

Biokonsentrasi Dan Kelayakan Konsumsi Mingguan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Morosari, Demak

Bioconcentration and Feasibility of Weekly Consumption of Heavy Metal Content of Copper (Cu) in Water and Mussels (*Perna viridis*) from Morosari Waters, Demak

Kharisma Yulia Rahmadhati^{1*}, Siti Rudiyanthi¹, Aninditia Sabdaningsih¹

¹Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan

Departemen Sumber Daya Akuatik Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Jl. Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah-50275

Email: kharisma.yulia21@gmail.com

ABSTRAK

Perairan Morosari menjadi lintasan pembuangan limbah dari kawasan industri sepanjang Jl. Raya Semarang-Demak yang diduga berpotensi tercemar logam berat. Kerang hijau (*Perna viridis*) merupakan salah satu produk perikanan bernilai ekonomis tinggi, apabila biota tersebut mengakumulasi logam berat secara berlebihan dapat membahayakan manusia. Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2020 di Perairan Morosari, Demak bertujuan untuk mengetahui konsentrasi logam berat Cu pada air dan kerang hijau, mengetahui perbedaan dan hubungan konsentrasi Cu pada air dengan *P. viridis*, serta mengetahui nilai BCF (*Bioconcentration Factor*) dan MTI (*Maximum Tolerable Intake*). Metode pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan *purposive sampling*. Analisis logam berat menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi Cu pada air berkisar <0,002 – 0,007 mg/L, sementara pada *P. viridis* berkisar 0,062 – 0,145 mg/kg. Konsentrasi tersebut masih di bawah baku mutu berdasarkan KepMen LH No. 51 Tahun 2004 dan Direktorat POM No. 03725/B/SK/VII/89. Terdapat perbedaan konsentrasi Cu pada air dengan *P. viridis*, Sig. (0,000) < 0,05. Hubungan konsentrasi Cu pada air dengan *P. viridis* menunjukkan hubungan yang kuat, R sebesar 0,696. Tingkat akumulasi Cu pada *P. viridis* berdasarkan hasil perhitungan BCF termasuk kategori akumulatif rendah. Kelayakan konsumsi mingguan untuk individu dengan berat badan 60 kg diperoleh nilai MTI rata-rata sebesar 2,348 kg/minggu.

Kata Kunci: BCF; Morosari; MTI; *Perna viridis*; Tembaga

ABSTRACT

*Morosari waters become a waste disposal route from the industrial area along Jl. Raya Semarang-Demak which is suspected potentially contaminated with heavy metals. Mussels (*Perna viridis*) is one of the fishery products with high economic value, the biota that accumulates heavy metals excessively can be harmful for humans. This study was conducted in November 2020 in Morosari Waters, Demak aims to find out aims the concentration of Cu heavy metal in water and mussels, to analyze the difference and relationship between Cu concentration in water and *P. viridis*, and to determine the value of BCF (*Bioconcentration Factor*) and MTI (*Maximum Tolerable Intake*). Purposive sampling was used as a sampling method, whereas. Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) was used to detect heavy metal. The results showed that Cu concentrations in water ranged from <0,002 - 0.007 mg/L, while those in *P. viridis* ranged from 0.062 - 0.145 mg/kg. The concentration did not exceed the quality standard according to the Minister of Environment Decree No. 51 Year 2004 and the Directorate of POM No. 03725/B/SK/VII/89. There were differences in Cu concentrations in water with *P. viridis*, Sig. (0,000) < 0.05. The relationship between Cu concentration in water and *P. viridis* showed a strong relationship, R was 0.696. The level of Cu accumulation in *P. viridis* based on the result s of BCF calculations was in the low accumulative category. Feasibility of weekly consumption for individuals weighing 60 kg obtained an average MTI value of 2.348 kg/week.*

Keywords: BCF; Morosari; MTI; *Perna viridis*; Copper

PENDAHULUAN

Tingginya aktivitas manusia di wilayah pesisir seringkali diikuti peningkatan limbah pencemar yang limbahnya dibuang langsung ke perairan. Perairan Morosari terletak di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, merupakan kawasan pesisir yang dipengaruhi berbagai aktivitas manusia. Perairan ini digunakan untuk pembuangan limbah domestik maupun industri, jalur lalu lintas perahu nelayan, kegiatan perikanan dan kawasan wisata yang diduga menyebabkan peningkatan sumber pencemar, salah satunya yaitu logam berat Tembaga (Cu).

Muara sungai Sayung, Kabupaten Demak ditemukan kandungan logam berat Cu di sekitar habitat kerang yang telah melebihi baku mutu yang ditetapkan, hal ini diduga lingkungan perairan berdekatan dengan pemukiman serta keberadaan lokasi obyek wisata Pantai Morosari (Cahyani *et al.*, 2012). Buangan limbah yang mengandung persenyawaan Cu bukan hanya menurunkan kualitas air namun juga berdampak toksik terhadap biota perairan yaitu kerang hijau (*P.viridis*) yang hidup di perairan tersebut (Purba *et al.*, 2014).

Kerang hijau banyak digemari masyarakat, selain bernilai ekonomis juga memiliki kandungan gizi yang sangat baik untuk dikonsumsi yaitu terdiri dari 40 % air, 21,9 % protein, 14,5 % lemak, 18,5 % karbohidrat dan 4,3 % abu (Eshmat *et al.*, 2014). Kerang hijau merupakan organisme yang hidup *sessile* dan bersifat *filter feeder*, dimana cara mendapatkan makanan dengan menyaring plankton dan butiran-butiran bahan organik, sehingga seringkali dijadikan bioindikator pencemaran suatu perairan yang relatif toleran terhadap perubahan lingkungan (Triantoro *et al.*, 2107). Terlepas dari hal tersebut, kerang hijau yang mendapatkan makanan dari perairan tercemar tubuhnya akan mengandung logam berat dan jika dikonsumsi manusia dapat terakumulasi dalam tubuh serta akan membahayakan kesehatan manusia apabila dikonsumsi berlebihan (Nuraini *et al.*, 2017).

Adanya dampak akibat pencemaran logam berat tersebut, maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi logam berat Cu pada air dan kerang hijau, mengetahui perbedaan konsentrasi Cu pada air dengan *P.viridis*, mengetahui hubungan antara konsentrasi Cu pada air dengan *P.viridis*, mengetahui tingkat akumulasi logam berat Cu terhadap air dan kerang hijau, serta untuk mengetahui kelayakan konsumsi terhadap kerang hijau.

MATERI DAN METODE PENELITIAN

Materi penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah sampel air dan kerang hijau, serta pengamatan terhadap kualitas air yang meliputi suhu, salinitas, pH dan oksigen terlarut (DO) yang diambil dari lokasi penelitian yaitu Perairan Morosari, Demak. Metode yang digunakan adalah metode survei dengan analisis deskriptif. Metode pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling*, dengan membagi tiga stasiun dan setiap stasiun terdapat tiga titik untuk mewakili setiap stasiun. Pertimbangan pengambilan sampel dengan menentukan kriteria lokasi yang dipilih merupakan tempat hidup kerang hijau berdasarkan informasi dari nelayan sekitar Perairan Morosari. Pengambilan sampel air dilakukan secara langsung dengan menggunakan botol polietilen (Mirawati *et al.*, 2016). Pengambilan kerang hijau dilakukan di permukaan perairan dimana kerang tersebut tinggal menempel pada substrat kayu, kemudian diambil jaringan lunaknya menggunakan pinset yang selanjutnya disimpan ke dalam *cool box*. Sampel air dan kerang hijau di analisis kandungan logam berat Cu menggunakan alat *Atomic Absorbption Spectrophotometer* (AAS) (SNI 6989.6:2009).

Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan konsentrasi Cu pada air dan kerang hijau adalah uji *t* tidak berpasangan (*independent sample-t*). Analisis data untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi Cu pada air dengan konsentrasi Cu pada kerang hijau menggunakan uji regresi linier sederhana. Kemampuan kerang hijau dalam mengakumulasi logam berat dihitung menggunakan *Bioconcentration Factor* dengan rumus (Potipat *et al.*, 2015):

$$BCF (o-w) = \frac{C_{organism}}{C_{water}}$$

Keterangan:

BCF (o-w) : Faktor Biokonsentrasi (organisme dengan air)
 C organism : Konsentrasi logam berat dalam organisme (mg/kg)
 C water : Konsentrasi logam berat dalam air (mg/L)

Kelayakan konsumsi pada kerang hijau diketahui dengan menghitung batas maksimum konsentrasi dari bahan pangan yang terkontaminasi logam berat per minggu (*Maximum Weekly Intake*) menggunakan angka ambang batas yang diterbitkan oleh *World Health Organization* (WHO) dan *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive* (JEFCA).

$$MWI (mg) = \text{Berat badan}^{(a)} \times PTWI^{(b)}$$

Keterangan:

MWI : Maximum Weekly Intake (mg/minggu)
^(a) : Asumsi berat badan 60 kg
^(b) : PTWI atau Provisional Tolerable Intake (angka toleransi batas maksimum per minggu) untuk Cu 3500 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (FAO/WHO 2004)

Kemudian menghitung Maximum Tolerable Intake (MTI) untuk mengetahui berat maksimal dalam mengkonsumsi kerang hijau setiap minggunya menggunakan perumusan (Dewi *et al.*, 2017):

$$MTI = \frac{MWI}{Ct}$$

Keterangan:

MWI : *Maximum Weekly Intake* (mg asumsi berat badan 60 kg)
 Ct : Konsentrasi logam berat yang ditemukan dalam jaringan lunak kerang hijau (mg/kg)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan sampel air dan kerang hijau (*P. viridis*) diambil pada tiga stasiun yang dibagi menjadi 3 titik pengamatan setiap stasiun. Stasiun A berada pada garis lintang 06°55'42"S dan garis bujur 110°28'30"U terletak di sebelah barat wilayah Perairan Morosari. Stasiun B berada pada garis lintang 06°55'36"S dan garis bujur 110°28'19"U terletak di sebelah barat laut titik sebelumnya. Stasiun C berada pada garis lintang 06°55'30"S dan garis bujur 110°28'27"U terletak di dekat pemecah gelombang yang terdapat di Perairan Morosari, Demak. Waktu penelitian ketika pengambilan sampel pada pagi hari dengan cuaca cerah. Pada malam hari sebelum hari pengambilan sampel terjadi hujan disertai angin kencang di daerah Perairan Morosari dan sekitarnya yang dapat mempengaruhi pengukuran fisika kimia perairan dan konsentrasi logam berat.

Hasil

Parameter Fisika Kimia Perairan

Hasil pengukuran parameter fisika kimia di Perairan Morosari, Demak dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Hasil pengukuran Variabel Kualitas Air

Variabel Kualitas Air	Stasiun A			Stasiun B			Stasiun C		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Suhu (°C)	30	30	30	30	31	31	31	31	31
Salinitas (‰)	35	35	33	30	33	32	31	30	30
Ph	7,50	7,45	7,43	7,47	7,36	7,34	7,23	7,35	7,32
DO (mg/L)	6,80	8,30	7,80	7,30	6,30	7,40	7,10	7,10	7,20

Perbedaan angka pengukuran parameter kualitas air disebabkan beragam faktor, seperti halnya pada stasiun A,B dan C angka salinitas yang diperoleh bervariasi, diduga perbedaan angka salinitas disebabkan terjadinya pencampuran (*mixing*) air tawar dan air laut akibat gelombang laut ataupun gerakan massa air yang ditimbulkan oleh tiupan angin (Kalangie *et al.*, 2013). Derajat keasaman atau pH yang terukur relatif stabil. pH memegang control terhadap kelarutan dan konsentrasi logam berat dalam perairan, nilai pH yang rendah akan menyebabkan logam berat mudah terlarut (Wulandari *et al.*, 2009). Perbedaan angka oksigen terlarut (DO) yang diperoleh masih baik untuk kehidupan organisme perairan yaitu 6 – 14 ppm (Patty, 2015).

Logam Berat Tembaga (Cu)

Hasil pengukuran logam berat Cu pada air dan kerang hijau di Perairan Morosari, Demak yang terdiri dari tiga titik sampling pada setiap stasiun pengamatan dapat dilihat melalui histogram dan Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengukuran Logam Berat Cu pada Air dan Kerang Hijau di Perairan Morosari, Demak

Sampel	Stasiun A			Stasiun B			Stasiun C			Baku Mutu	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Air (mg/L)	<0,002	<0,002	<0,002	0,007	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	31	0,008*
Kerang Hijau (mg/kg)	0,062	0,086	0,074	0,092	0,082	0,112	0,145	0,099	0,090		20**

*Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut

**Direktorat Jenderal Pengawasan Obat (POM) No. 03725/B/SK/VII/89

Konsentrasi logam berat Cu pada air yang diperoleh menunjukkan angka kurang dari 0,008 mg/L, yang dapat diartikan masih dalam ambang batas yang diperbolehkan dalam perairan menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004. Sedangkan konsentrasi logam berat Cu pada kerang hijau yang diperoleh pada tiga stasiun pengamatan berkisar antara 0,062 – 0,145 mg/L. Angka tersebut lebih rendah dari batas maksimum yang diperbolehkan dalam makanan kerang yaitu sebesar 20 mg/kg menurut Direktorat Jenderal Pengawasan Obat (POM) No. 03725/B/SK/VII/89.

Perbedaan Konsentrasi Cu pada Air dengan Konsentrasi Cu pada Kerang Hijau

Masing-masing data konsentrasi logam berat Cu yang didapatkan, diolah menggunakan SPSS Versi 20. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Analisis *T-Test* Konsentrasi Cu pada Air dan Kerang Hijau

		t	df	Sig. (2-tailed)
Konsentrasi	<i>Equal variances assumed</i>	-12.264	16	.000
	<i>Equal variances not assumed</i>	-12.264	11.883	.000

Hasil analisis uji *t* diatas menggunakan taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$) yang dilihat dari nilai Sig.(2-tailed) untuk menunjukkan adanya perbedaan konsentrasi Cu pada air dengan konsentrasi Cu pada kerang hijau. Nilai Sig.(2-tailed) yang didapatkan sebesar $0,000 < \alpha (0,05)$.

Hubungan Konsentrasi Cu pada Air dengan Konsentrasi Cu pada Kerang Hijau

Hasil yang diperoleh berdasarkan analisis korelasi dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Analisis Regresi Linier Sederhana antara Konsentrasi Cu pada Air dengan Konsentrasi Cu pada Kerang Hijau

Analisis Uji	Korelasi	Determinasi	Signifikansi α
	R	R ²	0,05 (95%)
Konsentrasi Cu pada air dengan kerang hijau	0,696	0,484	0,037

Hasil analisis regresi menggunakan taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$) yang dilihat dengan angka signifikansi (Sig.), angka korelasi (R) sebesar 0,696 menunjukkan hubungan yang kuat (0,6 – 0,79). Sementara angka determinasi (R²) yaitu sebesar 0,484, yang mengandung pengertian bahwa pengaruh variabel bebas (Cu pada air) terhadap variabel terikat (Cu pada kerang hijau) adalah sebesar 48,4%, sedangkan sisanya yakni 51,6% dipengaruhi oleh faktor lain diluar variabel bebas. Angka signifikansi yang diperoleh sebesar 0,037 atau $<0,05$, artinya konsentrasi Cu pada air menunjukkan adanya hubungan dengan konsentrasi Cu pada kerang hijau.

Bioconcentration Factor (BCF)

Nilai Faktor Biokonsentrasi logam berat Cu pada kerang hijau dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai *Bioconcentration Factor* (BCF) Cu pada *P.viridis*

Stasiun	Konsentrasi Logam Berat Cu		Nilai BCF
	Air (mg/L)	Kerang Hijau (mg/kg)	
A	<0,002	0,062	-
	<0,002	0,086	-
	<0,002	0,074	-
	0,007	0,092	13,143
B	<0,002	0,082	-
	<0,002	0,122	-
	<0,002	0,145	-
C	<0,002	0,099	-
	<0,002	0,090	-

Berdasarkan perhitungan nilai *Bioconcentration Factor* (BCF) yaitu rasio antara konsentrasi logam berat Cu pada kerang hijau dengan konsentrasi logam berat Cu pada air di tiga stasiun pengamatan, hasil yang diperoleh nilai *Bioconcentration Factor* hanya ditemukan pada stasiun B titik pertama sebesar 13,143 mg/kg yang merupakan kemampuan kerang hijau mengakumulasi logam berat Cu. Nilai BCF tersebut menunjukkan kurang dari 100 mg/kg yang dikategorikan dalam kelompok sifat akumulatif rendah.

Kelayakan Konsumsi Mingguan

Berikut merupakan nilai kelayakan konsumsi kerang hijau yang disajikan dalam Tabel 6 di bawah ini:

Tabel 6. Berat Maksimal Asupan Cu yang Aman Dikonsumsi Per Minggu (Individu Berat Badan 60 kg)

Stasiun	Titik Sampling	PTWI (mg/kg)	MWI (mg)	Nilai MTI (kg)
A	1	3,5	210	3,387
	2	3,5	210	2,442
	3	3,5	210	2,838
B	1	3,5	210	2,283
	2	3,5	210	2,561
	3	3,5	210	1,721
C	1	3,5	210	1,448
	2	3,5	210	2,121
	3	3,5	210	2,333
Rata-rata				2,348

Nilai MWI (*Maximum Weekly Intake*) logam berat Cu pada individu dewasa dengan berat badan 60 kg di Perairan Morosari, Demak adalah sebesar 210000 μg atau 210 mg Cu berat badan/minggu. Selanjutnya untuk nilai MTI (*Maximum Tolerable Intake*) pada tiga stasiun pengamatan diperoleh rata-rata sebesar 2,348 kg/minggu.

Pembahasan

Logam Berat Tembaga (Cu)

Sebagian besar angka konsentrasi Cu yang ditemukan dalam air masih dibawah limit deteksi alat AAS, konsentrasi tertinggi berada di stasiun B pada titik pertama, yaitu sebesar 0,007 mg/L. Hal tersebut dapat disebabkan terjadinya hujan pada malam hari sebelum dilakukan pengambilan sampel, sehingga logam berat yang berada di Perairan Morosari mengalami proses pengenceran dalam air dengan pengaruh pola pasang surut yang menyebabkan kuantitas logam berat pada satu satuan massa air tertentu akan menurun. Pengenceran yang berlangsung terus-menerus dapat mengakibatkan rendahnya kandungan logam berat dalam air. Tinggi rendahnya konsentrasi logam berat Cu yang ditemukan dalam air diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kondisi fisika dan kimia perairan (Santi *et al.*, 2017). Hal ini diperkuat oleh Emilia *et al.* (2013), penurunan suhu cenderung menurunkan akumulasi logam berat, sementara kenaikan pH dapat menurunkan kelarutan logam berat dalam air, karena kenaikan pH menyebabkan logam berat dapat berikatan dengan partikel di perairan dan mengalami deposisi, yaitu logam berat sukar larut dalam air karena berada dalam bentuk partikel tersuspensi. Rendahnya kadar logam berat pada air laut, bukan berarti bahan cemaran yang mengandung logam berat tidak berdampak negatif terhadap perairan, namun lebih disebabkan oleh kemampuan perairan tersebut untuk mengencerkan bahan cemaran yang cukup tinggi (Permanawati *et al.*, 2013). Semakin besar jumlah limbah yang masuk ke dalam perairan maka semakin besar konsentrasi logam berat dalam perairan dan sebaliknya, semakin kecil jumlah limbah yang masuk maka konsentrasi logam berat semakin rendah pula (Usman *et al.*, 2013).

Konsentrasi logam berat Cu pada kerang hijau yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi logam berat yang ditemukan di perairan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Murraya *et al.* (2018), bahwa kerang mempunyai kemampuan untuk mengakumulasi logam berat ke dalam tubuhnya, maka kandungan logam berat dalam tubuh kerang akan meningkat terus bersamaan dengan lamanya kerang tersebut tinggal dalam perairan yang mengandung logam berat. Menurut Wardani *et al.* (2018), terkait cara makan kerang yaitu *filter feeder*, aliran air laut akan berlanjut menuju ke labial palp dimana pada bagian tersebut akan melalui proses penyaringan dengan cilia-cilia, partikel yang berukuran kecil akan lolos, dan yang berukuran besar atau yang bukan makanannya akan dikeluarkan kembali melalui sifon-inkuren dalam bentuk *pseudofeces* yang terbungkus dengan lendir.

Rendahnya konsentrasi logam berat Cu dalam tubuh kerang hijau disebabkan karena logam berat yang masuk ke dalam tubuh kerang hijau belum terakumulasi ke dalam jaringan tubuh. Meskipun kandungan Cu pada kerang hijau masih rendah Namun demikian, perlu diwaspadai apabila manusia terlalu banyak mengkonsumsi kerang hijau yang mengandung logam Cu secara terus-menerus, dapat berdampak buruk bagi kesehatan manusia, seperti kerusakan ginjal dan hati (Safitri *et al.*, 2018).

Perbedaan Konsentrasi Cu pada Air dengan Konsentrasi Cu pada Kerang Hijau

Hasil uji *t* dengan nilai Sig. (*2-tailed*) sebesar $0,000 < \alpha (0,05)$, yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan konsentrasi logam berat Cu pada air dengan konsentrasi Cu pada kerang hijau. Hal tersebut juga dibuktikan dengan hasil uji konsentrasi logam berat Cu pada kerang hijau lebih tinggi dibandingkan konsentrasi Cu pada air.

Perbedaan konsentrasi logam berat Cu antara air dengan kerang hijau terlihat jelas pada Tabel 2, yaitu konsentrasi Cu pada kerang lebih besar daripada konsentrasi Cu pada air. Hal ini disebabkan karena kerang mampu mengakumulasi logam berat di dalam tubuhnya, dimana kerang hidup menetap (*sessile*) dan *filter feeder*. Kandungan logam berat pada musim hujan akan lebih kecil karena adanya proses pelarutan, sementara pada musim kemarau kandungan logam berat menjadi lebih tinggi karena menjadi terkonsentrasi (Istighfarini *et al.*, 2017).

Hubungan Konsentrasi Cu pada Air dengan Konsentrasi Cu pada Kerang Hijau

Hasil Uji Regresi Linier Sederhana logam berat Cu menunjukkan terdapat hubungan yang kuat antara konsentrasi Cu pada air dengan Konsentrasi Cu pada kerang hijau. Nilai Sig. sebesar $0,037 < \alpha (0,05)$, yang menandakan bahwa terdapat hubungan antara keberadaan Cu pada perairan dengan keberadaan Cu pada kerang hijau.

Konsentrasi logam berat dalam perairan secara alami menggambarkan kualitas perairan yang dihubungkan dengan organisme yang hidup di dalamnya. Oleh karena itu pencemaran perairan akan diikuti oleh biota yang ada di lingkungannya termasuk kerang hijau. Kerang hijau (*Perna viridis*) merupakan organisme dengan pergerakan terbatas, yang tidak memungkinkan menghindari bahan pencemar yang mencemari lingkungan hidupnya. Berdasarkan hal di atas, maka hubungan logam berat Cu dengan air dan kerang hijau yang diperoleh dalam penelitian ini, bahwa konsentrasi logam berat dalam air berbanding lurus dengan konsentrasi logam berat dalam kerang hijau, semakin tinggi konsentrasi logam berat di air, semakin tinggi pula konsentrasi logam pada kerang hijau, dan sebaliknya (Salman, 2020).

Analisis Biokonsentrasi

Nilai BCF yang diperoleh hanya terdapat di stasiun B pada titik pertama sebesar 13,143 mg/kg, sementara di titik yang lain tidak bisa ditentukan karena konsentrasi logam berat dalam air sebagian besar tidak terdeteksi. Berdasarkan nilai BCF diperoleh, *Perna viridis* memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam Cu tergolong rendah. Sumber logam berat Cu di perairan berasal dari aktivitas nelayan, limbah industri, dan cat-cat pada kapal (Irawan *et al.*, 2015). Menurut Dharmadewi dan Wiadnyana (2019), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat akumulasi logam berat yaitu diantaranya, jenis logam berat, jenis atau ukuran organisme, lama pemaparan, serta kondisi lingkungan perairan. Kemampuan suatu organisme kerang dalam mengakumulasi logam berat berbeda-beda. Hal ini diperkuat oleh Naja *et al.* (2019), bahwa akumulasi logam berat dalam tubuh organisme tergantung pada konsentrasi logam berat dalam air, suhu, pH, dan oksigen terlarut.

Kelayakan Konsumsi Mingguan

Batas aman konsumsi maksimum per minggu dapat meningkat atau menurun seiring dengan rendah atau tingginya berat badan seseorang. Menurut Utari *et al.* (2016), kebutuhan harian Cu untuk manusia adalah 30 mg Cu/kg berat tubuh 60 kg. Apabila individu dengan berat badan 60 kg mengkonsumsi kerang hijau melebihi nilai MTI, maka logam berat Cu dapat bersifat toksik bagi kesehatan manusia. Menurut Dewi *et al.* (2017), terjadi mekanisme masuknya logam dalam tubuh dengan pembentukan kompleks protein logam, logam akan bergabung dengan Metallothionein, yaitu suatu protein dengan bobot rendah. Hal ini diperkuat oleh Azwan *et al.* (2011), apabila kebutuhan logam Cu tercukupi, kelebihan logam ini terserap ke sel mukosa gastrointestinal. Cu yang tidak terikat pada intestinum akan tersimpan dalam hati, selain itu Cu juga dapat memasuki jaringan melalui kulit, kedua cara tersebut dapat menyebabkan Cu mudah masuk dalam darah. Keracunan Cu tingkat tinggi dapat menyebabkan gejala akut toksisitas, termasuk mual, ketidaknyamanan perut (diare), *emesis* (mual), *hemoglobinuria* (darah dalam urin). Penyakit kuning, *oliguria* atau *anuria* (gangguan ginjal), hipotensi, koma hingga kematian (FAO, 2011).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi logam berat Cu pada air di Perairan Morosari, Demak berkisar antara $<0,002 - 0,007$ mg/L, konsentrasi tersebut masih di bawah baku mutu lingkungan menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004. Konsentrasi logam berat Cu pada kerang hijau yang diperoleh berkisar antara $0,062 - 0,145$ mg/L. Angka tersebut lebih rendah dari batas maksimum yang diperbolehkan dalam makanan kerang menurut Direktorat Jenderal Pengawasan Obat (POM) No. 03725/B/SK/VII/89. Berdasarkan hasil uji *t* terdapat perbedaan antara konsentrasi logam berat Cu pada air dengan konsentrasi logam berat Cu pada kerang hijau. Terdapat hubungan yang kuat antara konsentrasi logam berat Cu pada air dengan konsentrasi logam berat Cu pada kerang hijau dari hasil uji Regresi Linier Sederhana. Nilai *Bioconcentration Factor* yang diperoleh menunjukkan kemampuan kerang hijau rendah dalam mengakumulasi logam berat Cu. *Maximum Tolerable Intake* pada kerang hijau untuk individu dengan berat badan 60 kg per minggu diperoleh rata-rata sebesar 2,348 kg/minggu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Max Rudolf Muskananfolo, M.Sc dan Nurul Latifah, S.Kel., M.Si atas segala masukan, kritik dan saran yang sangat berarti bagi penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Azwan, M., Sunarto, dan P. Setyono. 2011. Heavy Metal Content of Copper (Cu) and Protein in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Floating Net Cage of Gajah Mungkur reservoir, Wonogiri, Central Java. Bonoworo wetlands. 1(2): 70-79.
- Cahyani, M. D., R. Azizah, dan B. Yulianto. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Air, Sedimen, dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Sungai Sayung dan Sungai Gonjol, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. Jurnal of Marine Research. 1(2): 73-79.

- Dewi, M. A., D. Suprpto dan S. Rudiyaniti. 2017. Kadar Logam Berat Tembaga (Cu), Kromium (Cr) pada Sedimen dan Jaringan Lunak *Anadara granosa* di Perairan Tambak Lorok Semarang. *Journal of Management of Aquatic Resources*. 6 (3): 197-204.
- Dharmadewi, A. A. I. M dan I. G. A. G. Wiadnyana. 2019. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau (*Perna viridis* L.) yang Beredar di Pasar Badung. *Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*. 8(2): 161-169.
- Emilia, I., Suheryanto dan Z. Hanafiah. 2013. Distribusi Logam Kadmium dalam Air dan Sedimen di Sungai Musi Kota Palembang. *Jurnal Penelitian Sains*. 16 (2): 59-64.
- Eshmat, M. E., G. Mahasri, dan B. S. Rahardja. 2014. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Kerang Hijau (*Perna viridis* L.) di Perairan Ngemboh Kabupaten Gresik Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 6(1): 101-108.
- FAO/WHO. 2004. Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA 1956-2003) ILSI Press International Life Sciences Institute, Washington.
- FAO Fisheries and Aquaculture. 2011. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Contaminants in Foods. *Codex Alimentarius Commission*. 89 p.
- Irawan, B., B. Amin, dan Thamrin. 2015. Analisis Kandungan Logam berat Cu, Pb dan Zn pada Air, Sedimen dan Bivalvia di perairan Pantai Utara Pulau Bengkalis. *Dinamika Lingkungan Indonesia*. 2(1): 40-51.
- Istighfarini, S. A. E., S. Daud dan Edward. 2017. Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe pada Air Gambut. *Jom FTEKNIK*. 4(1): 1-8.
- Kalangi, P. N., A. Mandagi, dan K. W. A. Masengi. 2013. Sebaran Suhu dan Salinitas di Teluk Manado. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*. 9(2): 71-75.
- Mirawati, F., E. Supriyantini dan R. A.T. Nuraini. 2016. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Trimulyo dan Mangunharjo Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*. 5(2): 121-126.
- Murraya, N. Taufiq, dan E. Supriyantini. 2018. Kandungan Logam Berat Besi (Fe) dalam Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Trimulyo, Semarang. *Journal of Marine Research*. 7(2): 133-140.
- Naja, M. G. N., M. Izzati, M, dan S. Haryanti. 2019. Kandungan Ca, Cu, dan Pb pada Berbagai Produk Olahan Rumput Laut *Gracillaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss dari Tambak Lorok, Semarang. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 4(1): 13-20.
- Nuraini, R. A. T., H. Endrawati, dan I. R. Maulana. 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Trimulyo Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. 20(1): 48-55.
- Patty, S. I. 2015. Karakteristik Fosfat, Nitrat dan Oksigen Terlarut di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 2(1): 1-7.
- Permanawati, Y., R. Zuraida, dan A. Ibrahim. 2013. Kandungan Logam Berat (Cu, Pb, Zn, Cd, dan Cr) dalam Air dan Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Geologi Kelautan*. 11(1): 9-16.
- Potipat, J, N. Tangkrockolan, and H. F. Helander. 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 Nagajaran Nagarani, Arumugam Kuppusamy Kumaraguru, Velmurugan Janaki Devi Chanthaburi Provinc. *Environment Asia*. 8 (2): 118–28.
- Purba, C., A. Ridlo, dan J. Suprojanto. 2014. Kandungan Logam Berat Cd pada Air, Sedimen dan Daging Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Mas Semarang Utara. *Journal of Marine Research*. 3(3): 285-293.
- Safitri, S. S., E. Efendi, dan I. G. Yudha. 2108. Pencemaran Pb dan Cu pada Kerang Hijau di Pulau Pasaran, Lampung. *Jurnal Pengelolaan Perairan*. 1(2): 10-18.
- Salman, S. 2020. Survei Parameter Fisika-Kimia Perairan dan Konsentrasi Logam Berat pada Kerang Hijau di Pulau Reklamasi C Dan D, Teluk Jakarta. *Jurnal Pendidikan Biologi*. 7(2): 11-18.
- Santi, V. M. A Tiwow, dan S. T. Gonggo. 2017. Analisis Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) dalam Air Laut dan Sedimen di Perairan Pantai Loli Kecamatan Banawa Kabupaten Donggala. *Jurnal Akademika Kimia*. 6(4): 241-246.
- Triantoro, D. D., D. Suprpto, dan S. Rudiyaniti. 2017. Kadar Logam Berat Besi (Fe), Seng (Zn) pada Sedimen dan Jaringan Lunak Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tambak Lorok Semarang. *Journal of Management of Aquatic Resources*. 6(3): 173-180.
- Usman, S., N. L. Nafie, dan M. Ramang. 2013. Distribusi Kuantitatif Logam Berat Pb dalam Air, Sedimen dan Ikan Merah (*Lutjanus erythropterus*) di Sekitar Perairan Pelabuhan Parepare. *Marina Chimica Acta*. 14(2): 49-55.
- Utari, A. A. P. C. P., I. E. Suprihatin, dan N. K. Afiati. 2016. Kandungan Tembaga (Cu) Buah Lindur (*Bruguiera gymnorhiza*), Pedada (*Sonneratia caseolaris*), Nyirih (*Xylocarpus granatum*), dan Bakau (*Rhizophora mucronata*) di Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Bali. *Indoneian E-Journal of Applied Chemistry*. 4(1): 49-54.
- Wardani, I., A. Ridlo, dan E. Supriyantini. 2018. Kandungan Kadmium (Cd) dalam Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Trimulyo Semarang. *Journal of Marine Research*. 7(2): 151-158.
- Wulandari, E., E. Y. Herawati, dan D. Arfiati. 2012. Kandungan Logam Berat Pb pada Air dan Tiram *Saccostrea glomerata* sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Prigi, Trenggalek, Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*. 1(1): 10-14.