

BIOAKUMULASI ION TEMBAGA PADA IKAN NILA (*Oreochromis niloticus* L.) DI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL), BANTUL

Dian Yuni Pratiwi¹, Andhika Puspito Nugroho², dan Ayi Yustiati¹

¹ Program Studi Perikanan, Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung-Sumedang KM. 21 Jatinangor, 456363

² Program Studi Biologi, Universitas Gadjah Mada

E-mail: dianyunipratiwi@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan ion tembaga (Cu) pada kolam fakultatif dan kolam pematangan di IPAL, Sewon, Bantul serta mempelajari kemampuan bioakumulasi ion tembaga (Cu) pada tubuh ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.). Penelitian ini dilaksanakan di IPAL, Sewon, Bantul dan di Laboratorium Biokimia Fakultas Biologi UGM. Ikan Nila sebagai hewan uji diletakkan di kolam pematangan dan kolam fakultatif IPAL, Sewon, Bantul selama dua minggu. Ikan Nila tersebut kemudian diambil setiap minggu. Sampel berupa otot, hati, dan insang dari ikan nila didestruksi dengan metode digesti basah. Kandungan ion tembaga pada kolam dan ikan nila ditentukan dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Hasil menunjukkan bahwa kandungan ion tembaga (Cu) di kolam fakultatif dari minggu ke 0 sampai 2 berkisar 0,076-0,088 mg/l, sedangkan di kolam pematangan berkisar 0,024-0,030 mg/l. Nilai ini masih di bawah ambang standar baku mutu. Ion tembaga dapat terkumulasi pada hati dan insang ikan Nila. Ion tembaga lebih banyak terakumulasi di hati dibandingkan insang, dan tidak dapat terakumulasi pada otot ikan nila.

Kata kunci: Ikan nila, tembaga, hati, otot, insang

ION COPPER BIOACUMULATION IN NILA (*Oreochromis niloticus* L.) IN WATER TREATMENT INSTALATION (IPAL), BANTUL

ABSTRACT

This research aims to determine ion copper (Cu) concentration in facultative ponds and maturation ponds in IPAL, Sewon, Bantul and to study bioaccumulation of ion copper (Cu) in the body of Tilapia fish (*Oreochromis niloticus* L.). This research was conducted in Water Treatment Instalation (IPAL), Sewon, Bantul and at the Laboratory of Biochemistry, Faculty of Biology, UGM. Tilapia as a test animal were placed in the maturation pond and facultative pond of Waste Water Treatment Instalation, Sewon, Bantul for 2 weeks. Tilapia were then taken every week. Samples in the form of muscles, liver, and gills from tilapia were destructed by the wet digestion method. The copper content in ponds and tilapia were determined by the Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The results showed that the ion copper content (Cu) in the facultative pool from week 0 to 2 ranged from 0.076-0.088 mg/l, whereas in the maturation pond ranged from 0.024 to 0.030 mg/l. These result were still below of the standard value. Ion copper can accumulate in the liver and gills of the tilapia. Ion copper can be accumulate more in the liver than the gill and cannot be accumulated in muscles of tilapia.

Key words: tilapia, copper, liver, muscle, gills

PENDAHULUAN

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), Sewon, Bantul, Yogyakarta merupakan instalasi yang bertujuan untuk mengolah limbah rumah tangga. Sumber air limbah yang masuk berasal dari seluruh kota Yogyakarta, sebagian wilayah Kabupaten Sleman, dan sebagian wilayah Kabupaten Bantul. Manfaat IPAL yaitu meningkatkan kualitas air lingkungan pemukiman, peningkatan kualitas air limbah, air sungai dan penurunan pencemaran air tanah (Dinas Pekerjaan Umum, 2002).

Pengolahan air limbah di IPAL ini terdiri dari 4 tahapan yaitu *pretreatment*, *primary treatment*, *secondary treatment*, dan *tertiary treatment*. Pada tahap *pretreatment*, air limbah perkotaan akan masuk ke IPAL melalui pipa lateral kemudian masuk ke lubang pengontrol yang memiliki saringan jeriji. Dari lubang pengontrol, air limbah akan dialirkan ke bak pengendap pasir untuk mengalami *primary treatment*. Pada tahap ini, pasir dan kerikil halus dalam air limbah kemudian diendapkan. Setelah itu, air akan dialirkan ke dalam kolam fakultatif untuk mengalami *secondary treatment*. Tahap ini bertujuan agar bahan

organik mengalami degradasi secara aerobik dan non-aerobik selama 5 hari. Lumpur yang terkumpul di dasar kolam fakultatif disedot dan dipindahkan ke dalam bak pengering lumpur untuk dijadikan pupuk. Air limbah yang telah mengalami proses degradasi kemudian dialirkan ke dalam kolam pematangan untuk mengalami *tertiary treatment*. Pada kolam pematangan ini, bakteri coliform dan BOD akan diturunkan jumlahnya. Setelah kualitas air memenuhi kriteria batas aman, maka air yang telah diolah akan dibuang ke Sungai Bedog (Dinas Pekerjaan Umum, 2002).

Air limbah rumah tangga yang masuk ke dalam IPAL diduga mengandung ion tembaga. Logam berat ini dapat masuk ke badan air baik secara alami maupun karena aktivitas manusia. Ion tembaga secara alami dapat masuk ke air karena adanya pengikisan erosi dari batuan mineral, dan partikulat-partikulat tembaga di udara yang terbawa bersama air hujan (Palar, 2004). Aktivitas manusia seperti industri pengolahan kayu, pipa air, produk kesehatan, alat komunikasi (Padrihah dkk, 2018), dan sebagai algasida untuk akuakultur (Adeyemo dkk, 2011) juga

menyebabkan konsentrasi ion tembaga di dalam air meningkat.

Ion tembaga yang tinggi pada lingkungan perairan dapat merusak kehidupan organisme perairan. Konsentrasi ion tembaga yang tinggi pada ikan dapat merusak insang, hati, ginjal, dan sistem saraf ikan (Palar, 2004). Ion tembaga dengan konsentrasi 2,3-2,5 mg/l dapat mematikan ikan dan akan menimbulkan efek keracunan yaitu kerusakan pada selaput lendir (Chahaya, 2003). Berdasarkan penelitian yang dilakukan James dkk (2003), LC_{50} tembaga pada ikan *Xiphophorus helleri* yaitu 0,361 ppm.

Logam berat termasuk tembaga yang berada di dalam air dapat terakumulasi di dalam tubuh organisme air seperti ikan secara langsung melalui insang dan kulit. Logam berat juga bisa masuk secara tidak langsung melalui jalur oral (Connel and Miller, 2006). Apabila organisme air seperti ikan yang mengandung tembaga ini dikonsumsi oleh manusia, maka tembaga juga akan masuk ke dalam tubuh manusia dan memberikan dampak bagi kesehatan.

Tembaga digolongkan ke dalam logam berat esensial. Dalam jumlah sedikit, logam tersebut diperlukan untuk aktivitas tubuh. Namun, tembaga dalam jumlah yang berlebihan dapat bersifat toksik dan berbahaya untuk kesehatan manusia. Konsumsi tembaga yang baik bagi manusia adalah 2.5 mg/kg berat/hari bagi orang dewasa dan 0,05 mg/kg berat tubuh/hari untuk anak-anak dan bayi (Palar, 2004). Beberapa efek yang ditimbulkan karena ketidakseimbangan tembaga antara lain dapat menyebabkan skizofrenia (Liu dkk, 2015), toksisitas pada hati, dan mempengaruhi fungsi adrenal (Gaetke dkk, 2014).

Kolam fakultatif dan kolam pematangan IPAL, Sewon, Bantul pada saat ini belum ada pengolahan untuk logam berat, sehingga air dari IPAL ketika dibuang ke sungai Bedog kemungkinan masih mengandung logam berat. Salah satu langkah awal yang perlu dilakukan adalah mengukur kadar ion tembaga di kolam IPAL dan melakukan penelitian dengan menggunakan bioindikator. Salah satu organisme yang dapat dipakai sebagai bioindikator adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus L.*). Ikan nila adalah ikan yang memiliki daya tahan sedang pada perubahan kondisi perairan, dapat hidup pada iklim tropis, tahan terhadap serangan penyakit, dan banyak dibudidayakan sehingga sesuai untuk digunakan sebagai bioindikator (Hendratta, 2004). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan ion tembaga (Cu) pada kolam fakultatif dan kolam pematangan di IPAL, Sewon, Bantul serta mempelajari kemampuan bioakumulasi ion tembaga (Cu) pada tubuh ikan Nila (*Oreochromis niloticus L.*).

METODE

Penelitian ini dilakukan di Instalasi Pengolahan Air Limbah, Sewon, Bantul, Laboratorium Biokimia Fakultas Biologi dan Laboratorium Kimia Analisis Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada (UGM). Pelaksanaan

penelitian di IPAL, Sewon, Bantul berlangsung selama 2 minggu. Pengambilan sampel dilakukan setiap minggu dengan 3 kali ulangan. Selain pengambilan sampel, derajat keasaman (pH) kolam juga diukur. Penelitian di Laboratorium untuk mengukur kandungan ion tembaga dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) berlangsung selama 1 bulan.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus L.*) dengan berat 250 gram dan panjang rata-rata 21 cm sebagai organisme uji dan air limbah di kolam fakultatif serta kolam pematangan, IPAL, Sewon, Bantul. Bahan-bahan lain yang diperlukan adalah HNO_3 pekat pro analisis, larutan perklorat ($HClO_4$) pro analisis dan akuabides. Alat-alat yang digunakan yaitu keramba berukuran $0,5 \times 0,5 \times 1 \text{ m}^3$, spektrofotometer serapan atom, water bath, dan hot plate.

Peletakan dan Pengambilan Organisme Uji di IPAL

Ikan Nila (*Oreochromis niloticus L.*) sebanyak 18 ekor dibagi menjadi dua kelompok. Sembilan ekor ikan nila pada kelompok pertama diletakkan pada kolam fakultatif, sedangkan Sembilan ekor pada kelompok kedua diletakkan pada kolam pematangan di IPAL, Sewon, Bantul. Ikan-ikan tersebut diletakkan pada masing-masing kolam dengan menggunakan keramba. Pengambilan ikan nila dilakukan seminggu sekali selama 2 minggu dan dimulai sejak minggu ke-0. Pengambilan sampel air limbah dilakukan bersamaan dengan pengambilan organisme uji.

Pengukuran Kandungan Tembaga Pada Sampel

Hati, insang, dan otot ikan nila dicuci dengan akuades. Sampel kemudian dikeringkan di dalam oven dengan suhu sekitar 105°C selama 24 jam. Sampel yang telah kering kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering sampel. Sebanyak 0,5 gram sampel dimasukkan ke dalam labu destruksi. Kemudian ditambahkan 10 ml larutan HNO_3 65% di dalam lemari asam, dan dibiarkan semalaman. Lalu, larutan ini dipanaskan di dalam *waterbath* pada suhu 100°C selama 15 menit. Kemudian suhu dinaikkan sampai 200°C sampai warna larutan berubah menjadi putih keruh. Satu ml larutan perklorat 70% kemudian ditambahkan ke dalam larutan. Setelah itu, larutan dipanaskan pada suhu 100°C sampai berubah menjadi jernih. Setelah dingin, 4 ml aquabides ditambahkan ke dalam larutan dan dididihkan selama 5 menit. Sampel larutan kemudian diencerkan dengan 10 ml aquabides. Larutan siap dianalisis dengan *flame Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

Hasil pembacaan kandungan ion tembaga (Cu) dengan pada ketiga organ kemudian dikonversikan berdasarkan rumus berikut :

Kandungan Cu =

$$\frac{\text{Nilai Pembacaan AAS (ppm)} \times \text{Volume akhir pengenceran (ml)}}{\text{Berat Sampel}}$$

Analisis Data

Data kandungan logam berat dalam ikan nila (*Oreochromis niloticus* L.) dianalisis menggunakan ONE WAY ANOVA. Analisis tersebut dilakukan untuk mengetahui beda nyata kandungan logam berat dalam ikan nila antar lama perlakuan dan antar organ. Letak beda nyata ditentukan dengan Duncan Multiple Range Test (DMRT) ($\alpha = 0,05$) dengan mengacu pada rancangan percobaan dan metode ilmiah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Ion Tembaga di Kolam Fakultatif dan Pematangan IPAL

Kandungan ion tembaga pada kolam fakultatif dan pematangan telah diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Hasil penelitian (Tabel 1) menunjukkan bahwa kandungan ion tembaga (Cu) di kolam fakultatif dari minggu ke 0 sampai 2 berkisar 0,076-0,088 mg/l, sedangkan di kolam pematangan berkisar 0,024-0,030 mg/l. Nilai ini masih di bawah ambang standar baku mutu Cu di lingkungan perairan golongan D sesuai PP No.20 tahun 1990 sebesar 0,2 mg/l. Lingkungan perairan golongan D adalah perairan yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri, pembangkit listrik tenaga air (Wardhana, 2004).

Walupun kandungan ion Cu di kedua kolam tersebut masih berada di ambang batas, tetapi jika ikan hidup dalam air dan terpapar logam berat dalam waktu lama, maka logam berat dapat terabsorpsi dalam tubuh ikan dan menimbulkan efek toksik. Waktu pemaparan yang berbeda akan menyebabkan jumlah logam berat yang terabsorpsi juga berbeda (Sabilu, 2010). Beberapa faktor lain yang mempengaruhi laju absorpsi logam dalam air adalah alkalinitas, hadirnya senyawa kimia lainnya, temperatur, pH, dan besar atau kecilnya organisme (Darmono, 1995). Toksisitas tembaga pada ikan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain pH (Lukas, 2010), suhu (Palar, 2004), konsentrasi

oksigen, salinitas, dan keberadaan logam berat lain (Witeska dan Jezierska, 2001).

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa kandungan ion Cu di kolam fakultatif terus meningkat dari minggu ke-0 sampai minggu ke-2. Kandungan ion Cu pada minggu ke-0 dan ke-1 tidak berbeda nyata dan berbeda nyata dengan minggu ke-2. Sedangkan kandungan ion Cu pada kolam pematangan naik turun dan berbeda nyata antar minggunya. Perbedaan kandungan ion Cu setiap minggunya diduga dipengaruhi oleh adanya perbedaan jumlah ion Cu yang masuk dan adanya akumulasi yang tidak diolah dari minggu ke minggu di badan air (Fitriyah dkk, 2012).

Pada proses pengolahan limbah di IPAL, air limbah setiap hari masuk ke dalam lubang pengontrol dan diangkat dengan pipa ulir ke bak pengendap pasir. Setiap 60 detik, air limbah dari bak pengendap pasir akan dialirkan ke kolam fakultatif dan mengalami proses degradasi selama 5,5 hari. Setelah 5,5 hari, air limbah tersebut dialirkan ke dalam kolam pematangan untuk mengalami penurunan BOD dan peningkatan kualitas air selama 1,3 hari. Proses pengolahan yang bertahap-tahap dengan waktu pengolahan yang berbeda-beda pada setiap tahapnya menyebabkan perbedaan kandungan ion tembaga yang masuk ke kolam fakultatif dan kolam pematangan pada setiap minggunya.

Perbedaan kandungan logam berat pada perairan juga dapat dipengaruhi oleh lingkungan dan iklim. Kandungan logam pada musim hujan akan lebih kecil karena proses pengenceran, sedangkan pada musim kemarau kandungan logam akan lebih tinggi karena logam menjadi lebih pekat (Caulibaly, 2012). Selain curah hujan, pH pada perairan juga mempengaruhi kandungan logam yang terlarut. Kenaikan pH pada badan perairan biasanya diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari logam-logam berat. Namun demikian, pada perairan yang mempunyai pH mendekati normal (pH 7-8), kelarutan dari senyawa-senyawa logam berat cenderung stabil (Palar, 2004).

Tabel 1. Kandungan ion tembaga (Cu²⁺) dalam air limbah di kolam fakultatif dan pematangan IPAL antar minggu 0, 1 dan 2.

Waktu	Konsentrasi (mg/l)	
	Kolam fakultatif	Kolam Pematangan
Minggu 0	0,076 ^a ± 0,000	0,024 ^a ± 0,001
Minggu 1	0,079 ^a ± 0,023	0,014 ^b ± 0,003
Minggu 2	0,088 ^b ± 0,002	0,030 ^c ± 0,001

- Huruf dengan *superscript* yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan ada beda nyata/signifikan pada $P < 0,05$.

Tabel 2. Derajat keasaman (pH) pada kolam fakultatif dan pematangan IPAL pada minggu 0,1, dan 2

Kolam	Minggu	pH
Kolam Fakultatif	0	7,5 ± 0,20
	1	6,7 ± 0,26
	2	6,5 ± 0,26
Kolam Pematangan	0	7,8 ± 0,10
	1	7,4 ± 0,15
	2	6,0 ± 0,17

Berdasarkan data dalam Tabel 2 diketahui bahwa pH pada kolam fakultatif dari minggu ke-0 sampai minggu ke-2 mengalami penurunan. Kandungan logam pada kolam fakultatif berdasarkan Tabel 1 mengalami kenaikan, walaupun tak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan pH dapat menyebabkan kelarutan ion tembaga semakin besar dan tidak mengendap sehingga kadar logam di air limbah semakin besar. Pada kolam pematangan juga mengalami penurunan pH dari minggu ke-0 sampai minggu ke-2, tetapi kandungan logam pada kolam pematangan cenderung berfluktuatif. Hal ini dapat dikarenakan terjadinya aliran masuk dari kolam fakultatif dan keluarnya air limbah ke sungai Bedog. Kandungan ion Cu yang menurun pada minggu ke-1 dapat disebabkan karena konsentrasi ion Cu yang terdapat pada air limbah yang masuk ke kolam pematangan lebih rendah dibandingkan konsentrasi ion Cu pada air limbah yang dialirkan keluar ke sungai Bedog. Walaupun demikian, pada pH yang paling rendah yaitu pada minggu ke-2 sebesar 6, kandungan ion tembaga (Cu) di kolam pematangan tetap paling besar yaitu sebesar $0,030 \pm 0,001$ mg/l.

Kandungan Ion Tembaga di Hati, Insang, dan Otot *Oreochromis niloticus L.*

Tembaga digolongkan dalam logam berat kelas B yaitu logam yang memiliki daya toksisitas tinggi. Walaupun begitu, tembaga (Cu) dalam jumlah yang sesuai (5-20 micrograms per gram ($\mu\text{g/g}$)) dibutuhkan oleh organisme (Thangam dkk, 2014). Toksisitas tembaga (Cu) baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang besar (Palar, 2004). Bradl (2005) mengatakan bahwa konsentrasi tembaga yang melebihi 20 $\mu\text{g/g}$ dapat bersifat toksik.

Tembaga (Cu) merupakan logam yang dapat diregulasi. Logam yang dapat diregulasi yaitu logam yang pada konsentrasi tertentu tidak diakumulasi terus menerus oleh organisme dan dapat dikeluarkan dari tubuh mereka. Tembaga (Cu) terdapat dalam dua bentuk ionisasi yaitu Cu^+ dan Cu^{2+} di dalam sel dan

bentuk ionisasi ini dapat bereaksi untuk membentuk radikal bebas (Balamurugan dan Schaffner, 2006). Tembaga dalam bentuk Cu^{2+} lebih toksik dibanding bentuk Cu^+ (Solomon, 2009). Apabila jumlah Cu dalam kedua bentuk itu yang terserap berada dalam jumlah normal, maka sekitar 93% dari serum-Cu berada dalam seruloplasma dan 7% lainnya berada dalam fraksi-fraksi albumin dan asam amino. Darah selanjutnya akan membawa ion Cu ke dalam hati. Hati merupakan tempat penyimpanan tembaga terbesar yang diterima dari fraksi serum albumin. Dari hati, ion Cu akan ditransportasikan ke dalam empedu. Dari empedu, ion Cu dikeluarkan kembali ke usus untuk selanjutnya dibuang melalui feses (Palar, 2004).

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui urutan jumlah akumulasi ion tembaga (Cu) dari besar ke kecil pada setiap minggunya berturut-turut yaitu : hati > insang > otot. Kandungan ion tembaga (Cu) pada organ hati ikan nila baik pada kolam fakultatif maupun kolam pematangan berbeda secara signifikan ($P < 0,05$) dengan organ insang dan otot, kecuali pada minggu kedua, ion Cu pada hati ikan Nila yang ada di kolam fakultatif tidak berbeda secara signifikan dengan insang dan otot. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan tiap organ dalam mengakumulasi ion tembaga berbeda.

Hasil penelitian yang dilakukan Mohamed (2008) terhadap *Oreochromis niloticus L.* pada danau Nasser, Mesir diperoleh nilai BAF (bioaccumulation factor) ion Cu pada hati, insang, dan otot berturut-turut sebesar 5500, 1150, 231,10. Nilai BAF menunjukkan kemampuan suatu organ dalam mengakumulasi suatu senyawa. Selain itu, hasil penelitian yang dilakukan oleh Tuncsoy dan Erdem (2014) juga memperoleh hasil bahwa urutan akumulasi tembaga pada ikan nila (*Oreochromis niloticus L.*) yaitu hati > insang > otot. Urutan akumulasi ion tembaga pada kedua penelitian tersebut sama dengan hasil penelitian ini. Dengan kata lain, hati memiliki kemampuan untuk mengakumulasi ion tembaga yang lebih baik dibandingkan insang dan otot.

Tabel 3. Perbandingan kandungan ion tembaga (Cu) pada hati, insang, dan otot ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.) selama dua minggu pada IPAL

Kolam	Organ	Konsentrasi (µg/g)		
		Minggu 0	Minggu 1	Minggu 2
Fakultatif	Hati	262,167 ^a ± 102,305	155,430 ^a ± 60,950	131,985 ^a ± 101,115
	Insang	1,720 ^b ± 0,697	3,342 ^b ± 1,673	1,200 ^a ± 1,042
	Otot	0,00 ^b ± 0,00	0,00 ^b ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00
Pematangan	Hati	174,639 ^c ± 61,742	145,264 ^a ± 20,032	287,514 ^b ± 166,153
	Insang	2,369 ^b ± 0,988	0,187 ^b ± 0,162	0,707 ^a ± 0,489
	Otot	0,000 ^b ± 0,000	0,00 ^b ± 0,00	0,00 ^a ± 0,00

Huruf dengan superscript yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan ada beda nyata/signifikan pada P<0,05

Kandungan ion tembaga (Cu) yang paling besar terdapat di hati karena hati merupakan organ yang paling penting dalam metabolisme dan detoksifikasi pada tubuh ikan. Pada hati terdapat metal binding protein (Metallothionein). Metallothionein ini akan mengikat ion Cu untuk proses detoksifikasi (Sevcikoval dkk, 2013). Amiard dkk (2006) menyatakan bahwa tingginya kandungan ion Cu pada hati juga dapat disebabkan karena adanya pergerakan ion Cu dari insang ke organ lain ke dalam hati untuk proses detoksifikasi. Walaupun tembaga merupakan logam esensial yang dapat diregulasi, tetapi Kalay dan Canli (2000) menyatakan bahwa tembaga yang merupakan logam esensial memiliki kecenderungan laju eliminasi dan kemampuan terakumulasi pada hati yang sama dengan logam berat timbal (Pb) dan cadmium (Cd). Dengan kata lain, tembaga mampu terakumulasi dalam hati.

Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa pada insang masih terdapat ion Cu walaupun konsentrasinya tidak sebesar konsentrasi ion Cu pada hati. Insang merupakan alat pernapasan yang mengatur keluar masuknya air pada tubuh ikan. Dengan kata lain, insang merupakan organ yang pertama terpapar oleh logam berat yang terkandung dalam perairan selain kulit (Bebiano dkk, 2004). Tembaga (Cu) merupakan logam berat kelas B yang reaktif terhadap ligan sulfur dan nitrogen yang dapat berikatan dengan metaloenzim dan terikat dalam sel epitel insang. Adsorpsi tembaga dari air masuk melalui insang kemudian langsung dibawa ke hati untuk dimetabolisme (Darmono, 1995).

Berdasarkan Tabel 3 juga dapat diketahui bahwa pada otot tidak terdapat ion Cu yang terakumulasi. Hal ini disebabkan karena tembaga yang diabsorpsi terakumulasi di hati sehingga tidak terakumulasi di otot dan hanya sedikit yang terakumulasi pada insang. Otot tidak efektif untuk akumulasi dikarenakan bioavailabilitas ion tembaga (Cu) pada otot rendah (Liang dkk, 2012).

Tren dari Bioakumulasi Ion Tembaga Pada Hati dan Insang Antar Minggu

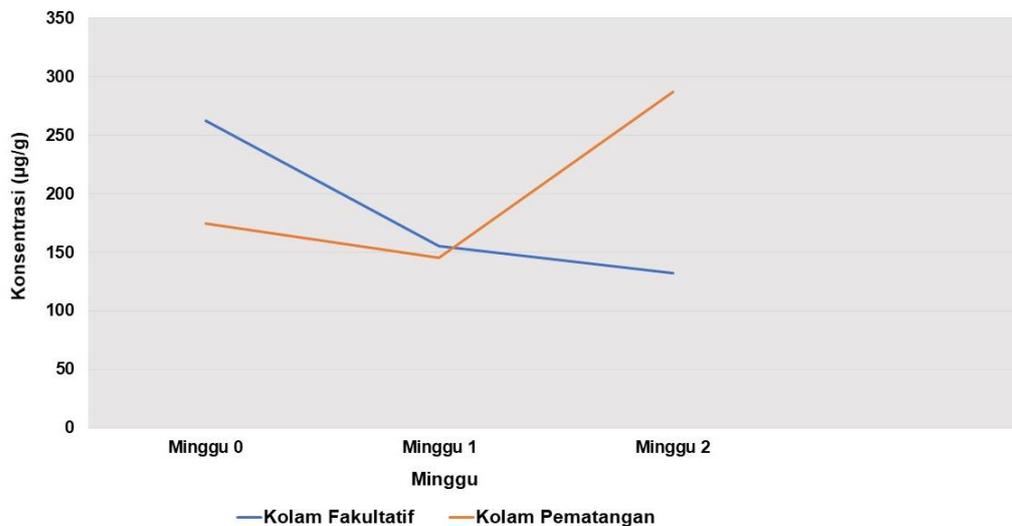
Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2 di bawah ini dapat diketahui bahwa tren akumulasi pada organ hati dan insang ikan nila (*Oreochromis niloticus* L.) pada setiap lokasi berbeda-beda. Hal ini dapat disebabkan karena proses akumulasi ion Cu dipengaruhi oleh konsentrasi pada medium eksternal atau kolam (Karayakar dkk, 2010). Kandungan ion Cu yang berbeda juga dapat disebabkan oleh berbagai faktor antara lain pH, kadar oksigen dalam air, suhu dan kondisi fisiologis dari hewan seperti spesies, umur, jenis kelamin, dan pola pakan (Adeyemo dkk, 2011). Kenaikan pH pada badan perairan biasanya diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari logam Cu. Hal ini menyebabkan ion Cu mudah mengendap dan menurunkan masuknya ion Cu ke dalam tubuh *Oreochromis niloticus* L. Temperatur yang tinggi dapat menurunkan tingkat oksigen sehingga lebih mudah mengabsorpsi logam karena tingginya pergerakan yang melalui insang ataupun membran sel lain. Selain itu, efek temperatur tinggi juga dapat mempengaruhi ion tembaga secara langsung karena dapat mengubah keseimbangan bentuk molekular dan ionik. Semakin tinggi temperatur, semakin banyak bentuk ionisasi tembaga yang diproduksi dan dapat meningkatkan toksisitas ion Cu terhadap ikan. Kondisi stres fisiologis sangat berpengaruh terhadap absorpsi logam dan air, kondisi ini menyebabkan terjadinya kenaikan absorpsi logam (Oldewage and Marx, 2000).

Tren akumulasi pada organ hati dan insang ikan nila (*Oreochromis niloticus* L.) berbeda-beda kemungkinan juga dapat disebabkan karena perbedaan toksikokinetik ion Cu pada tiap organ dalam tubuh ikan. Toksikokinetik logam berat seperti Cu pada ikan meliputi absorpsi, distribusi, biotransformasi, dan ekskresi (Kennedy, 2011). Noegrahati (2006) menjelaskan bahwa ion tembaga (Cu) masuk ke dalam tubuh ikan melalui membran insang, kemudian ke plasma darah, didistribusikan melalui arteri, dan didepositkan ke berbagai organ yang spesifik. Salah satu organ spesifik tersebut

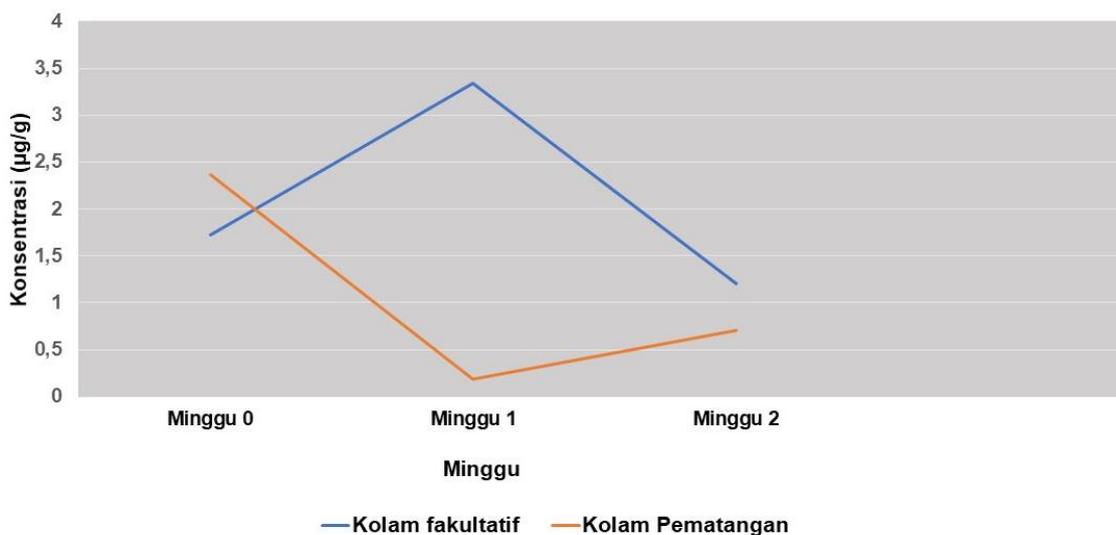
adalah hati. Ion tembaga pada hati akan mengalami proses detoksifikasi atau biotransformasi kemudian dari hati akan dibawa ke empedu dan akan diekskresikan melalui feses. Laju absorpsi dan ekskresi akan mempengaruhi kandungan ion Cu dalam tubuh ikan. Apabila laju absorpsi lebih cepat dibandingkan laju ekskresi, maka kandungan Cu akan cenderung naik. Namun, jika laju absorpsi lebih lambat dibandingkan laju ekskresi, maka kandungan ion Cu pada tubuh ikan cenderung menurun. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju absorpsi dan ekskresi logam berat seperti ion Cu pada ikan adalah suhu air, kesadahan air, salinitas, siklus reproduksi, umur dan ukuran ikan (Zhao dkk, 2012).

Tren pada organ hati dan insang di kolam fakultatif cenderung mengalami penurunan. Hal ini

berarti bahwa proses intake lebih kecil dari pada proses ekskresi sehingga terjadi penurunan kandungan logam pada *Oreochromis niloticus L.* Walaupun nilai kandungan ion Cu pada insang di kolam pematangan berfluktuasi, tetapi nilai Cu pada minggu ke-2 lebih kecil daripada minggu ke-0. Oleh karena itu, tren kandungan ion Cu pada kolam pematangan dikatakan memiliki tren yang cenderung menurun. Tren pada organ hati di kolam pematangan cenderung meningkat. Hal ini dapat terjadi karena proses *intake* lebih besar dibandingkan proses ekskresi sehingga kandungan tembaga pada hati *Oreochromis niloticus L.* di kolam pematangan meningkat.



Gambar 1. Tren akumulasi logam tembaga (Cu) pada hati ikan Nila (*Oreochromis niloticus L.*) di kolam fakultatif dan pematangan selama 2 minggu perlakuan



Gambar 2. Tren akumulasi ion tembaga (Cu) pada insang ikan Nila (*Oreochromis niloticus L.*) di kolam fakultatif dan pematangan selama 2 minggu perlakuan

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kandungan ion tembaga (Cu) pada kolam fakultatif dan kolam pematangan di IPAL, Sewon, Bantul menunjukkan nilai di bawah ambang batas standar baku. Ion tembaga (Cu) dapat terakumulasi pada organ hati dan insang *Oreochromis niloticus* L. dan tidak mengalami bioakumulasi pada otot *Oreochromis niloticus* L. Ion tembaga (Cu) terakumulasi paling besar di hati *Oreochromis niloticus* L yaitu 131,985-267,167 µg/g pada sampel dari kolam fakultatif dan 174,639-287,514 µg/g pada sampel dari kolam pematangan. Ion Cu terakumulasi paling banyak pada hati karena hati merupakan organ yang paling penting dalam metabolisme dan detoksifikasi pada tubuh ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeyemo, Kudirat O, Akomolafe, and Thomas O. (2011). Copper Level in Fish, Selected Fresh and Marine Aquatic Ecosystems in Nigeria. *African Journal of Biomedical Research*, 14, 105-111.
- Amiard J, Amiardtriquet C, Barka S, Pellerin J, and Rainbow P. (2006). Metallothioneins in Aquatic Invertebrates: Their Role in Metal Detoxification and Their Use as Biomarkers. *Aquatic Toxicology*, 76, (2), 160–202.
- Balamurugan K, and Schaffner W. (2006). Copper Homeostasis in Eukaryotes: Teetering on A Tightrope. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Molecular Cell Research*, 1763, (7), 737–746
- Bebianno MJ, Geret F, Hoarau P. (2004). Biomarkers in *Ruditapes Decussatus*: A Potential Bioindicator Species. *Biomarkers*, 9, (4-5), 305–330.
- Bradl HB. (2005). *Heavy Metals in the Environment: Origin, Interaction and Remediation*. London : Academic Press.
- Chahaya I. (2003). *Ikan Sebagai Alat Monitor Pencemaran*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Connel DW, and Miller GJ. (2006). *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Coulibaly S, Atse BC, Koffi Km, Sylla S, Konan KJ, and Kouassi Nj. (2012). Seasonal Accumulations of Some Heavy Metal in Water, Sediment and Tissue of Black-Chnned *Tilapia Sarotherodon melanotheton* from Bietri Bay in Ebrie Lagoon, Ivory Coast. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 88, (4), 571-576.
- Darmono. (1995). *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum. (2002). *Brosur IPAL, Sewon, Bantul*. Yogyakarta : Balai IPAL
- Hendratta S. (2014). *Pemanfaatan Ikan Nila (Oreochromis niloticus) Sebagai Bioindikator untuk Menilai Efektifitas Kinerja IPAL Rumah SMUT Pupuk Kaltim, Bontang*. Thesis. Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Fitriyah, Anita W, Utomo Y, Kusumaningrum, Irma K.. (2012). Analisis Kandungan Tembaga (Cu) dalam Air dan Sedimen di Sungai Surabaya. *Jurnal Kimia Universitas Negeri Malang*, 1-8.
- Gaetke LM, Chow-Johson HS, and Chow CK. (2014). Copper: Toxicological Relevance and Mechanisms. *Archives of Toxicology*, 88, (11),1929–1938.
- James R, Sampath K, and Edward DS. (2003). Copper Toxicity on Growth and Reproductive Potential in an Ornamental Fish, *Xiphophorus helleri*. *Asian Fisheries Science*, 16, 317-326.
- Kalay M, and Canli M. (2000). Elimination of Essential (Cu, Zn) and Non-Essential (Cd, Pb) Metals from Tissues of a Freshwater Fish *Tilapia zilli*. *Turkish Journal of Zoology*, 24, 429-436.
- Karayakar F, Cici B, Ciftci N, Karaytug S, Erdem C, Ozcan AY. (2010). Accumulation of Copper in Liver, Gills, and Muscle Tissues of *Anguilla Anguilla* (Linnaeus, 1758). *Journal of Animal and Veterinary Advanced*, 9, (17), 2271-2274.
- Kennedy CJ. (2011). The Toxicology of Metals in Fishes. *Encyclopedia of Fish Physiology*. 3, 2061-2068.
- Liang C, Huang W, Xiujuan S, Ye Z, and Dou S. (2012). Tissue-Specific Accumulation of Cadmium and Its Effects on Antioxidative Responses in Japanese Flounder Juveniles. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 33, 16–25.
- Liu TB, Lu QB, Yan LL, Guo Jj, Feng FB, Qiu JY, and Wang JG. (2015). Comparative Study on Serum Levels of 10 Trace Elements in Schizophrenia. *Plos One*, 1-8.
- Lukas AY. (2010). *Toksisitas Logam Berat Cu Pada Berbagai pH Terhadap Konsumsi Oksigen dan Respon Hematologi Ikan Nila Gift (Oreochromis sp)*. Thesis. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Mohamed FAS. (2008). Bioaccumulation of Selected Metals and Histopathological Alterations in Tissues of *Oreochromis niloticus* and *Lates niloticus* from Lake nasser, Egypt. *Global Veterinaria*, 2, (4), 205-218.
- Noegrahati S. (2006). Bioaccumulation Dynamic of Heavy Metals In *Oreochromis niloticus*. *Indonesian Journal of Chemistry*, 6, (1), 61-69.
- Oldewage AA, and Marx HM. (2000). Bioaccumulation of Cr, Cu, and Iron in The Organs and Tissues of *Clarias gariepinus* in The Olifants River, Kruger National Park. *Water Research Commission*, 26, (4), 569-582.

- Palar H. (2004). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta.
- Padrilah SN, Sabullah MK, Shukor MYA, Yasid NA, Shamaan NA, and Ahmad SA. (2018). Toxicity Effect of Fish Histopathology on Copper Accumulation. *Pertanika Journal Tropical Agricultural Science*. 41, (2), 519-540.
- Sabilu K. (2010). *Studi Toksisitas Nikel (Ni) terhadap Konsumsi Oksigen, Kondisi Hematologi, Histopatologi dan Stress Sekunder Juvenil Ikan Bandeng (Chanos chanos)*. Thesis. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Sevcikoval M, Msodral H, Kruzikoval K, Zitka O, Hynek D, Adam V, Celechovska O, Kizek R, and Svobodoval Z. (2013). Effect of Metals on Metallothionein Content in Fish from Skalka and Želivka Reservoirs. *International Journal of Electrochemical Science*, 8, 1650-1663.
- Solomon F. (2009). Impacts of Copper on Aquatic Ecosystems and Human Health. *Environment and Communities*, 25, (8), 25-28.
- Thangam Y, Jayaprakash S, Perumayee M. (2014). Effect of Copper on Hematological Parameters to Fresh Water Fish *Cyprinus carpio* (Common Carp). *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*. 8 (9), 50-60.
- Tuncsoy M, and Erdem C. (2014). Accumulation of Copper, Zinc, and Cadmium In Liver, Gill and Muscle tissues of *Oreochromis niloticus* Exposed to These Metals Separately and In Mixture. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23, (5), 1143-1149.
- Wardhana WA. (2004). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset.
- Witeska M and Jezierska B. (2001). Summary of Metal Induced Disturbances in Fish Organism. In: *Metal Toxicity to Fish*. Wydawnictwo Akademii Podlaskei, Siedlce, 214-243.
- Zhao S, Feng C, Quan W, Chen X., Niu J, Shen Z. (2012). Role of Living Environments in The Accumulation Characteristics of Heavy Metals in Fishes and Crabs in The Yangtze River Estuary, China. *Marine Pollution Bulletin*, 64, (6), 1163-1171.