

Akumulasi logam Pb pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tambak Lorok serta Analisis Batas Aman Konsumsi untuk Manusia

Rizky Budhi Kusuma*, Endang Supriyantini, Munasik

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof.H.Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

*Corresponding author, e-mail: rizkybudhi07@gmail.com

ABSTRAK: Tambak Lorok merupakan salah satu wilayah di Semarang yang dikelilingi oleh berbagai industri. Tambak Lorok juga menjadi kawasan pemukiman nelayan serta menjadi pusat penjualan hasil laut dengan adanya TPI Tambak Lorok. Limbah buangan industri dan rumah tangga di sekitar Tambak Lorok diduga menyebabkan terjadinya pencemaran logam berat timbal (Pb) di perairan yang tentunya dapat mempengaruhi organisme laut seperti kerang hijau (*Perna viridis*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam berat Pb pada air, sedimen dan kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tambak Lorok, Semarang serta mengetahui hubungannya. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari – Maret 2021 dengan metode penelitian eksploratif kuantitatif. Analisis kandungan logam berat timbal (Pb) pada air, sedimen dan kerang hijau dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro dengan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Hasil menunjukkan bahwa kandungan logam berat Pb Nilai determinasi (R^2) kandungan logam berat timbal (Pb) dalam sedimen di Perairan Tambak Lorok yaitu $R^2 = 0,40$ dan pada air yaitu $R^2 = 0,07$. Hasil analisis korelasi menunjukkan tingkat keeratan hubungan yang kuat yaitu dengan nilai $r = 0,63$, sedangkan pada air terhadap kerang hijau (*P. viridis*) menunjukkan tingkat keeratan hubungan yang lemah dengan nilai $r = 0,26$.

Kata kunci: Timbal; air, sedimen; *Perna viridis*; Tambak Lorok

Correlation of Heavy Metal Lead (Pb) in Water, Sediment and Green Shells (Perna viridis) in Tambak Lorok Waters, Semarang

ABSTRACT: *Tambak Lorok is one of the areas in Semarang which is surrounded by various industries. Tambak Lorok is also a residential area for fishermen and a center for selling marine products with the Tambak Lorok TPI. Industrial and household effluents around Tambak Lorok are suspected of causing heavy metal lead (Pb) pollution in the waters which of course can affect marine organisms such as green mussels (Perna viridis). This study aims to analyze the heavy metal content of Pb in water, sediment and green mussels (Perna viridis) in Tambak Lorok Waters, Semarang and to determine the relationship. This research was conducted in January – March 2021 with explorative quantitative research methods. Analysis of the heavy metal content of lead (Pb) in water, sediment and green mussels was carried out at the Environmental Engineering Laboratory of Diponegoro University using the AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) method. The results showed that the heavy metal content of Pb The determination value (R^2) of the heavy metal content of lead (Pb) in the sediment in Tambak Lorok waters was $R^2 = 0.40$ and in the water was $R^2 = 0.07$. The results of the correlation analysis showed a strong level of a close relationship with a value of $r = 0.63$, while in water to green mussels (*P. viridis*) it showed a weak level of a close relationship with a value of $r = 0.26$.*

Keywords: *Lead; Water; Sediment; Perna viridis; Tambak Lorok*

PENDAHULUAN

Berkembangnya kawasan industri di kawasan Tambak Lorok juga akan diikuti oleh peningkatan jumlah limbah, baik berupa limbah padat, cair maupun gas (Triantoro *et al.*, 2017).

Kegiatan industri yang lokasinya berada disekitar perairan Tambak Lorok diduga akan menyumbangkan limbah yang mengandung logam berat. Salah satu jenis logam berat yang sering dijumpai dan banyak digunakan dalam berbagai aktivitas manusia adalah logam berat timbal (Pb) (Sukaryono dan Dewa, 2018). Menurut Pratama *et al.* (2012), logam berat timbal (Pb) banyak digunakan dalam bidang industri, seperti industri kimia, industri percetakan, serta terkandung di dalam cat dan bahan bakar. Menurut Usman (2013), logam berat timbal (Pb) juga dapat bersumber dari transportasi laut. Perairan Tambak Lorok yang lokasinya sangat dekat dengan pelabuhan berpotensi tercemar logam berat timbal (Pb) melalui buangan-buangan yang dihasilkan oleh kapal laut. Logam berat (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang tidak dapat terdegradasi, logam berat timbal (Pb) juga dapat terakumulasi dan terabsorpsi pada organisme (Puspita *et al.*, 2013). Salah satu organisme yang mudah ditemui di Perairan Tambak Lorok yaitu kerang hijau (*Perna viridis*). Kerang hijau (*P. viridis*) juga salah satu kerang yang digemari oleh masyarakat karena memiliki nilai ekonomis dan juga memiliki nilai kandungan gizi yang baik (Mahasri *et al.*, 2014). Cemaran logam berat timbal (Pb) di perairan tentunya akan berdampak pada kelangsungan hidup organisme perairan dan salah satunya adalah kerang hijau (*P. viridis*).

Logam berat timbal (Pb) yang terdapat di perairan dapat membahayakan kehidupan organisme perairan tersebut secara langsung dan juga secara tidak langsung mengancam kesehatan manusia melalui kontaminasi rantai makanan (Azizah *et al.*, 2018). Logam berat timbal (Pb) yang terdapat di suatu lingkungan konsentrasinya sangat bergantung kepada tingkat aktivitas manusia yang berada di sekitarnya, misalnya daerah industri, jalan raya serta tempat pembuangan limbah (Priatna *et al.*, 2016). Timbal merupakan sebuah unsur sehingga timbal tidak dapat mengalami degradasi (penguraian) dan tidak dapat dihancurkan sehingga menjadi salah satu logam berat yang beracun dan berbahaya. Logam berat timbal (Pb) umumnya juga ditemukan sebagai bahan pencemar dan cenderung mengganggu kelangsungan hidup organisme perairan (Palar, 2008). Nasution dan Siska (2011), menyatakan bahwa akumulasi logam berat timbal (Pb) pada organisme sangat erat kaitannya dengan jenis logam dan mekanisme detoksifikasi pada organisme, hal ini disebabkan karena logam berat timbal (Pb) merupakan logam berat non-essensial dan bersifat toksik atau racun sehingga tidak dapat digunakan dalam proses metabolisme dan pada akhirnya menumpuk dalam jaringan lunak kerang hijau. Selain bersifat racun, logam berat juga akan terakumulasi di sedimen dan biota melalui gravitasi. Menurut Budiarti *et al.* (2008), pencemaran logam berat yang terjadi di suatu perairan tentunya akan berbahaya apabila dikonsumsi dan terakumulasi oleh biota laut yang terdapat di perairan tersebut. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kandungan logam berat Pb yang terdapat dalam air, sedimen dan kerang hijau di Perairan Tambak Lorok serta mengetahui nilai korelasinya. Selain itu juga perlu dilakukan perhitungan batas aman konsumsi mingguan kerang hijau (*P. viridis*) bagi manusia.

MATERI DAN METODE

Materi pada penelitian ini yaitu air, sedimen dan kerang hijau (*P. viridis*) yang diambil dari Perairan Tambak Lorok, Kota Semarang. Data pendukung yang digunakan pada penelitian ini meliputi pengukuran parameter kualitas air seperti salinitas, suhu, DO, pH, kecepatan arus dan kecerahan, serta menggunakan data curah hujan. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksploratif dengan menggunakan pendekatan kuantitatif, yaitu merupakan penelitian yang dilaksanakan untuk menggali secara luas tentang sebab-sebab atau hal-hal yang mempengaruhi terjadinya sesuatu serta tidak dimaksudkan untuk menguji hipotesis tertentu (Narbuko dan Abu, 2005).

Metode pengambilan sampel yang digunakan yaitu *Purposive Sampling* dengan memperhatikan jarak antara lokasi penelitian. Menurut Sugiyono (2017), *Purposive Sampling Method* digunakan dalam penelitian disebabkan teknik ini mempertimbangkan penentuan sampel tertentu karena sampel-sampel yang ada tidak semuanya memiliki kriteria yang dibutuhkan dari tujuan penelitian. Penentuan stasiun pengambilan sampel didasarkan dari keberadaan sumber pencemar dari logam berat timbal (Pb) pada masing-masing stasiun dan keberadaan dari kerang hijau (*P. viridis*). Stasiun yang ditentukan terdiri dari 3 stasiun dengan 3 titik per stasiunnya (Gambar 1). Pengambilan sampel dilakukan pada bulan

Januari dan Maret 2021. Sampel air diambil menggunakan botol nansen pada kedalaman 30 – 50 cm pada masing-masing titik pengambilan. Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan alat *sediment grab* pada setiap titik. Sampel kerang hijau (*P. viridis*) masing-masing diambil pada tiga titik lokasi dari setiap stasiun. Sampel kerang hijau diambil secara langsung dengan menggunakan tangan (Kama, 2020). Sampel tersebut kemudian dilakukan analisis kandungan logam berat timbal (Pb) di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro dengan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) (Triantoro *et al.*, 2017).

Faktor biokonsentrasi digunakan untuk mengetahui kemampuan kerang hijau dalam mengakumulasi logam berat dari air dan sedimen. Menurut LaGrega *et al.*, (2010), faktor biokonsentrasi dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{BCF (o - w)} = \frac{C_{\text{org}}}{C_{\text{water}}} \qquad \text{BCF (o - sed)} = \frac{C_{\text{org}}}{C_{\text{sed}}}$$

Keterangan : BCF (o-w) = Faktor biokonsentrasi (organisme dengan air); BCF (o-sed) = Faktor biokonsentrasi (organisme dengan sedimen); C org = Konsentrasi logam berat dalam organisme (mg/kg); C water = Konsentrasi logam berat dalam air (mg/l); C sed = Konsentrasi logam berat dalam sedimen (mg/kg)

Hasil dari perhitungan faktor biokonsentrasi (FBK) dilanjutkan dengan mengklasifikasikan ke dalam kategori tingkat akumulasi berdasarkan (LaGrega *et al.*, 2010) sebagai berikut : Akumulasi rendah = FBK < 100; Akumulasi sedang = 100 < FBK ≤ 1000; Akumulasi tinggi = FBK > 1000.

Menurut Cahyani *et al.* (2016), untuk mengetahui batas aman mengonsumsi kerang hijau dapat dilakukan dengan penghitungan *Maximum Weekly Intake* (MWI) dan *Maximum Tolerable Intake* (MTI). Batas maksimum konsentrasi dari bahan pangan terkonsentrasi logam berat yang boleh dikonsumsi dalam satu minggu (*Maximum Weekly Intake*) menggunakan angka ambang batas yang diterbitkan oleh organisasi dan lembaga pangan internasional *World Health Organisation* (WHO) dan *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive* (JEFCA). Perhitungan *Maximum Weekly Intake* menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{MWI (g)} = \text{Berat Badan}^{\text{a)}} \times \text{PTWI}^{\text{b)}}$$

Keterangan: Berdasarkan dari asumsi dengan rata-rata berat badan anak-anak 15 kg dan berat badan orang dewasa rata-rata 50 kg. *Provisional Tolerable Weekly Intake* adalah jumlah asupan kontaminan logam berat pada makanan yang dapat ditoleransi untuk seminggu sehingga tidak membahayakan kesehatan. Angka toleransi batas maksimum perminggu untuk logam berat timbal (Pb) adalah 0,025 mg/kg (FAO/WHO, 2004).

Penentuan batas aman konsumsi dilakukan mengacu pada nilai PTWI sehingga diperoleh batas aman kerang hijau yang boleh dikonsumsi. Setelah mendapatkan nilai *Maximum Weekly Intake* dan didapatkan nilai konsentrasi logam berat maka dilakukan perhitungan *Maximum Tolerable Intake* (MTI). Menurut Cahyani *et al.* (2016), nilai *Maximum Tolerable Intake* (MTI) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{MTI} = \frac{\text{MWI}}{C_t}$$

Keterangan: MWI = *Maximum Weekly Intake* (mg) untuk berat badan orang dewasa 50 kg dan anak-anak 15 kg; C_t = Konsentrasi logam berat yang ditemukan di dalam jaringan lunak kerang (mg/kg)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kandungan logam berat Pb pada air, sedimen dan kerang hijau (*P. viridis*) di Perairan Tambak Lorok, Semarang disajikan dalam Tabel 1. Berdasarkan dari hasil analisis

kandungan logam berat timbal (Pb) pada air di Perairan Tambak Lorok, didapatkan bahwa nilai kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air pada bulan Januari lebih besar dibandingkan dengan bulan Maret. Nilai rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) di setiap stasiun pada bulan Januari berkisar antara 0,717–0,732 mg/L, sedangkan pada bulan Maret berkisar antara 0,246–0,610 mg/L. Hasil analisis nilai rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) dalam sedimen di setiap stasiun pada bulan Januari berkisar antara 6,765–6,894 mg/kg, sedangkan pada bulan Maret berkisar antara 6,201–20,379 mg/kg. Hasil analisis kandungan logam berat timbal (Pb) pada jaringan lunak kerang hijau (*P. viridis*) di Perairan Tambak Lorok didapatkan bahwa nilai kandungan logam berat timbal (Pb) pada bulan Januari lebih kecil dibandingkan dengan bulan Maret. Nilai rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) pada jaringan lunak kerang hijau di setiap stasiun pada bulan Januari berkisar antara 3,204–5,024 mg/kg, sedangkan di bulan Maret berkisar antara 9,925–13,448 mg/kg.

Berdasarkan hasil analisis kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air, didapatkan bahwa kandungan logam berat timbal (Pb) dalam sampel air yang diambil pada bulan Januari lebih besar dibandingkan dengan sampel yang diambil pada bulan Maret. Rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) setiap stasiun pada sampel yang diambil bulan Januari berkisar antara 0,717–0,732 mg/L, sedangkan rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) pada bulan Maret berkisar antara 0,246–0,610 mg/L, lebih tingginya kandungan logam berat timbal (Pb) pada sampel air yang diambil pada bulan Januari diduga karena pada bulan Januari memiliki curah hujan yang cukup tinggi dengan total curah hujan sebesar 300,8 mm (BMKG, 2021). Tingginya logam berat timbal (Pb) dalam sampel air yang diambil pada bulan Januari disebabkan karena teraduknya sedimen yang kemudian akan terangkat ke air dan tersebar tanpa mengendap di sedimen tersebut (Rochyatun *et al.*, 2006). Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Nurhayati dan Putri (2019) yang menyatakan bahwa perbedaan hasil konsentrasi logam berat antara musim panas dan musim hujan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah proses fisik. Proses fisik ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti arus dan gelombang. Curah hujan yang tinggi menyebabkan meningkatnya kecepatan angin yang mempengaruhi arus dan gelombang. Arus menyebabkan terjadinya gesekan antara sedimen dengan massa air. Hal tersebut dapat menyebabkan terlepasnya partikel dalam sedimen dan berpotensi menaikkan kadar logam berat dalam air (Palar, 2008). Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa nilai kandungan logam berat timbal (Pb) pada air di Perairan Tambak Lorok telah melebihi baku mutu yang ditetapkan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, tentang baku mutu air laut untuk biota yaitu sebesar 0,008 mg/L. Konsentrasi logam berat timbal (Pb) dalam air cukup tinggi apabila dibandingkan dengan nilai baku mutu yang ditetapkan.

Menurut Prihati *et al.* (2020), suhu memiliki pengaruh secara langsung dan tak langsung terhadap perairan. Pengaruh yang secara langsung yaitu mempengaruhi aktivitas organisme seperti pertumbuhan dan metabolisme, sedangkan pengaruh secara tak langsung yaitu suhu dapat mempengaruhi kadar oksigen terlarut (DO) di dalam perairan. Hasil pengukuran suhu masih menunjukkan bahwa suhu berada di batas normal suatu perairan sesuai dengan baku mutu.

Tabel 1. Kandungan Logam Berat Pb dalam Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis*)

Sampel	Januari 2021			Maret 2021			Baku Mutu
	Stasiun			Stasiun			
	1	2	3	1	2	3	
Air (mg/L)	0,717	0,718	0,732	0,246	0,560	0,610	0,008 ^{a)}
Sedimen (mg/kg)	6,845	6,765	8,894	6,201	12,905	20,379	50 ^{b)}
Kerang Hijau (mg/kg)	4,074	3,204	5,024	9,925	12,724	13,448	1,5 ^{c)}

Keterangan : a) Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021; b) ANZECC dan ARMCANZ yang tertera pada *Water Quality Guidelines* (2000); c) Badan Standarisasi Nasional melalui SNI 7387:2009

Menurut Triantoro *et al.* (2017) salinitas memiliki peranan yang penting bagi suatu perairan dan juga memiliki pengaruh terhadap kehidupan biota. Sebaran salinitas di laut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai (kecepatan arus). Salinitas terendah didapatkan pada stasiun 1 yang merupakan muara sungai sehingga nilai salinitasnya lebih rendah dibandingkan stasiun 2 dan 3. Salinitas di Perairan Tambak Lorok juga masih tergolong baik untuk menunjang kehidupan biota seperti kerang hijau (*P. viridis*). Salinitas di bulan Januari juga relatif lebih rendah dibandingkan di bulan Maret, hal ini dipengaruhi oleh curah hujan yang lebih tinggi di bulan Januari dibandingkan dengan bulan Maret. Hal ini juga sesuai dengan penelitian Handayani *et al.* (2020) yang menyatakan semakin besar atau banyak curah hujan di suatu wilayah laut maka akan semakin rendah salinitasnya dan sebaliknya semakin sedikit atau kecil curah hujan yang turun maka salinitasnya akan meningkat. Nilai pH yang didapatkan juga masih menunjukkan nilai yang cukup baik untuk menunjang kehidupan biota seperti kerang hijau (*P. viridis*) dimana menurut baku mutu yang ditetapkan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 berkisar antara 7–8,5.

Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa nilai kandungan logam berat timbal (Pb) dalam sedimen di Perairan Tambak Lorok bulan Januari dan Maret 2021 masih di bawah nilai baku mutu yang ditetapkan oleh ANZECC (2000) yaitu sebesar 50 mg/kg. Lebih tingginya kandungan logam berat timbal (Pb) dalam sedimen pada bulan Maret dibandingkan dengan kandungan logam berat timbal (Pb) pada bulan Januari diduga karena curah hujan yang mulai menurun dan memasuki musim panas. Berdasarkan hasil pantauan dari BMKG (2021), data curah hujan yang tercatat pada bulan Januari termasuk kategori tinggi yaitu sebesar 300,8 mm dibandingkan pada bulan Maret yaitu 146,9 mm. Hal ini juga disebutkan oleh Supriyantini dan Endrawati (2015), yang menyatakan bahwa kandungan bahan pencemar yang terdapat di sedimen berhubungan dengan kondisi lingkungan yang tenang, sehingga saat curah hujan dan kecepatan angin yang tinggi yang menyebabkan arus dan gelombang tinggi sangat mempengaruhi kandungan logam berat dalam sedimen. Triantoro *et al.* (2017) menyatakan bahwa kandungan logam berat yang tinggi pada sedimen di Perairan Tambak Lorok dapat disebabkan beberapa hal. Selain adanya aktivitas industri, masyarakat sekitar Perairan Tambak Lorok juga memiliki aktivitas budidaya yang banyak dilakukan di sekitar perairan, diantaranya adalah budidaya kerang hijau dan juga ikan bandeng dalam keramba jaring tancap. Kadar logam berat yang terdapat pada sedimen di Perairan Tambak Lorok dapat mempengaruhi berbagai proses metabolisme pada biota. Wardani *et al.* (2014) menyatakan bahwa proses pengendapan logam-logam berat yang terjadi di perairan akan terakumulasi di dalam sedimen, dan kemudian juga akan terakumulasi pada biota yang ada di dalam perairan, salah satunya yaitu kerang hijau (*P. viridis*) yang juga menjadi sampel uji pada penelitian ini. Logam berat yang terdapat di perairan akan melalui dua proses, yaitu pengendapan dan absorpsi oleh organisme.

Tabel 2. Parameter Kualitas Perairan Tambak Lorok

Parameter	Januari			Maret			Baku Mutu*
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 1	St. 2	St. 3	
Suhu (°C)	28,3	29,1	30,6	30,7	31,8	32,3	28 – 32
Salinitas (ppm)	21,6	30,3	32,6	22,3	31,6	33,6	28 – 35
Kecerahan (m)	0,4	0,5	1	0,5	0,7	1,25	>3
DO (mg/l)	1,3	4,6	6,1	1,6	5,81	7,03	>5
pH	5,04	7,41	7,6	6,67	7,57	7,71	7 – 8,5
Arus (m/s)	0,18	0,05	0,04	0,13	0,05	0,04	
Curah Hujan (mm)		300,8			146,9		

Baku Mutu : Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021

Berdasarkan hasil analisis, menunjukkan bahwa rata-rata nilai kandungan logam berat timbal (Pb) yang terdapat dalam jaringan lunak kerang hijau (*P. viridis*) pada setiap stasiun berkisar antara sebesar 3,204–13,448 mg/kg (Tabel 1). Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa nilai kandungan logam berat yang terdapat dalam jaringan lunak kerang hijau (*P. viridis*) di Perairan Tambak Lorok, yang diambil pada bulan Januari dan Maret 2021 telah melebihi nilai baku mutu yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional melalui SNI 7387:2009 tentang batas cemaran logam berat pada pangan yaitu sebesar 1,5 mg/kg. Logam berat yang terdapat di perairan dapat menimbulkan terjadinya proses akumulasi di tubuh organisme seperti terjadinya akumulasi pada kerang hijau (*P. viridis*). Akumulasi biologis dapat terjadi melalui proses absorpsi langsung terhadap logam berat yang terdapat di dalam air. Logam berat timbal (Pb) merupakan logam berat toksik yang bersifat akumulatif. Nasution dan Siska (2011), menyatakan bahwa akumulasi logam berat timbal (Pb) pada organisme sangat erat kaitannya dengan jenis logam dan mekanisme detoksifikasi pada organisme, hal ini disebabkan karena logam berat timbal (Pb) merupakan logam berat non-essensial dan bersifat toksik atau racun sehingga tidak dapat digunakan dalam proses metabolisme dan pada akhirnya menumpuk dalam jaringan lunak kerang hijau. Kandungan logam berat timbal (Pb) pada jaringan lunak kerang hijau (*P. viridis*) relatif lebih besar dibandingkan dengan kandungan yang terdapat di air namun masih relatif lebih kecil apabila dibandingkan dengan kandungan logam berat timbal (Pb) dalam sedimen.

Faktor Biokonsentrasi

Menurut Astari *et al.* (2021) faktor biokonsentrasi ini juga dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan kerang hijau (*P. viridis*) dalam mengakumulasi logam berat dari lingkungannya. Nilai faktor biokonsentrasi ini didapatkan melalui perbandingan antara kemampuan organisme (kerang hijau) dalam menyerap logam berat dengan konsentrasi yang terdapat di air dan sedimen. Bioakumulasi sendiri merupakan sebuah pengambilan dan juga penyimpanan bahan kimia yang didapatkan melalui sumber eksternal, contohnya udara, air, substrat, dan makanan (Alisa *et al.*, 2020). Hasil biokonsentrasi logam Pb secara lengkap disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil analisis faktor biokonsentrasi yang dilakukan dengan membandingkan data hasil kandungan logam berat dalam jaringan lunak kerang hijau (*P. viridis*) dengan data kandungan logam berat di sampel air dan sedimen, didapatkan hasil yang cukup variatif. Nilai faktor biokonsentrasi tersebut juga menunjukkan bahwa kerang hijau (*P. viridis*) di Perairan Tambak Lorok lebih tinggi mengakumulasi logam berat timbal (Pb) pada air dibandingkan dengan sedimen, namun faktor biokonsentrasinya masih termasuk ke dalam kategori yang rendah. Kerang hijau (*P. viridis*) merupakan organisme *filter feeder*, dimana cara untuk mendapatkan makanannya adalah dengan menyerap makanannya dan menyaring masuk ke dalam tubuhnya sehingga akan

Tabel 3. Faktor Biokonsentrasi

Stasiun Penelitian	Media	Januari 2021 Timbal (FBK)	Maret 2021 Timbal (FBK)
Stasiun 1	Air	5,677	40,345
	Sedimen	0,595	1,6
Stasiun 2	Air	4,462	22,753
	Sedimen	0,473	0,987
Stasiun 3	Air	6,863	22,045
	Sedimen	0,564	0,66
Kadar Rendah		FBK<100	FBK<100
Kadar Sedang		100 < FBK ≤ 1000	100 < FBK ≤ 1000
Kadar Tinggi		FBK>1000	FBK>1000

mendapatkan partikel-partikel yang terdapat di dalam air dan sedimen. Pencemaran logam berat yang terjadi di lingkungan perairan nantinya akan terlarut dalam air dan juga akan terakumulasi dalam sedimen, serta dapat meningkatkan kandungannya seiring dengan berjalannya waktu, tergantung pada kondisi lingkungan perairan tersebut (Wulan dan Amin, 2013).

Batas Aman Konsumsi Mingguan Daging Kerang Hijau (*Perna viridis*)

Berdasarkan hasil perhitungan MTI untuk orang dewasa dengan asumsi berat badan 50 kg dapat mengonsumsi kerang hijau (*P. viridis*) dari Perairan Tambak Lorok berkisar antara 0,248–0,390 kg/minggu pada bulan Januari, sedangkan pada bulan Maret dapat mengonsumsi sebesar 0,092–0,125 kg/minggu (Tabel 4). Hasil perhitungan MTI untuk anak-anak dengan asumsi berat badan 15 kg dapat mengonsumsi kerang hijau (*P. viridis*) yang ada di perairan Tambak Lorok berkisar antara 0,074–0,117 kg/minggu pada bulan Januari, sedangkan pada bulan Maret berkisar antara 0,027–0,037 kg/minggu (Tabel 5).

Seluruh hasil analisis kandungan logam berat dalam sampel jaringan lunak kerang hijau (*P. viridis*) yang diambil dari Perairan Tambak Lorok, Semarang menunjukkan nilai yang telah melebihi ambang batas yang telah ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional melalui SNI 7387:2009 tentang batas cemaran logam berat pada pangan yaitu sebesar 1,5 mg/kg. Perhitungan nilai MTI ini digunakan untuk mengetahui batas aman konsumsi kerang hijau (*P. viridis*) agar tidak menimbulkan efek negatif bagi manusia yang mengkonsumsinya. Efek toksik yang disebabkan oleh logam berat timbal (Pb) pada manusia dapat bersumber dari kontaminasi pada makanan. Menurut Indirawati (2017), logam berat timbal (Pb) merupakan logam berat yang tidak dibutuhkan oleh tubuh manusia. Tingginya logam berat timbal (Pb) yang terkandung dalam tubuh manusia dapat menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin (Hb). Enzim yang berperan dalam sintesis hemoglobin yaitu enzim ALAD dan ferrokkelatase. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rizkiawati (2012), yang menunjukkan bahwa adanya hubungan antara logam berat timbal (Pb) darah dengan kadar hemoglobin darah.

Toksitas yang dimiliki oleh logam berat timbal (Pb) bersifat kronis dan akut. Tingginya kandungan logam berat timbal (Pb) dalam tubuh juga dapat mengakibatkan gangguan kesehatan lainnya seperti gastrointestinal, infertilitas pada pria, aborsi spontan pada wanita, menurunnya daya ingat, terganggunya fungsi syaraf dan juga dapat menyebabkan terganggunya fungsi organ ginjal (Jusup *et al.*, 2008). Efek toksik pada manusia yang dapat ditimbulkan akibat mengonsumsi kerang hijau (*P. viridis*) yang melebihi nilai MTI yaitu menyebabkan keracunan akut. Keracunan akut logam berat timbal (Pb) juga dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti gangguan pada fungsi otak dan juga gangguan hati (Mirawati *et al.*, 2016).

Tabel 4. Batas Aman Konsumsi Mingguan Kerang Hijau (*Perna viridis*) dalam seminggu di Perairan Tambak Lorok (Individu Berat Badan rata-rata 50 kg)

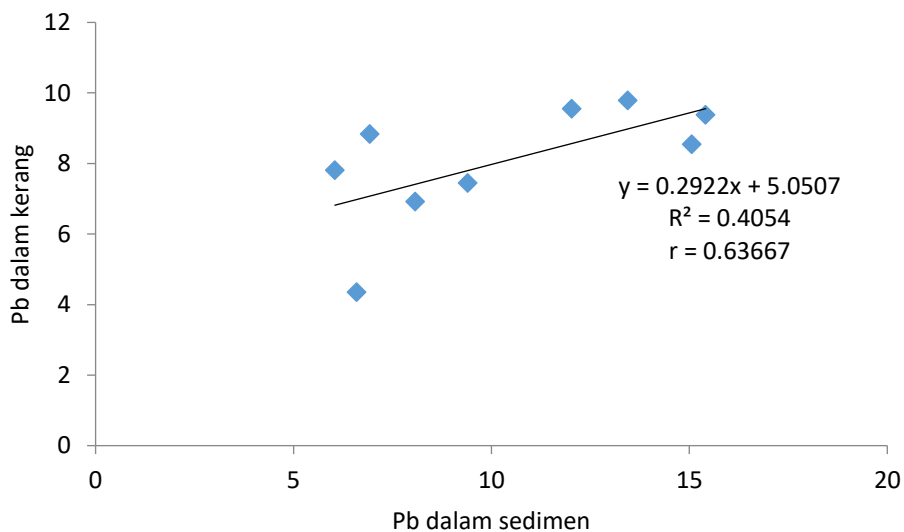
Stasiun	Nilai MTI (kg/minggu)		PTWI (mg/kg)	MWI (mg)
	Januari	Maret		
1	0.306	0.125	0.025	1.25
2	0.390	0.098	0.025	1.25
3	0.248	0.092	0.025	1.25

Tabel 5. Batas Aman Konsumsi Kerang Hijau (*Perna viridis*) dalam seminggu di Perairan Tambak Lorok (Individu Berat Badan rata-rata 15 kg)

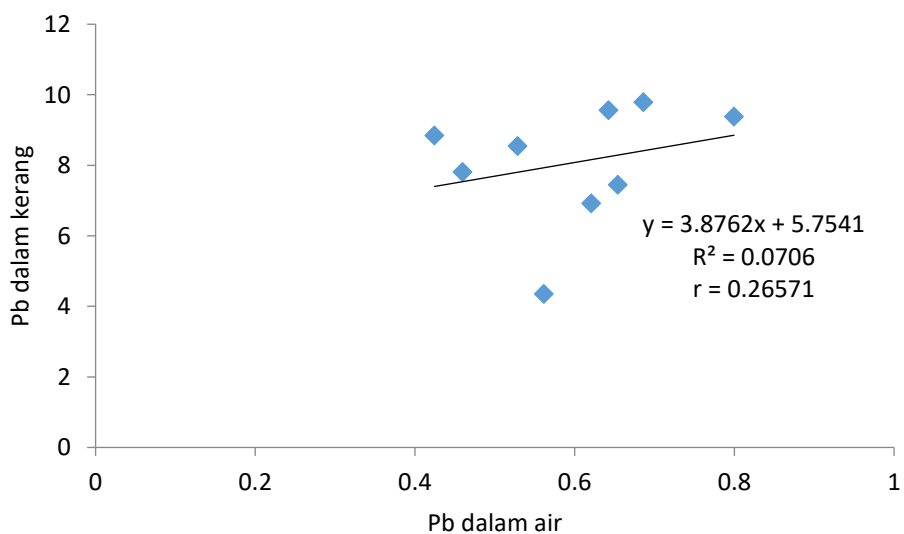
Stasiun	Nilai MTI (kg/minggu)		PTWI (mg/kg)	MWI (mg)
	Januari	Maret		
1	0.092	0.037	0.025	0.375
2	0.117	0.029	0.025	0.375
3	0.074	0.027	0.025	0.375

Analisis Korelasi dan Regresi

Analisis Regresi dan Korelasi digunakan untuk mendapatkan prediksi hubungan kandungan logam berat timbal (Pb) antara sampel air dengan sampel kerang hijau (*P. viridis*) serta antara sedimen dengan kerang hijau (*P. viridis*). Hasil analisis regresi dan korelasi disajikan pada Gambar 1 dan 2. Berdasarkan tingkat keeratan hubungan yang dinyatakan oleh Siregar (2014), hal ini menunjukkan bahwa adanya hubungan yang kuat antara kandungan logam timbal (Pb) dalam sedimen dengan kandungan logam Pb dalam kerang hijau (*P. viridis*) yaitu dengan nilai $r = 0,63$, sedangkan pada air terhadap kerang hijau (*P. viridis*) menunjukkan tingkat keeratan hubungan yang lemah dengan nilai $r = 0,26$.



Gambar 1. Hubungan Kandungan Logam Berat dalam Sedimen dengan Kerang Hijau (*Perna viridis*)



Gambar 2. Hubungan Kandungan Logam Berat dalam Air dengan Kerang Hijau (*Perna viridis*)

Berdasarkan analisis korelasi, kedua hasil menunjukkan arah hubungan yang positif, dimana hal ini berarti kedua variabel masih berkorelasi kearah yang sama. Arah hubungan yang positif juga berarti bahwa peningkatan kadar logam berat timbal dalam air dan sedimen di suatu perairan menyebabkan terjadinya peningkatan (efek positif) akumulasi logam berat timbal dalam tubuh kerang hijau. Penyebab tingginya peluang logam berat timbal masuk ke dalam tubuh kerang relatif besar karena hidup di lapisan dasar perairan (benthos). Hal ini juga sesuai dengan Manahan (2002), yang menyatakan bahwa meningkatnya konsentrasi logam berat dalam air akan menyebabkan terjadinya peningkatan kandungan logam berat dalam sedimen akibat proses-proses fisika, kimia dan hayati perairan. Peningkatan akumulasi logam berat dalam tubuh hewan dasar (demersal) seperti kerang juga akan terjadi akibat adanya peningkatan kandungan di lingkungannya, serta kerang hijau juga bersifat menetap.

Lemahnya hubungan antara kandungan logam berat dalam sampel kerang hijau (*P. viridis*) dengan kandungan logam berat dalam sampel air disebabkan karena sifat dari logam berat timbal. Logam berat timbal sendiri sangat beracun, memiliki sifat bioakumulatif dalam tubuh organisme air, dan terakumulasi secara terus menerus sampai organisme tersebut tidak mampu lagi mentolerir kandungan logam berat timbal di dalam tubuhnya (Connell dan Miller, 1995). Sifat bioakumulatif yang dimiliki oleh logam berat timbal akan mengakibatkan konsentrasi logam berat timbal yang terlarut dalam air rendah, namun dalam sedimen akan semakin meningkat yang disebabkan karena adanya proses-proses fisika, kimia dan biologi perairan, serta dalam tubuh organisme air juga ikut meningkat sampai beberapa kali lipat (*biomagnification*) (Sitorus, 2004).

KESIMPULAN

Kandungan logam berat Pb yang terdapat di dalam air serta jaringan lunak kerang hijau (*P. viridis*) di Perairan Tambak Lorok, Semarang telah melewati baku mutu yang ditetapkan, sedangkan untuk kandungan logam berat Pb dalam sedimen masih di bawah baku mutu yang ditetapkan. Berdasarkan hasil perhitungan MTI batas konsumsi kerang hijau untuk berat badan rata-rata 50 kg adalah 0,248-0,390 kg/minggu pada bulan Januari dan sebesar 0,092-0,125 kg/minggu untuk bulan Maret. Sedangkan untuk berat badan rata-rata 15 kg dapat mengkonsumsi kerang hijau berkisar 0,074-0,117 kg/minggu pada bulan Januari dan 0,027-0,037 kg/minggu pada bulan Maret. Berdasarkan hasil analisis kandungan logam Pb pada sedimen berkorelasi kuat terhadap kandungan logam Pb pada kerang hijau dengan nilai $r=0,63$, sedangkan logam Pb pada air memberikan korelasi lemah terhadap kandungan logam Pb pada kerang hijau dengan nilai $r=0,26$.

DAFTAR PUSTAKA

- Alisa, C.A.G., Albirqi M.S. & Faizal, I. 2020. Kandungan Timbal dan Kadmium pada Air dan Sedimen di Perairan Pulau Untung Jawa, Jakarta. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 5(1):21-26. DOI: 10.24198/jaki.v5i1.26523
- Astari, F.D., Batu, D.T.F.L. & Setyobudiandi, I. 2021. Akumulasi Besi (Fe) pada Kerang Hijau di Perairan Tanjung Mas, Semarang. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(1):120-127. DOI: 10.18343/jipi.26.1.120
- Anzecc, A. 2000. Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Canberra, 1:1-314.
- Azizah, R., Malau, R., Susanto, A.B., Santosa, G.W., Hartati, R., Irwani, I. & Suryono, S. 2018. Kandungan Timbal Pada Air, Sedimen, Dan Rumput Laut *Sargassum sp.* Di Perairan Jepara, Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(2):155-166. DOI: 10.14710/jkt.v21i2.3010
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI 7387:2009. Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Makanan. BSN RI, Jakarta.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). 2021. Data Online Pusat Database – BMKG. dataonline.bmkg.go.id

- Budiarti, A., Rosmini, R., & Sunoko, H.R. 2008. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan Merkuri (Hg) dalam Cumi – Cumi (*Loligo Sp.*) yang Diperoleh dari TPI Tambak Lorok Semarang. *Jurnal Ilmu Farmasi dan Klinik*, 5(1):14-16. DOI: 10.31942/jiffk.v5i1.826
- Cahyani, N., Batu, D.T.F.L., & Sulistiono, S. 2016. Kandungan Logam Berat Pb, Hg, Cd dan Cu pada Daging Ikan Rejung (*Sillago sihama*) di Estuari Sungai Donan, Cilacap, Jawa Tengah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(3):267–276. DOI: 10.17844/jphpi.2016.19.3.267
- Connel, D.W. & Miller, G.J. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Terjemahan. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- FAO/WHO. 2004. Summary of Evaluations Performed by The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA 1956- 2003) ILSI Press International Life Science Institute, Washington
- Handayani, P., Kurniawan, K. & Adibrata, S. 2020. Kandungan logam Berat Pb pada Air Laut, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Pantai Sampur Kabupaten Bangka Tengah. *Jurnal IPTEK Terapan Perikanan dan Kelautan*, 1(2):97-105. DOI: 10.15578/plgc.v1i2.8910
- Indirawati, S. M. 2017. Pencemaran Logam Berat Pb dan Cd dan Keluhan Kesehatan pada Masyarakat di Kawasan Pesisir Belawan. *Jurnal Ilmiah Penelitian Kesehatan*, 2(2):54-60. DOI: 10.30829/jumantik.v2i2.1165
- Jusuf, R., Sastiono, A. & Widowati, W. 2008. Efek Toksik Logam : Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Andi Offset, Yogyakarta.
- Kama, N.A. 2020. Efektivitas Bubur Rumput Laut Sebagai Reduktor Logam Timbal pada Kerang Hijau. *Jurnal Sosial Budaya dan Sains*, 2(1):11-18.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021
- LaGrega, M.D., Buckingham, P.L. & Evans, J.C. 2010. Hazardous Waste Managemen. Second Edition. McGraw Hill Interntional Edition. New York
- Mahasri, G., Eshmat, M.E. & Rahardja, B.S. 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. DOI: 10.20473/jipk.v6i1.11387
- Manahan, S.E. 2002. Environmental Chemistry. Seventh Edition. Lewis Publisher, New York.
- Mirawati, F., Supriyantini, E. & Nuraini, R.A.T. 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. DOI: 10.14710/buloma.v5i2.15731
- Narbuko, C. & Abu, A. 2005. Metodologi penelitian. Bumi Aksara, Jakarta.
- Nasution, S. & Siska, M. 2011. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen dan Siput *Strombus canarium* di Perairan Pantai Pulau Bintan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 5(2):82-93. DOI: 10.31258/jil.5.02.p.82-93
- Nurhayati, D. & Putri, D.A., 2019. Bioakumulasi Logam Berat pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Cirebon Berdasarkan Musim yang Berbeda. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 4(1):6– 10. DOI: 10.24198/jaki.v4i1.23484
- Palar, H. 2008. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta, Jakarta
- Pratama, A.G., Pribadi, R. & Maslukah, L. 2012. Kandungan Logam Berat Pb dan Fe pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Sungai Tapak kelurahan Tugurejo Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Journal Of Marine Research*, 1(1):118-122.
- Priatna, D.E., Purnomo, T. & Kuswanti, N. 2016. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Air dan Ikan Bader (*Barbonymus gonionotus*) di Sungai Brantas Wilayah Mojokerto. *Lentera Bio*, 5 (1):48-53.
- Prihati, S.R., Suprpto, D. & Rudiyanti, S. 2020. Kadar Logam Berat Pb, Fe dan Cd yang terkandung dalam Jaringan Lunak Kerang Batik (*Paphia undulat*) dari Perairan Tambak Lorok, Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 4 (2):116-123.
- Puspita, A.D., Santoso, A. & Yulianto, B., 2013. Studi Akumulasi Logam Timbal (Pb) dan Efeknya Terhadap Kandungan Klorofil Daun Mangrove *Rhizophora mucronate*. *Journal Of Marine Research*, 3(1):44-53.

- Rizkiawati, A. 2012. Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kadar Hemoglobin (Hb) dalam Darah pada Tukang Becak di Pasar Mranggen, Demak. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 1(2):663-669.
- Roehyaton, E., Kaisupy, M.T. & Rozak, A. 2006. Distribusi Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Makara Journal of Science*, 10(1):35-40. DOI: 10.7454/mss.v10i1.151
- Siregar, S. 2014. Statistik Parametrik untuk Penelitian Kuantitatif: Dilengkapi dengan Perhitungan Manual dan Aplikasi SPSS Versi 17. Edisi I. Bumi Aksara, Jakarta.
- Sitorus, H. 2004. Analisis Beberapa Karakteristik Lingkungan Perairan yang Mempengaruhi Akumulasi Logam Berat Timbal dalam Tubuh Kerang Darah di Perairan Pesisir Timur Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 11(1):53-60.
- Sugiyono. 2017. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Alfabeta, Bandung.
- Sukaryono, I.D. & Riardi, P.D., 2018, Pemantauan Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Sedimen di Pesisir Teluk Ambon Dalam sebagai Indikator Tingkat Pencemaran. *Majalah Biam*, 14 (1):1-7. DOI: 10.29360/mb.v14i1.3554
- Supriyantini, E. & Endrawati, H., 2015. Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(1): 38-48. DOI: 10.14710/jkt.v18i1.512
- Triantoro, D.D., Suprpto, D. & Rudiyaniti, S., 2017. Kadar Logam Berat Besi (Fe), Seng (Zn) Pada Sedimen Dan Jaringan Lunak Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Tambak Lorok Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal*, 6(3):173-180. DOI: 10.14710/marj.v6i3.20573
- Usman, S., La Nafie, N. & Ramang, M. 2013. Distribusi Kuantitatif Logam Berat Pb dalam Air, Sedimen dan Ikan Merah (*Lutjanus erythropterus*) di Sekitar Perairan Pelabuhan Parepare. *Journal of Indonesian Coral Reefs*, 14(2):49-55. DOI: 10.20956/mca.v14i2.1189
- Wardani, D.A.K., Dewi, N.K. & Utami, N.R., 2014. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Daging Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Muara Sungai Banjir Kanal Barat Semarang. *Unnes Journal Life Science*, 3(1):1-8.
- Wulan, S.P. & Amin, B. 2013. Konsentrasi, Distribusi dan Korelasi Logam Berat Pb, Cr dan Zn pada Air dan Sedimen di Perairan Sungai Siak sekitar Dermaga PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang-Provinsi Riau. *Jurnal Kajian Lingkungan*, 1(1):72-92.