the long term will accumulate. Liver is an organ that accumulates the most heavy metals so that it has the potential to cause damage in the form of necrosis, fibrosis, and cirrhosis. This study aims to analyze the content of Pb that accumulates in the liver and its effect on liver tissue damage. This study was conducted in December 2012 through sampling carried out at three stations representing the inlet, middle, and outlet. Analysis of Pb content (in the water and fish) was conducted using AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) and obtained Pb heavy metal content (in fish) ranging from 7.5 to 16.4 mg/kg. The Pb content in the catfish had exceeded the quality standard based on SNI 2009 (for fish and its processed products). Liver tissue damage caused by Pb accumulation in the Saguling Reservoir was swelling and necrosis.

Keyword: catfish, necrosis, swelling, Saguling Reservoir

ABSTRAK

Waduk Saguling merupakan salah satu waduk yang dibangun di Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum yang cukup tercemar, sehingga berpotensi mengandung logam berat (seperti Pb). Pb akan terkonsentrasi dalam tubuh ikan patin (*Pangasius djambal*) yang umum dibudidayakan di waduk tersebut dan dalam jangka waktu yang lama akan terakumulasi. Hati merupakan organ yang paling banyak mengakumulasi logam berat, sehingga berpotensi terjadi kerusakan berupa *necrosis*, *fibrosis*, dan *cirrhosis*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan Pb yang terakumulasi dalam hati dan pengaruhnya terhadap kerusakan jaringan hati. Penelitian dilakukan pada bulan Desember tahun 2012 dengan mengambil tiga stasiun yang mewakili *inlet*, tengah, dan *outlet*. Analisis kandungan Pb (pada air dan ikan) menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) dan didapatkan kandungan logam Pb (pada ikan) berkisar antara 7,5- 16,4 mg/kg. Kandungan Pb dalam ikan patin melebihi baku mutu berdasarkan SNI tahun 2009 (untuk ikan dan hasil olahannya). Kerusakan jaringan hati yang terjadi akibat akumulasi Pb di Waduk Saguling adalah pembengkakan dan *necrosis*.

Kata kunci: ikan patin, *necrosis*, pembengkakan, Waduk Saguling

PENDAHULUAN

Latar belakang

Waduk Saguling merupakan waduk yang dibangun pada tahun 1985 di Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum yang diperuntukkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Waduk ini juga berfungsi sebagai pengendali banjir, penampung air sementara dari Sungai Citarum, dan lahan kegiatan budidaya dengan menggunakan Sistem Keramba Jaring Apung (KJA). Berdasarkan fungsi waduk tersebut, memungkinkan masuknya berbagai jenis limbah dan zat pencemar dapat menurunkan kualitas air di waduk (Shindu 2005). Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan Surachman (2003) menyatakan penurunan kualitas air di waduk, salah satunya disebabkan oleh pencemaran logam berat hasil limbah industri dari hulu, yang dalam proses produksinya banyak memanfaatkan logam berat timbal (Pb) seperti industri tekstil, industri tinta, dan industri cat (Komarawidjaja 2017).

Menurut Takarina *et al.* (2012), timbal (Pb) adalah logam alami yang ditemukan dalam jumlah kecil pada kerak bumi. Pb masuk ke dalam badan perairan diantaranya melalui proses pengkristalan logam Pb di udara dan proses korosifikasi batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin. Pb juga berasal dari aktivitas manusia, seperti limbah industri, domestik dan pertanian (Palar 1994; Yudo 2006). Banyaknya industri-industri yang menghasilkan limbah termasuk logam berat Pb di sepanjang aliran Sungai Citarum menyebabkan tingginya kandungan Pb yang masuk ke dalam waduk. Hasil penelitian Happy *et al.* (2012) menunjukkan bahwa kandungan logam berat Pb di air Sungai Citarum bagian hulu sekitar 0,001-0,008 mg/l. Adanya proses bioakumulasi dan biomagnifikasi di perairan, akan menyebabkan peningkatan konsentrasi logam Pb. Logam berat tersebut masuk ke dalam jaringan tubuh organisme perairan termasuk ikan melalui penetrasi kulit, respirasi, dan pencernaan. Logam berat yang terakumulasi dalam organisme perairan akan menjadi racun pada konsentrasi yang tinggi (Nagaawi 2008).

Biota perairan sangat penting digunakan dalam memonitor pencemaran logam yang terdapat dalam sistem perairan, karena kandungan logam dalam biota

tersebut akan selalu bertambah dari waktu ke waktu, dan sifat logam yang bioakumulatif menjadikan biota air sangat baik digunakan sebagai indikator pencemaran logam dalam lingkungan perairan (Darmono 1995; Male *et al.* 2014). Salah satu ikan yang dapat digunakan sebagai bioindikator pencemaran logam berat di Waduk Saguling (salah satu waduk yang cukup tercemar) adalah ikan patin (*Pangasius djambal*). Ikan patin merupakan ikan yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan termasuk ke dalam ikan omnivora (pemakan segala), memiliki jumlah telur yang banyak, dan tahan terhadap kondisi oksigen yang rendah. Ikan ini merupakan salah satu komoditas yang juga umum dipelihara oleh masyarakat. Secara umum ikan patin di Indonesia memiliki bentuk sedikit memipih, tidak memiliki sisik, berwarna perak, mulut subterminal dengan 2 sungut peraba, terdapat 2 buah patil pada sirip punggung dan sirip dada, sirip anal panjang dimulai dari belakang anal sampai pangkal sirip ekor (Anonimus 1996 dalam Argadireja 2000).

Penggunaan ikan patin sebagai biota indikator dikarenakan memenuhi syarat dari sifat dasar spesies monitor berdasarkan Connell and Miller (1995) diantaranya mampu mengakumulasi pencemar tanpa terbunuh pada kadar yang tinggi, terdapat banyak di daerah tersebut, memiliki waktu hidup yang cukup panjang, memiliki ukuran cukup besar, dan memiliki jaringan yang cukup untuk dianalisis. Menurut Saputra (2009) ikan patin termasuk ikan yang bergerak lambat, sehingga akumulasi logam beratnya akan lebih tinggi jika dibandingkan dengan ikan yang memiliki pergerakan yang lebih cepat.

Aktivitas dari alam dan manusia dapat menghasilkan limbah diantaranya logam berat timbal. Timbal yang masuk ke dalam suatu badan perairan (seperti waduk) akan terakumulasi dalam jaringan ikan yang terdapat di dalam waduk tersebut, sehingga apabila dikonsumsi oleh manusia akan menyebabkan penyakit yang bersifat akut maupun kronis seperti gangguan biosintesis hemoglobin dan anemia, kenaikan tekanan darah, kerusakan ginjal, keguguran dan aborsi halus, kerusakan sistem saraf, kerusakan otak, hilangnya kemampuan belajar anak-anak, dan perilaku gangguan anak-anak seperti agresif, perilaku impulsif, dan hiperaktif (Darmono 1995). Selain itu, logam berat Pb dalam tubuh ikan juga menyebabkan kerusakan jaringan hati

dari ikan tersebut, apabila kadar logam yang masuk ke dalam tubuh melebihi daya toleransi hati dalam meregulasi logam tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam berat timbal (Pb) yang terakumulasi dalam hati dan pengaruhnya terhadap kerusakan hati pada ikan patin (*Pangasius djambal*) di Waduk Saguling, Jawa Barat. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan dan sebagai pertimbangan dalam upaya merumuskan kebijakan pengelolaan kawasan Waduk Saguling.

METODE PENELITIAN

Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2012 di Waduk Saguling, Jawa Barat. Pembedahan dan pengambilan organ hati dilakukan di Laboratorium Biologi Makro I (BIMA I), Departemen Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB. Analisa kandungan logam berat di dalam organ dilakukan di Laboratorium Pengujian, Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Analisis histologi dilakukan di Laboratorium Kesehatan Ikan Balai Riset Penelitian Air Tawar, Sempur (Bogor) dan Analisa kualitas perairan seperti suhu, pH, oksigen terlarut (DO) dilakukan secara insitu, sedangkan analisis kekeruhan dilakukan di Laboratorium Produktivitas Lingkungan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB.

Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian terdiri dari GPS (untuk menentukan titik koordinat stasiun pengamatan), serok

(digunakan dalam pengambilan sampel ikan dari KJA, kotak pendingin (*cool box*) (sebagai tempat ikan contoh), alat bedah, alat analisis logam berat yaitu *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), mikrotom putar (untuk pemotongan 4 sampel hati yang sudah mengalami pemblokkan paraffin), kaca preparat, dan kaca penutup sintetik.

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian, yaitu organ hati ikan. Asam Nitrat 25% dan Asam Perochloric 70-72% (digunakan untuk melarutkan bahan organik dan anorganik dalam hati ikan), Aquades, Formalin 10% berpenyangga fosfat, alkohol dengan konsentrasi 70%, 80%, 90%, 95%, 100%, xylene, paraffin, xylool, aquades, asetat glasial, lem perekat dan larutan pewarnaan (hematoksin, potassium alum, merkuri oksida).

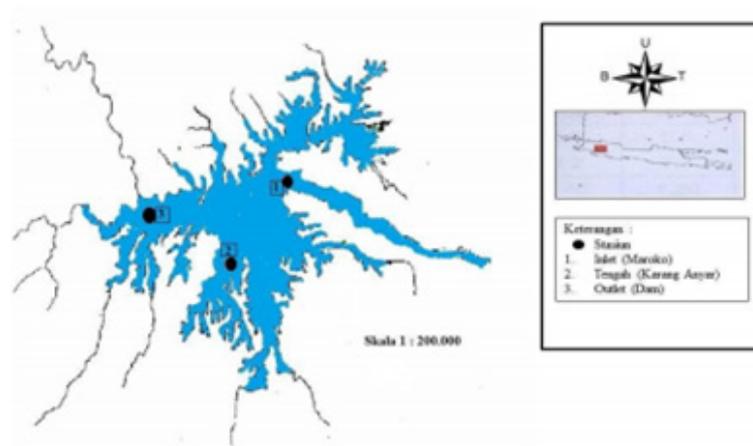
Metode kerja

Metode di Lapangan

Penentuan titik sampling dilakukan berdasarkan sebaran KJA yaitu stasiun Maroko (yang mewakili *inlet*), Karang Anyar (yang mewakili tengah) dan Dam (yang mewakili *outlet*) dari waduk. Pada masing-masing stasiun dilakukan pemilihan KJA berdasarkan ketersediaan ikan patin dengan masa pemeliharaan yang sama yaitu berkisar 10-12 bulan dan diambil 5 ekor ikan secara acak. Ikan yang tertangkap kemudian di masukkan ke dalam *coolbox* untuk di bawa ke Laboratorium BIMA 1. Data pendukung diperoleh dengan melakukan wawancara terhadap petani pembudidaya dan penduduk sekitar waduk mengenai pemanfaatan waduk, lama pemeliharaan ikan patin, serta sumber utama pencemaran. Selain itu, data pendukung juga didapatkan dari hasil penelitian lainnya. Berikut merupakan titik koordinat pengambilan sampel (Tabel 1) dan peta lokasi penelitian (Gambar 1).

Tabel 1. Titik koordinat stasiun pengambilan sampel penelitian

Stasiun	Koordinat	
	Lintang Selatan (LS)	Bujur Timur (BT)
Maroko (inlet)	06°90,191'	107°44,110'
Karang Anyar (tengah)	06°92,920'	107°41,251'
Dam (outlet)	06°91,185'	107°37,038'



Gambar 1. Lokasi penelitian di Waduk Sagiling, Bandung, Jawa Barat

Penanganan dan analisis sampel di laboratorium

Ikan patin yang telah diawetkan di dalam freezer didinginkan sebelum dilakukan pengukuran panjang dan bobotnya. Panjang ikan yang diamati adalah panjang total (yang diukur dengan penggaris 30 cm). Sedangkan berat ikan yang diamati adalah berat total (yang diukur menggunakan timbangan dengan nst 10 g). Pengambilan organ ikan dengan cara membedah ikan, menggunakan gunting bedah yang steril. Pembedahan dilakukan dari anus melalui perut sampai ke tutup insang. Organ hati diambil dengan menggunakan pinset, kemudian dimasukkan ke dalam plastik yang ditandai dengan kertas label. Sampel hati ikan untuk analisis histologi dimasukkan ke dalam larutan fiksasi agar tidak merusak jaringan hati ikan tersebut (Meidiza *et al.* 2017). Analisa logam berat Pb memerlukan beberapa tahapan, yaitu preparasi dan pembacaan AAS. Analisa Pb menggunakan metode APHA ed. 21th dan pembacaan konsentrasi logam menggunakan Spektrofotometrik Serapan Atom (AAS) (yang didasarkan pada hukum Lambert-Beer), yaitu banyaknya sinar yang diserap berbanding lurus dengan kadar zat. Analisis histologi dilakukan dengan beberapa tahapan diantaranya fiksasi, dehidrasi, penjernihan, penyusupan paraffin, pembuatan blok, pengirisan jaringan, perendaman hasil irisan dengan menggunakan metode suhu hangat, pengeringan dan pewarnaan, penutupan dengan menggunakan kaca penutup sintetik, pemberian label dan pemotretan preparat (Panigoro *et al.* 2007).

Prosedur analisis data

Analisa kandungan logam berat Pb

Kandungan logam berat Pb yang terukur dalam hati dilanjutkan dengan analisis data secara deskriptif, yaitu dengan membandingkan kandungan logam berat Pb yang terukur dalam hati dengan baku mutu Pb (SNI 2009).

Biokonsentrasi (BCF)

Faktor biokonsentrasi (BCF) dalam hati digunakan untuk mengetahui perbandingan kadar Pb dalam hati dengan kadar Pb dalam media (air). Faktor ini disebut juga *enrichment factor* atau indeks untuk mengevaluasi toksisitas logam berat yang terakumulasi dalam tubuh organisme air (Yumiarti *et al.* 1996). Menurut Arnot A dan Gobas F (2006), biokonsentrasi (BCF) dapat dihitung sebagai rasio konsentrasi kimia dalam organisma dan kimia konsentrasi dalam air pada kondisi yang mantap atau *steady state* dan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$BCF_{hati} = \frac{C_b}{C_{wd}}$$

Dimana C_b adalah konsentrasi logam berat Pb dalam organisme (ppm), C_{wd} adalah konsentrasi logam berat Pb dalam air (ppm).

Hasil perhitungan BCF dilanjutkan dengan mengklasifikasikan ke dalam kategori tingkat akumulasi berdasarkan Suprpti (2008) yaitu Akumulasi rendah: $BCF < 100$, Akumulasi sedang: $100 < BCF \leq 1.000$, dan Akumulasi tinggi: $BCF > 1.000$.

Parameter fisika kimia perairan waduk

Analisa kondisi umum Waduk Saguling digunakan untuk memberikan gambaran terkait kondisi dari Waduk Saguling saat dilakukan pengamatan, terdiri atas suhu, pH, DO, dan kekeruhan. Nilai parameter fisika dan kimia yang diukur dibandingkan dengan baku mutu air menurut PP. RI No. 22 tahun 2021. Nilai baku mutu dari parameter yang diukur dapat dilihat pada Tabel 2.

Analisis histologi jaringan hati

Hati merupakan organ vital yang berfungsi sebagai detoksifikasi dan mensekresikan bahan kimia yang digunakan untuk proses pencernaan. Hati berperan penting dalam proses metabolisme dan transformasi bahan pencemar dari lingkungan. Hati merupakan organ yang paling banyak mengakumulasi zat toksik sehingga mudah terkena efek toksik. Sebagian zat toksik yang masuk ke dalam tubuh setelah diserap oleh sel akan dibawa ke hati oleh vena porta hati, sehingga hati berpotensi mengalami kerusakan (Loomis 1978 dalam Setyowati *et al.* 2010).

Analisis data kerusakan jaringan hati dilakukan secara deskriptif yang bertujuan untuk menjelaskan ada dan tidak nya kerusakan yang terjadi akibat logam berat Pb dalam hati ikan. Akumulasi logam berat dalam jaringan organ hati dapat menyebabkan pembengkakan sel, nekrosis, fibrosis, dan cirrhosis. Hal demikian menyebabkan perubahan morfologi pada jaringan organ hati ikan patin (*Pangasius djambal*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Parameter fisika dan kimia perairan Waduk Saguling

Pengukuran parameter fisika kimia perairan dilakukan untuk mengetahui kondisi perairan pada masing-masing titik pengamatan serta pengaruhnya terhadap toksisitas logam berat yang terdapat pada titik pengamatan tersebut. Hasil pengukuran parameter fisika kimia (Suhu, pH, DO, kekeruhan, dan Pb) disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Baku mutu parameter fisika kimia perairan

Parameter	Baku mutu perairan
Suhu (°C)	27±3
DO (mg/l)	3
pH	6-9
Kekeruhan (NTU)	50
Pb (mg/l)	0,03

Tabel 3. Parameter fisika kimia perairan di Waduk Saguling

Parameter	Stasiun			Rata-rata
	In-let	Tengah	Out-let	
Suhu (°C)	28,0	29,0	28,3	28,5
pH	6,0	6,5	6,0	6,0
DO (mg/l)	3,1	4,8	6,0	4,6
Kekeruhan (NTU)	2,3	18,5	4,0	8,3
Pb (mg/l)	0,034	0,034	0,035	0,034

Hasil pengukuran suhu berkisar antara 28°C-29°C (dengan rata-rata 28,5°C). Suhu suatu badan air salah satunya dipengaruhi beberapa faktor, antara lain waktu pengamatan, kecerahan dan kedalaman. Pengukuran nilai pH berkisar antara 6,0-6,5 (dengan rata-rata sebesar 6). Kandungan DO berkisar antara 3,11-5,97 mg/l (dengan rata-rata 4,6 mg/l), sedangkan kekeruhan berkisar antara 2,28-18,5 NTU. Kekeruhan tertinggi terdapat pada stasiun tengah, hal ini dipengaruhi oleh lokasi stasiun yang terletak dekat dengan pemukiman warga sehingga dipengaruhi oleh masukan dari aktivitas antropogenik. Berdasarkan PP RI No 22 Tahun 2021 hasil pengukuran suhu, pH, DO dan kekeruhan masih layak untuk kegiatan budidaya karena masih mendukung kehidupan biota. Namun demikian, kandungan Pb nampak melebihi baku mutu perairan.

Toksisitas logam dalam biota juga dipengaruhi oleh suhu, pH, dan oksigen terlarut (DO) (Darmono 1995). Sifat toksisitas dari logam berat terhadap biota air semakin meningkat seiring meningkatnya suhu (Shindu 2005). Menurut Taguge *et al.* (2014) pada pH yang rendah memperlihatkan adanya peningkatan toksisitas pada logam. Selain itu, semakin tinggi kadar oksigen terlarut dalam perairan akan menurunkan toksisitas logam terhadap organisme.

Kandungan timbal (Pb) dalam hati

Hasil pengukuran kandungan logam Pb pada hati ikan patin menunjukkan adanya perbedaan antar stasiun (Gambar 2). Kandungan logam berat Pb berkisar 7,5-16,4 mg/kg. Daerah *inlet* merupakan stasiun yang memiliki kandungan logam Pb tertinggi, hal ini disebabkan oleh posisi Keramba Jaring Apung (KJA) (pada stasiun *inlet*) yang dekat dengan masukan utama waduk (yaitu Sungai Citarum). Selain terakumulasi dalam hati, logam

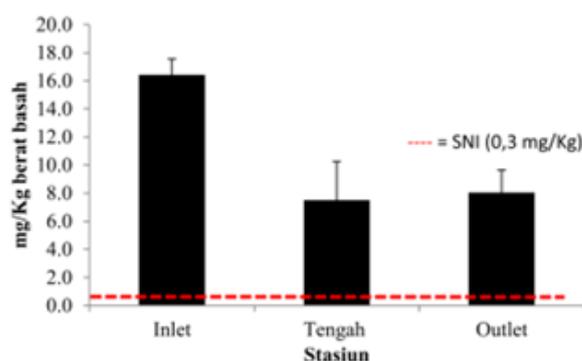
berat Pb juga terakumulasi dalam daging ikan. Kandungan logam berat Pb yang terakumulasi dalam daging ikan patin di Waduk Saguling, Jawa Barat disajikan dalam Tabel 4.

Berdasarkan hasil analisis kandungan logam berat yang terakumulasi dalam hati maupun daging ikan patin, dapat disimpulkan bahwa logam Pb yang terakumulasi sudah melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional Indonesia (2009) untuk ikan dan hasil olahannya yaitu sebesar 0,3 mg/kg. Logam berat dapat mengalami proses biomagnifikasi melalui rantai makanan dan terakumulasi pada manusia sehingga berbahaya bagi kesehatan (Baki *et al.* 2011).

Faktor konsentrasi (Biokonsentrasi)

Perbandingan antara kadar Pb dalam hati dengan kadar Pb dalam media (air) dapat diketahui dengan menghitung nilai faktor konsentrasi. Faktor ini disebut juga *enrichment factor* yaitu indeks, yang berguna untuk mengevaluasi toksisitas logam berat yang terakumulasi dalam tubuh organisme air (Yumiarti *et al.* 1996). Biokonsentrasi Pb pada ikan patin di Waduk Saguling, Jawa Barat disajikan pada Gambar 3.

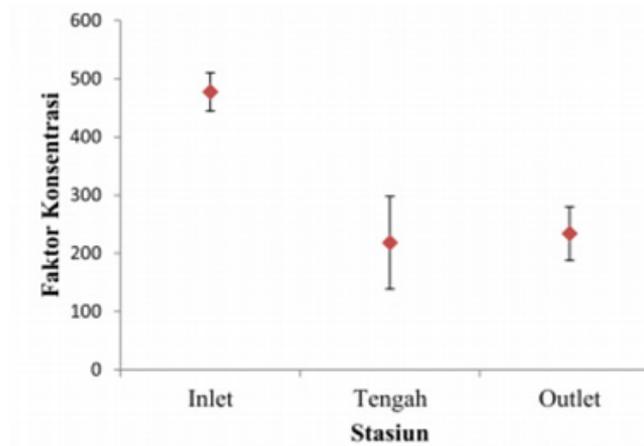
Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui nilai biokonsentrasi logam Pb pada hati ikan berkisar antara 218,25-477,3. Secara keseluruhan rata-rata biokonsentrasi logam berat pada ikan patin di Waduk Saguling sebesar 309,84. Berdasarkan Kategori BCF Van Esch (1977) dalam Suprpti (2008), tingkat akumulasi logam berat Pb dalam hati termasuk kedalam golongan akumulasi sedang dengan nilai BCF sebesar $100 < BCF \leq 1.000$. *Technical Support Document for Exposure Assessment and Stochastic Analysis* (2000) menyatakan bahwa faktor biokonsentrasi Pb dalam ikan yang direkomendasikan sebesar 155 ppm.



Gambar 2. Kandungan Pb dalam hati ikan patin

Tabel 4. Kandungan Pb dalam daging ikan patin

Stasiun	Kandungan logam Pb (mg/kg)
Inlet	7,83
Tengah	10,19
Outlet	11,21

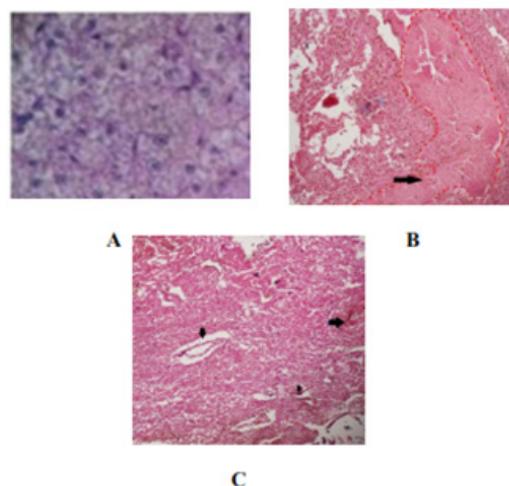
Gambar 3. Biokonsentrasi pada hati ikan patin (*Pangasius djambal*)

Kerusakan jaringan hati ikan patin

Pengaruh dari akumulasi logam berat Pb dapat diketahui dengan melihat efek dari hati, insang, daging, dan jaringan lain dari ikan yang divisualisasikan melalui gambaran histologi (Fatima *et al.* 2013). Zat toksik Pb yang terdapat dalam hati dapat mempengaruhi struktur histologi hati sehingga mengakibatkan patologi hati seperti pembengkakan sel, *necrosis*, *fibrosis*, dan *cirrhosis* (Setyowati *et al.* 2010).

Menurut Riauwaty (2012) struktur hati normal pada ikan ditandai dengan adanya sel hati (hepatosit) berbentuk bulat, sinusoid terlihat jelas dan lobulus berbentuk bulat. Kerusakan jaringan hati yang terjadi

pada ikan patin di Waduk Saguling adalah pembengkakan dan *necrosis*. Pembengkakan sel hati ditandai dengan adanya vakuola (ruang-ruang kosong) akibat hepatosit membengkak yang menyebabkan sinusoid menyempit, dan sitoplasma tampak keruh sedangkan *necrosis* ditandai dengan adanya pengerutan inti sel (*piknotik*), inti hancur dan pecahan-pecahan kromatinnya tersebar dalam sel (*karyohexis*), serta inti sel kehilangan kemampuan untuk diwarnai atau tampak samar-samar berongga dan menghilang (*karyolisis*). Histologi hati ikan patin normal, yang mengalami pembengkakan sel dan *necrosis* disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hati ikan patin normal (A), mengalami pembengkakan (B), dan nekrosis (C)

Pembahasan

Kontaminasi xenobiotic khususnya logam berat pada badan air meningkat sejalan dengan perkembangan industri. Salah satu logam berat yang terkandung dalam limbah buangan industri tersebut adalah timbal (Pb), yang bersifat toksik bagi organisme akuatik (Siregar *et al.* 2012). Ikan digunakan untuk mengevaluasi keadaan polutan karena dapat mengganggu rantai makanan dan kesehatan organisme akuatik seperti aktivitas fisiologi dan parameter biokimia diantaranya darah dan jaringan (Vinodhini *et al.* 2008). Pada penelitian ini didapatkan hasil kandungan logam berat Pb dalam hati ikan yang berbeda pada setiap stasiun pengamatan (berkisar antara 7,5–16,4 mg/kg). Faktor yang mempengaruhi toksisitas logam berat dalam perairan terhadap makhluk hidup antara lain perubahan dalam siklus hidup, jenis kelamin, pengaruh lapar, aktivitas, kemampuan adaptasi terhadap logam itu sendiri serta umur (Connell and Miller 1995).

Berdasarkan data yang diperoleh melalui wawancara terhadap nelayan pembudidaya pada masing-masing stasiun pengamatan, didapatkan informasi bahwa umur pemeliharaan ikan sampel pada stasiun *outlet* berkisar antara 12 bulan, sedangkan pada stasiun tengah berumur 10-11 bulan, dan pada stasiun *inlet* memiliki masa pemeliharaan selama 9-10 bulan. Kandungan Pb dalam hati ikan patin pada masing-masing stasiun pengamatan memiliki kandungan yang berbeda. Kandungan logam berat Pb yang terdapat pada stasiun *inlet* lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun tengah maupun *outlet* hingga mencapai dua kali lipat, hal ini disebabkan oleh posisi Keramba Jaring Apung (KJA) yang terdapat pada stasiun *inlet* berada dekat dengan masukan utama waduk (yaitu Sungai Citarum), sehingga diduga logam berat Pb dari limbah yang masuk ke dalam waduk lebih dulu terabsorpsi oleh ikan, sebelum akhirnya mengalami pengendapan dan pengenceran dalam waduk. Penyerapan (*uptake*) dan depurasi merupakan dua faktor penting dalam proses metabolisme logam (Mansouri *et al.* 2013).

Logam berat masuk ke dalam tubuh organisma melalui rantai makanan maupun secara difusi pasif melalui memberan organ luar ikan termasuk kulit dan insang (Begum *et al.* 2009). Posisi KJA yang terdapat pada stasiun *inlet* terletak

dekat dengan pelabuhan kapal motor yang digunakan oleh masyarakat sebagai alat transportasi dan diduga tingginya logam Pb (yang terakumulasi pada stasiun *inlet*) bersumber dari tumpahan bahan bakar yang digunakan tersebut. Kandungan logam berat Pb dalam hati pada stasiun *outlet* lebih tinggi dibandingkan dengan tengah, hal ini diduga disebabkan oleh logam berat pada stasiun tengah sudah mengalami pengenceran dan lebih banyak terendapkan mengingat kedalaman pada stasiun tengah lebih dangkal dibandingkan dengan stasiun *outlet*. Hubungan antara jumlah absorpsi logam dan kandungan logam dalam air biasanya secara proporsional, dimana kenaikan kandungan logam dalam jaringan sesuai dengan kenaikan kandungan logam dalam air (Darmono 1995). Berdasarkan hasil penelitian Hardia (2012) kandungan logam berat Pb di Waduk Saguling sebesar 0,22 ppm, sedangkan kandungan Cd dan Hg secara berturut-turut sebesar 0,02 dan 0,07. Dengan demikian tingginya kandungan Pb dalam air seiring dengan tingginya kandungan Pb dalam jaringan.

Hati merupakan organ yang banyak mengandung protein *metallothionin* yang dapat mengikat logam berat (Yumiarti *et al.* 1996) sehingga sangat mudah terkena efek toksik. Dari hasil penelitian didapatkan rata-rata kandungan Pb dalam daging sebesar 9,74 mg/kg, sedangkan rata-rata kandungan Pb dalam hati sebesar 10,63 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa hati memiliki kemampuan akumulasi logam lebih baik dibandingkan dengan daging, karena hati merupakan organ vital yang berfungsi sebagai detoksifikasi dan mensekresikan bahan kimia yang digunakan untuk proses pencernaan. Proses detoksifikasi logam berat pada hati melalui proses pengikatan logam (*metallothionein*) di dalam jaringan. Kemampuan detoksifikasi oleh hati relatif terbatas, sehingga logam berat yang berlebihan di dalam tubuh akan didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh ikan melalui pembuluh darah. Semakin rendah kemampuan hati dalam melakukan detoksifikasi, maka akan semakin banyak logam berat Pb yang akan di distribusikan pada jaringan lain seperti daging. Namun pada umumnya akumulasi pada daging ikan memerlukan mekanisme yang panjang dan melalui beberapa filter dalam sistem pencernaan sehingga konsentrasi di dalam daging lebih rendah dibandingkan konsentrasi dalam hati (Saputra 2009).

Perbandingan kadar Pb dalam

tubuh ikan dengan kadar Pb dalam media disebut faktor konsentrasi atau *enrichment factor* yaitu indeks untuk mengevaluasi toksisitas logam berat yang terakumulasi dalam tubuh organisme air, semakin besar indeks faktor konsentrasi semakin mudah logam berat diserap dan diakumulasi oleh tubuh organisme air dan sifat racun logam beratnya semakin tinggi (Yumiarti *et al.* 1996). Besar nilai faktor konsentrasi sangat tergantung pada jenis logam berat, jenis organisme, lamanya pemaparan, serta kondisi fisika kimia perairan seperti pH, suhu, dan salinitas (Khaisar 2006).

Biokonsentrasi ikan patin (*Pangasius djambal*) yang terdapat di Waduk Saguling secara keseluruhan memiliki nilai rata-rata biokonsentrasi sebesar 309,84. Sedangkan dalam penelitian Shindu (2005) biokonsentrasi logam berat Pb pada ikan nila sebesar 52,69. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan hati ikan patin (*Pangasius djambal*) dalam mengakumulasi logam Pb lebih baik dibandingkan dengan ikan nila. Berdasarkan Kategori BCF Van Esch (1977) dalam Suprapti (2008), ikan patin di Waduk Saguling termasuk ke dalam akumulatif sedang dengan nilai BCF sebesar $100 < BCF \leq 1.000$ dan ikan nila termasuk ke dalam akumulatif rendah dengan nilai $BCF < 100$. Perbedaan tingkat akumulasi logam Pb pada ikan patin dan ikan nila diperkirakan disebabkan posisi ikan patin yang berada pada kedalaman yang lebih dangkal dibandingkan dengan ikan nila serta sifat biologis ikan patin yang lebih aktif di malam hari atau *nocturnal*, dimana pembuangan limbah yang tidak sesuai dengan prosedur pengolahan limbah biasanya dilakukan pada malam hari, kemudian masuk ke dalam tubuh ikan patin melalui proses pencernaan dan respirasi.

Analisa histopatologi dapat digunakan sebagai biomarker untuk mengetahui kondisi kesehatan ikan melalui perubahan struktur yang terjadi pada organ-organ yang menjadi sasaran utama dari bahan pencemar seperti insang, hati, ginjal, dan sebagainya (Setyowati *et al.* 2010). Menurut Nagaawi (2008), ikan memiliki mekanisme regulasi diantaranya ekskresi, detoksifikasi, dan penyimpanan (*storage*). Apabila mekanisme regulasi tidak mampu menyeimbangi penyerapan (*uptake*) logam berat oleh organisme tersebut, maka resiko toksisitas dapat terjadi dimana terjadi kerusakan pada hati dan ginjal sebagai organ yang berperan dalam proses detoksifikasi dan ekskresi (Olojo 2005). Hasil penelitian

menunjukkan kerusakan hati yang terjadi pada ikan patin (*Pangasius djambal*) berupa pembengkakan yang ditandai dengan adanya vakuola (ruang-ruang kosong) akibat hepatosit membengkak yang menyebabkan sinusoid menyempit, dan sitoplasma tampak keruh dan nekrosis yang ditandai dengan adanya piknotik yaitu adanya pengerutan inti sel, inti hancur dan pecahan-pecahan kromatinnya tersebar dalam sel (*karyohexis*) dan inti sel kehilangan kemampuan untuk diwarnai atau tampak samar-samar berongga (*karyolisis*) (Setyowati *et al.* 2010). Nekrosis terjadi karena pembengkakan sel yang terus berlanjut akibat zat toksik yang terakumulasi dalam tubuh organisme.

Kerusakan hati yang terjadi pada ikan patin di Waduk Saguling diperkirakan terjadi bukan hanya akibat logam berat Pb saja, tetapi juga dapat disebabkan oleh logam berat lainnya seperti Cd, dan Hg, dan lain-lain. Namun pada penelitian kali ini berdasarkan hasil penelitian Hardia (2012) logam berat Pb dalam air di Waduk Saguling memiliki konsentrasi lebih tinggi dibandingkan dengan logam berat lain yaitu sebesar 0,22 ppm sedangkan kandungan Cd dan Hg secara berturut-turut sebesar 0,02 dan 0,07, sehingga dapat diperkirakan Pb memiliki peran yang cukup signifikan dalam kerusakan hati yang terjadi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Ikan patin yang terdapat di Waduk Saguling, Jawa Barat sudah terakumulasi logam berat Pb dengan konsentrasi yang cukup tinggi dan melebihi baku mutu yang ditetapkan Badan Standarisasi Nasional tahun 2009 untuk ikan dan hasil olahannya. Konsentrasi logam Pb yang tinggi menyebabkan timbulnya kerusakan jaringan hati berupa pembengkakan dan nekrosis.

Saran

Penelitian kandungan logam berat pada ikan patin sebaiknya juga dilakukan pada musim yang berbeda dan stadia hidup yang berbeda agar dapat diketahui pengaruh musim dan stadia tersebut terhadap tingkat akumulasi logam berat pada ikan patin. Selain itu, dalam upaya pengendalian pencemaran waduk yang terus meningkat diperlukan adanya sinergitas

dari pemerintah dengan berbagai pihak terkait untuk meminimalisir bahaya yang ditimbulkan dari pencemaran logam berat tersebut, serta perlu adanya peningkatan kewaspadaan terhadap konsumsi ikan patin yang sudah tercemar logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 2009. Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan. Jakarta (ID): Badan Standar Nasional Indonesia.
- Argadireja M. 2000. Karakteristik Ikan Patin Hibrida antara *Pangasius hypothalamus* Betina dengan *Pangasius Nasutus* Jantan pada Ukuran 10-50 gram [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Arnot JA, Gobas F. 2006. A Review of Bioconcentration Factor (BCF) and Bioaccumulation Factor (BAF) Assessments for Organic Chemicals in Aquatic Organisms. *NRC Research Press*. 14: 257-297. DOI: 10.1139/A06-005.
- Baki AAS, Dkhil MA, Al-Quraishy S. 2011. Bioaccumulation of Some Heavy Metals in Tilapia Fish Relevant to Their Concentration in Water and Sediment of Wadi Hanifah, Saudi Arabia. *African Journal of Biotechnology*. 10(13): 2541-2547. DOI: 10.5897/AJB10.1772.
- Begum A, Krishna H, Khan I. 2009. Analysis of Heavy Metals in Water, Sediments and Fish samples of Madivala Lakes of Bangalore, Karnataka. *International Journal of ChemTech Research*. 1(2): 245-249.
- Connell DW, Miller GJ. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Koestoe Y (Editor). Jakarta (ID): Universitas Indonesia Press.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup*. Jakarta (ID): Universitas Indonesia Press.
- Fatima M, Usmani N. 2013. Histopathology and Bioaccumulation of Heavy Metals (Cr, Ni, and Pb) in Fish (*Channa striatus* and *Heteropneustes fossilis*) Tissue: A study for Toxicity and Ecological Impacts. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 16(9): 412-420. DOI: 10.3923/pjbs.2013.412.420.
- Happy AR, Masyamsir, Dhahiyat Y. 2012. Distribusi Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Kolom Air dan Sedimen Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 3(3): 175-182.
- Hardia E. 2012. Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Pb, dan Cd pada Air di Waduk Saguling Kabupaten Bandung, Jawa Barat [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Khaisar O. 2006. Kandungan Timah Hitam (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam Air, Sedimen, dan Bioakumulasi serta Respon Histopatologis Organ Ikan Alu-Alu (*Sphyraena barracuda*) Perairan Teluk Jakarta [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Komarawidjaja W. 2017. Paparan Limbah Cair Industri Mengandung Logam Berat pada Lahan Sawah di Desa Jelegong, Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung Industrial. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 18(2): 173-181.
- Male YT, Nanlohy ACh, Asriningsih. 2014. Analisis Pendahuluan Kadar Merkuri (Hg) pada Beberapa Jenis Kerang. *Ind. J. Chem. Res*. 2: 136-141.
- Mansouri B, Baramaki R, Zareh M, Pourkhabba A, Hamidian A. 2013. Bioaccumulation and Depuration of Copper in the Kidney and Liver of a Freshwater Fish, *Capoeta fusca*. *Iranian Journal of Toxicology*. 7(20): 816-822.
- Meidiza R, Arimbi, Hastutiek P. 2017. Gambaran Patologi Hepar Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) yang Diinfeksi Bakteri *Edwardsiella tarda*. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 9(1): 47-56.
- Nagaawi A. 2008. Accumulation and Elimination of Copper and Lead from *O. Niloticus* Fingerlings and Consequent Influence on Their Tissue Residues and Some Biochemical Parameters. *International Symposium on Tilapia in Aquaculture*: 431-445.
- Olojo E, Olurin KB, Mbaka G, Oluwemimo. 2005. Histopathology of The Gill and Liver Tissues of The African Catfish *Clarias gariepinus* Exposed to Lead. *African Journal of Biotechnology*. 4(1): 117-122.
- Palar H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta (ID): Rineka Cipta.
- Panigoro N, Astuti I, Bahnan M, Prayudha, Salfira, Wakita K. 2007. Teknik Dasar Histologi dan Atlas Dasar-dasar Histopatologi Ikan. Jambi

- (ID): Balai Budidaya Air Tawar Jambi, Direktorat jendral Perikanan Budidaya Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Presiden Republik Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Riauwaty M. 2012. Histopatologi Hati dan Ginjal Ikan Patin (*Pangasius Hypophthalmus*) yang Terinfeksi Aeromonas Hydrophila dan Diobati dengan Temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza*). Riau (ID): Lembaga Penelitian Universitas Riau Pekanbaru.
- Saputra A. 2009. Bioakumulasi Logam Berat pada Ikan Patin yang Dibudidayakan di Perairan Waduk Cirata dan Laboratorium [Thesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Setyowati A, Hidayati D, Awik, Abdulgani N. 2010. Studi Histopatologi Hati Ikan Belanak (*Mugil cephalus*) di Muara Sungai Aloo Sidoarjo. Surabaya (ID): Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Shindu SF. 2005. Kandungan Logam Berat Cu, Zn, dan Pb dalam Air, Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*) dan Ikan Mas (*Cyprinus Carpio*) dalam Keramba Jaring Apung Waduk Saguling [Skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan dan Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Siregar YI, Zamri A, Putra H. 2012. Penyerapan Timbal (Pb) pada Sistem Organ Ikan Mas (*Cyprinus Carpio* L). Jurnal Ilmu Lingkungan. 6(1): 43- 51.
- Suprapti NH. 2008. Kandungan Chromium pada Perairan, Sedimen, dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Wilayah Pantai Sekitar Muara Sungai Sayung Desa Morosari Kabupaten Demak, Jawa Tengah. *BIOMA*. 10(2): 36-40.
- Surachman. 2003. Kualitas Air Waduk Saguling, Jawa Barat Selama Periode 1997-2002 [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Takarina, Adiwibowo A, Sunardi, Wardhana W, Giok Pin T. 2012. Bioconcentration of Lead (Pb) in Milkfish (*Chanos chanos Forsk*) Related to the Water Quality in Aquaculture Ponds of Marunda, Nort Jakarta, Indonesia. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 2(12): 1-5.
- Taguge A, Ollie AH, Panigoro C. 2014. Studi Status Kandungan Logam Berat Timbal di Perairan Sekitar Pelabuhan Kota Gorontalo. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan. 2(1): 14-17.
- Technical Support Document for Exposure Assessment and Stochastic Analysis. 2000. Appendix H Fish Bioconcentration Factors Summary of Recommended Default Fish Bioconcentration Factors (BCFs): H1-H7.
- Vinodhini R, Narayanan M. 2008. Bioaccumulation of Heavy Metals in Organs of Fresh Water Fish *Cyprinus carpio* (*Common carp*). *International Journal Enviromental*. 5(2): 179-182.
- Yudo S. 2006. Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta. Jurnal Air Indonesia. 2(1): 1-15.
- Yumiarti, Mellawati J, Suwirma. 1996. Akumulasi, Distribusi, dan Toksisitas Cd terhadap Ikan Lele (*Clarias batrachus*) dalam Air. Aplikasi Isotop dan Radiasi. 109-113.