

Kajian Tingkat Timbal (Pb) di Perairan Pantai Semarang: Studi Kasus pada Kerang Darah

Tazkia Aulia Kusumadiani*, Bambang Yulianto, Sri Redjeki

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: tazkiaauliak00@gmail.com

ABSTRAK: Masuknya zat ataupun komponen ke dalam lingkungan laut yang menyebabkan berkurangnya kualitas perairan disebut sebagai pencemaran laut. Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar yang banyak ditemukan di lingkungan laut. Contohnya adalah timbal (Pb). Pencemaran lingkungan laut tidak hanya berdampak terhadap menurunnya kualitas perairan, akan tetapi juga berdampak pada manusia yang mengkonsumsi produk hayati laut. Pesisir Kota Semarang merupakan wilayah tersibuk di Jawa Tengah dengan tingginya berbagai aktivitas seperti pemukiman, transportasi darat dan laut, industri, perikanan, dan pertanian yang mengakibatkan tingginya masukan polutan ke lingkungan laut yang mengakibatkan turunnya kualitas perairan darat. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kandungan logam timbal (Pb) pada air, sedimen, dan kerang darah (*A. granosa*) di Perairan Pantai Semarang. Konsentrasi logam berat Pb dalam air dan sedimen dianalisis dengan menggunakan *Flame AAS* sedangkan untuk kerang darah menggunakan metode ICP. Kandungan Pb pada seluruh sampel di bulan Maret 2023 lebih rendah dibandingkan pada Januari 2023. Pb dalam air (0,059–0,067 mg/L) pada Januari 2023 telah melebihi nilai baku mutu (0,008 mg/L) sementara pada Maret 2023 adalah <0,003 mg/L. Konsentrasi sedimen pada Januari 2023 (20,19–22,47 mg/kg) dan Maret 2023 (6,03–6,763 mg/kg) tidak melebihi baku mutu (50 mg/kg). Pb dalam kerang darah pada Januari 2023 (0,118–0,134 mg/kg) dan Maret 2023 (<0,040 mg/kg) tidak melebihi baku mutu (1,5 mg/kg). Perhitungan asupan aman konsumsi kerang darah untuk mengetahui batas aman konsumsi kerang darah pada berat badan 55 dan 60 kg masing masing adalah 10,261-11,653 kg/minggu dan 11,194-12,712 kg/minggu. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan dalam melihat tingkat pencemaran logam yang ada di Perairan Pantai Semarang.

Kata kunci: pencemaran; logam berat; timbal (Pb); *Anadara granosa*

Assessment of Lead (Pb) Contamination in Semarang Coastal Waters: Focusing on *Anadara granosa*

ABSTRACT: The entry of substances or components into the environment that caused a reduction in the quality of waters is known as marine pollution. Heavy metals are one of the most pollutant materials found in the marine environment. Example of heavy metal is lead (Pb). Contamination in the marine environment not only has an impact on decreasing water quality, but also on humans who consume marine biological products. The coastal of Semarang City known as busiest area in Central Java with high levels of various activities such as settlements, land and sea transportation, industry, fisheries, and agriculture which result in a high input of pollutants into the marine environment that make a decline in the quality of inland and sea waters. Purpose of this study is to determine content of heavy metal lead (Pb) in water, sediment, and blood shells (*Anadara granosa*) in Semarang Coastal waters. Concentration of heavy metal Pb in water and sediment was analyzed using *Flame AAS* while for blood shells using the ICP method. Pb content in all sample in March 2023 is lower than January 2023. Pb content in water (0,059-0,067 mg/L) in January 2023 has exceeded the quality standard value (0,008 mg/L) meanwhile in March 2023 Pb is <0,003 mg/L. Sediment concentration in January 2023 (20,19-22,47 mg/kg) and in March 2023 (6,03–6,763 mg/kg) did not exceed the quality standard (50 mg/kg). Pb content in blood shells in January 2023 (0,118–0,134 mg/kg) and in March 2023 (<0,040 mg/kg) did not exceed the quality standard (1,5 mg/kg). Calculation safe intake consumption of blood shells to determine the safe limit consumption

of blood shells at 55 kg and 60 kg body weight respectively is 10,261–11,653 kg/week and 11,194–12,712 kg/week. The research results are expected to be a reference in looking at the level of metal pollution in Semarang Coastal Waters.

Keywords: pollution; heavy metal; timbal (Pb); *Anadara granosa*

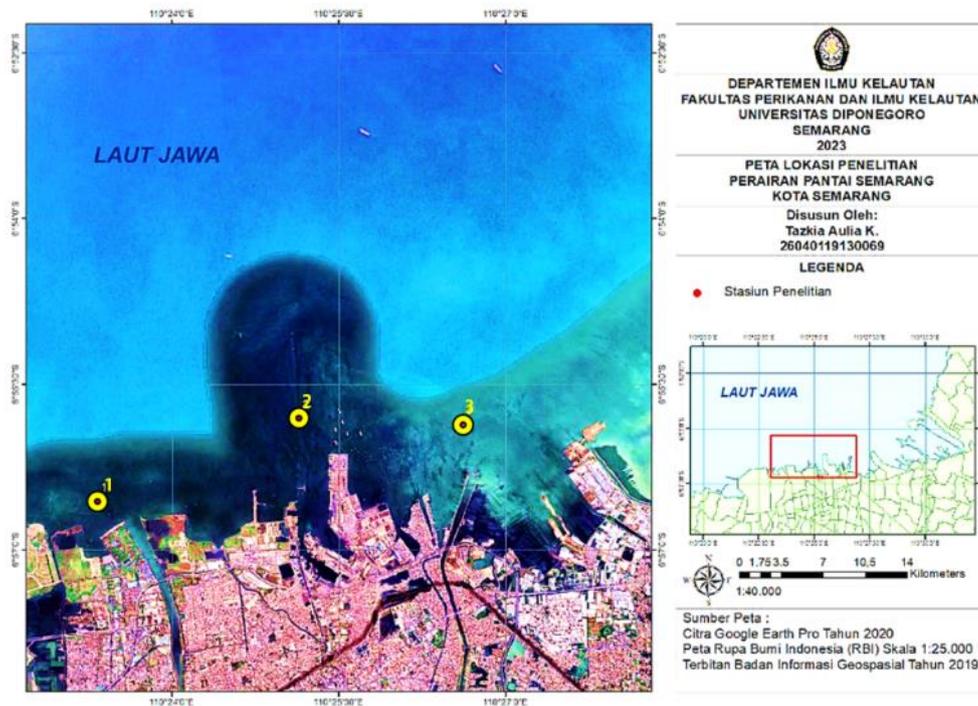
PENDAHULUAN

Pencemaran laut didefinisikan dalam Undang Undang No. 32 Tahun 2009 sebagai proses masuknya zat, organisme ataupun komponen lain karena aktivitas manusia ataupun secara alami yang menyebabkan turunnya kualitas air laut disebut sebagai pencemaran laut. Menurut Dewi(2022), penyebab dari pencemaran laut dapat terbagi menjadi 2 macam, pertama yaitu komponen yang dapat menyebabkan eutrofikasi dan kedua yaitu komponen beracun yang menyebabkan kerusakan pada organisme air. Logam berat merupakan salah satu komponen pencemar lingkungan yang bersumber dari alam ataupun buatan. Secara alami logam berat berasal dari kikisan mineral dan erupsi gunung Merapi. Sementara itu, logam berat yang dihasilkan secara buatan berasal dari aktivitas manusia seperti limbah industri, transportasi laut di pelabuhan, pertambangan, penggunaan pupuk dengan kandungan logam. Peningkatan aktivitas di area pesisir dan pelabuhan memberikan dampak berupa tercemarnya perairan di sekitar wilayah tersebut yang disebabkan karena adanya pembuangan limbah kapal, industri serta rumah tangga yang berada di sekitar wilayah pesisir (Santosa dan Sinaga, 2020)

Menurut Pratiwi (2020), Tingkatan logam berat dalam perairan terbagi atas 3 yaitu polusi berat, polusi sedang, dan non-polusi. Keberadaan kandungan logam yang tinggi dalam perairan menyebabkan turunnya kualitas perairan dan memberikan efek racun terhadap biota yang ada di dalamnya serta manusia yang mengonsumsi. Masuknya logam berat ke lingkungan menyebabkan logam terakumulasi di sedimen yang melalui 3 proses yaitu proses adsorpsi, presipitasi, dan co-presipitasi. Logam berat mudah terakumulasi dalam sedimen kemudian masuk ke biota laut seperti kerang-kerangan. Menurut Yulianto *et al.*(2019), Bivalvia merupakan biota yang banyak ditemukan di Perairan Pantai Semarang yang memiliki mobilitas rendah, *filter feeder* dan berguna dalam merepresentasikan kondisi perairan dan pencemaran logam dari suatu perairan. Kerang darah banyak digunakan sebagai indikator pencemaran Perairan Pantai Semarang karena mudah ditemukan dan jumlahnya yang banyak. Tidak hanya kerang darah berbagai jenis kerang-kerangan seperti kerang hijau juga banyak digunakan sebagai indikator pencemaran pada daerah tersebut. Adanya temuan logam berat seperti Pb, Zn, Cu, dan Cd dalam perairan Pantai Semarang perlu diwaspadai melihat banyaknya masyarakat yang mengonsumsi produk hayati laut yang berasal dari perairan tersebut (Harmesa *et al.*, 2020). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui tingkat kontaminasi logam timbal pada air, sedimen, dan kerang darah serta mengetahui batas aman konsumsi kerang darah permingguan dan pengaruh konsumsi kerang darah pada tubuh dalam jumlah berlebih.

MATERI DAN METODE

Sampel air, sedimen, dan kerang darah (*Anadara granosa*) didapatkan dari lokasi penelitian tepatnya Perairan Pantai Semarang dengan tiga titik stasiun pada bulan Januari dan Maret 2023. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Januari dan Maret 2023 untuk melihat perbedaan hasil kandungan logam, dimana bulan Maret 2023 merupakan transisi dari musim hujan ke musim kemarau. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif analitik. Menurut Sugiyono (2013), deskriptif analitik merupakan metode deskriptif yang dilakukan untuk mendapatkan data secara mendalam dimana data yang digunakan dapat mempengaruhi substansi penelitian. Penggunaan metode deskriptif analitik disebabkan adanya hubungan atau pengaruh yang diberikan oleh objek atau subjek penelitian kepada peneliti. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan kali ini terbagi dalam 4 tahap yaitu: (1) survey lapangan, (2) penentuan stasiun penelitian, (3) pengambilan sampel, dan (4) analisis data.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel terbagi menjadi 3 stasiun dengan penentuan setiap stasiunnya menggunakan *purposive sampling method*, dimana penentuan stasiun disesuaikan dengan ciri ciri untuk menjawab rumusan masalah dari penelitian dan mendapatkan data yang lebih representatif (Sugiyono, 2013). Stasiun 1 terletak di $6^{\circ}56'32''\text{LS}$ $110^{\circ}23'19''\text{BT}$ berada di muara Sungai Banjir Kanal Barat yang didasarkan atas banyaknya pabrik industri, Stasiun 2 terletak di $6^{\circ}55'47''\text{LS}$ $110^{\circ}25'08''\text{BT}$ berada di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang yang didasarkan atas banyaknya aktivitas pelabuhan, pabrik industri, dan perikanan, Stasiun 3 terletak di $6^{\circ}55'50''\text{LS}$ $110^{\circ}26'36''\text{BT}$ berada di muara Sungai Banjir Kanal Timur yang didasarkan atas banyaknya aktivitas rumah tangga. Tahap pengambilan sampel terdiri dari pengukuran parameter perairan, pengambilan sampel air, pengambilan sampel sedimen, dan pengambilan sampel kerang darah.

Pengukuran parameter air meliputi suhu, salinitas, kecerahan, pH (derajat keasaman), dan DO (*Dissolved Oxygen*). Tahap pengambilan sampel air dilakukan dengan metode SNI 6989.57:2008 menggunakan botol sampel ukuran 1 liter dan disimpan dalam *cool box*. Sampel sedimen diambil sebanyak 500 gram menggunakan *sedimen grab* yang diturunkan ke dalam perairan untuk mengambil sedimen kemudian dimasukkan dalam plastic hitam dan *cool box* untuk menghindari terjadinya oksidasi dari logam berat (Loring dan Rantala, 1992). Sampel kerang darah diambil dengan menggunakan jaring nelayan lalu dipisahkan antara cangkang dan jaringan lunak kerang untuk kemudian disimpan. Sampel yang diperoleh dianalisis kandungan logam timbal (Pb) di Laboratorium BBSPJPI. Sampel air dianalisis dengan menggunakan metode APHA-AWWA-WEF (2017). Sampel sedimen dianalisis dengan menggunakan metode USEPA 3050 B 1996. Sampel kerang darah dianalisis dengan menggunakan metode SNI 01-2896-1998 ICP OES (*Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry*).

Analisis asupan aman konsumsi kerang darah dilakukan menggunakan rumus *Provisional Tolerable Weekly Intake* (PTWI). Perhitungan tersebut didasarkan dengan melihat jumlah, jangka waktu, dan tingkat kontaminasi makanan yang dikonsumsi. Nilai PTWI digunakan dalam perhitungan *Maximum Weekly Intake* (MWI) untuk melihat batas maksimum bahan pangan yang tercemar logam per minggu. yang diterbitkan oleh FAO/WHO (2004). Perhitungan MWI dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{MWI (g)} = \text{Berat badan} \times \text{PTWI}$$

Keterangan: Asumsi berat badan 55 kg untuk wanita dewasa dan 60 kg untuk pria dewasa menurut Permenkes Nomor 28 Tahun 2019. *Provisional Tolerable Weekly Intake* (angka toleransi batas maksimum per minggu untuk logam Pb 25 µg/kg).

Hasil dari perhitungan MWI dan analisis kadar logam dalam kerang kemudian dapat diproses kembali untuk menentukan batas maksimum konsumsi mingguan kerang atau *Maximum Tolerable Intake* (MTI) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{MTI} = \text{MWI}/\text{Ct}$$

Keterangan: *Maximum tolerable intake* (batas maksimum berat daging kerang yang dapat ditolerir untuk dikonsumsi per minggu). Ct = kadar logam berat yang ditemukan di dalam kerang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai parameter kualitas Perairan Pantai Semarang yang meliputi suhu, pH, salinitas, DO, dan kecerahan tersaji dalam Tabel 1. Hasil yang didapatkan yaitu parameter suhu pada bulan Januari 2023 di pantai Semarang didapatkan kisaran suhu 32-32,6°C, sementara itu hasil pengukuran parameter suhu pada bulan Maret didapatkan kisaran suhu 29,5-34,2 °C. Nilai pengukuran suhu yang didapatkan pada bulan Januari dan Maret 2023 ada yang melebihi batas normal kecuali pada stasiun II bulan Januari 2023 dan stasiun I bulan Maret 2023 yang dapat disebabkan cuaca dan waktu pengambilan sampel yang berbeda. Menurut Prihati *et al.*(2020), kisaran baku mutu suhu untuk biota laut yaitu 28-32°C. Adanya perubahan suhu berdampak terhadap kadar logam pada perairan. Kenaikan suhu perairan akan mengakibatkan toksisitas logam berat pada perairan semakin tinggi. Hasil pengukuran parameter pH pada bulan Januari 2023 didapatkan kisaran pH yaitu 8-8,2 dan pada bulan Maret 2023 8,15-8,33 yang termasuk ke dalam kategori netral. Batas normal dari nilai parameter pH yaitu berkisar 7-8,5 yang tercantum dalam Lampiran VIII PP RI Nomor 22 Tahun 2021. Tinggi rendahnya nilai pH pada air laut berpengaruh terhadap konsentrasi logam berat hal ini diperkuat oleh Juharna *et al.*(2022), yang menyatakan bahwa kondisi pH pada perairan berpengaruh terhadap kelarutan logam dalam air. Rendahnya nilai pH pada perairan menyebabkan semakin tingginya tingkat kelarutan logam berat sehingga toksisitas meningkat.

Hasil pengukuran parameter salinitas yang dilakukan pada bulan Januari 2023 didapatkan salinitas dengan kisaran antara 20-23 ppt, sementara pada bulan Maret 2023 didapatkan salinitas dengan kisaran antara 23-27 ppt. Nilai salinitas pada daerah pesisir umumnya lebih rendah hal ini diperkuat oleh Sidabutar *et al.*(2019), yang menyatakan bahwa adanya pengaruh pencampuran antara air laut dan air tawar dapat menyebabkan kadar salinitas pada suatu perairan rendah. Letak stasiun I yang dekat dengan Sungai Banjir Kanal Barat menyebabkan nilai salinitas pada stasiun I paling rendah di pengulangan pertama maupun kedua. Nilai kisaran parameter oksigen terlarut yang didapatkan pada bulan Januari 2023 yaitu 9,89-14,24 mg/L, sementara itu pada bulan Maret 2023 didapatkan kisaran parameter oksigen terlarut sebesar 8,45-8,6 mg/L. Tinggi rendahnya oksigen terlarut banyak dipengaruhi oleh suhu serta salinitas perairan hal ini diperkuat oleh Suryo *et al.*(2021), yang menyatakan bahwa kadar oksigen terlarut akan semakin berkurang apabila salinitas air laut tinggi. Pengukuran tingkat kecerahan di lokasi penelitian pada bulan Januari 2023 didapatkan nilai sebesar 1,8-2,1 m sementara untuk bulan Maret 2023 didapatkan nilai sebesar 1,5-2 m. Rendahnya kecerahan pada bulan Maret 2023 dapat disebabkan karena meningkatnya kekeruhan pada air laut karena banyaknya alga yang terbawa arus setelah meningkatnya intensitas hujan pada akhir bulan Februari. Kekeruhan dapat terjadi karena banyaknya partikel yang tergenang pada permukaan air, hal ini diperkuat oleh Hariyanti *et al.*(2021), yang menyatakan bahwa kekeruhan pada suatu perairan disebabkan karena adanya zat tersuspensi dalam air dimana tinggi rendahnya kekeruhan bergantung kepada partikel yang tergenang, tidak terlarut, dan tidak mudah mengendap.

Kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air laut, sedimen, dan kerang darah tersaji dalam Tabel 2. Kadar logam timbal (Pb) yang tinggi pada sedimen dapat disebabkan karena adanya proses sedimentasi atau akumulasi logam pada sedimen hal ini diperkuat oleh Astari *et al.*(2021), yang

menyatakan bahwa sedimen memiliki sifat sebagai *nutrient trap* yang membuat logam timbal pada perairan akan terendapkan di sedimen karena massa jenis logam timbal (Pb) yang lebih besar dibandingkan massa jenis air. Logam yang terendapkan dalam sedimen kemudian akan masuk ke dalam kerang darah karena sifat kerang darah yang merupakan organisme *filter feeder*. Kandungan logam timbal (Pb) pada kerang darah yang lebih rendah dibandingkan pada sedimen disebabkan akumulasi logam timbal (Pb) pada kerang darah belum tinggi.

Kandungan logam berat di air pengambilan pertama bulan Januari yaitu 0,059-0,067 mg/L sementara pada pengambilan kedua bulan Maret 2023 yaitu <0,003 mg/L. Kadar logam berat pada bulan Januari 2023 telah melebihi baku mutu yaitu 0,008 mg/L yang tercantum dalam Lampiran VIII PP RI Nomor 22 Tahun 2021. Perbedaan hasil pada bulan Januari dan Maret 2023 disebabkan cuaca pada bulan Februari hingga awal Maret 2023 yang banyak mengalami hujan, hal ini diperkuat oleh Agristiyani *et al.*(2022), yang menyatakan bahwa pengambilan sampel yang dilakukan pada bulan Maret umumnya akan mengalami penurunan kadar logam karena bulan Maret merupakan akhir musim penghujan. Pengaruh cuaca dan musim penghujan menyebabkan kadar logam berat pada perairan akan lebih rendah dibandingkan musim kemarau karena pada musim penghujan logam akan terlarut pada perairan. Hasil menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat pada stasiun I dan III bulan Januari 2023 memiliki hasil yang tidak berbeda jauh, dimana stasiun I yaitu 0,067 mg/L dan stasiun III 0,064 mg/L. Selisih kadar logam berat yang tidak jauh berbeda ini dapat disebabkan lokasi dari stasiun I yang dan stasiun III dekat dengan pemukiman penduduk. Tingginya kadar logam berat pada kedua stasiun disebabkan banyaknya aktifitas yang terjadi pada daerah tersebut hal ini diperkuat oleh Harahap *et al.*(2020), yang menyatakan bahwa fungsi dari Sungai Banjir Kanal Barat dan Timur dalam membawa aliran air dari tengah kota menuju ke laut menyebabkan tingginya kadar logam pada kedua wilayah tersebut. Tingginya kadar logam di sungai disebabkan logam dari hulu ke hilir akan terakumulasi dan meningkat seiring dengan bertambahnya polutan yang masuk ke dalam air sungai. Daerah Sungai Banjir Kanal Barat banyak ditemukan aktifitas industri seperti pembuatan marmer, ekspedisi barang, pusat rekreasi, perusahaan tekstil, tambak, dan lain lain. Sementara itu daerah Sungai Banjir Kanal Timur juga tidak jauh berbeda daerah tersebut banyak ditemukan aktifitas industri aluminium, keramik, perbengkelan, pasar, dan lain-lain.

Kandungan logam pada sedimen di bulan Maret 2023 lebih rendah dibandingkan dengan bulan Januari 2023. Kadar logam berat pada sedimen di bulan Januari 2023 yaitu 20,19 – 22,47 mg/kg sementara pada bulan Maret 2023 yaitu 6,03 – 6,763 mg/kg. Adanya penurunan kadar logam berat timbal pada sedimen disebabkan meningkatnya intensitas hujan pada bulan Februari hingga awal Maret 2023. Berdasarkan hasil Stasiun BMKG (2023), tercatat data curah hujan pada bulan Januari dan Maret 2023 termasuk kategori menengah dimana pada Januari 2023 curah hujan tercatat sebesar 297,7 mm sementara bulan Maret 2023 sebesar 163 mm. Rendahnya kadar logam timbal (Pb) pada sedimen di bulan Maret 2023 disebabkan waktu pengambilan sampel yang dilakukan pada masa peralihan musim penghujan. Musim penghujan yang terjadi pada bulan Februari 2023 memiliki curah hujan sebesar 359,4 yang termasuk kategori tinggi, sehingga menyebabkan kadar logam berat pada sampel menurun. Bahan pencemar pada sampel sedimen banyak dipengaruhi oleh factor lingkungan hal ini diperkuat oleh Kusuma *et al.*(2022), yang menyatakan bahwa kadar logam pada sedimen akan tinggi pada kondisi perairan yang tenang karena logam terkonsentrasi. Sampel sedimen yang didapatkan pada bulan Januari dan Maret 2023 menunjukkan bahwa logam timbal (Pb) di Perairan Pantai Semarang masih di bawah baku mutu yang didasarkan atas ANZECC/ARMCANZ (2000) yaitu sebesar 50 mg/kg. Kandungan logam timbal (Pb) yang rendah pada sedimen tetap membuktikan bahwa Perairan Pantai Semarang telah tercemar oleh limbah dari lingkungan yang dapat menimbulkan berbagai pengaruh terhadap lingkungan. Menurut Khotimah *et al.*(2022), rendahnya kadar logam berat dalam sedimen tetap harus diwaspadai karena sifat logam yang mudah terakumulasi dalam sedimen dan biota sehingga pengamatan kadar logam berat pada suatu lingkungan perlu dilakukan secara berkala.

Konsentrasi logam timbal (Pb) pada kerang darah bulan Januari 2023 di stasiun I yaitu 0,134 mg/kg, stasiun II <0,040 mg/kg dan stasiun III 0,118 mg/kg. Sementara itu pada pengambilan bulan Maret 2023 kandungan logam timbal (Pb) seluruh sampel yaitu <0,040 mg/kg. Hasil menunjukkan

Tabel 1. Parameter Kualitas Perairan Pantai Semarang

Parameter	Januari			Maret			Baku Mutu*
	Stasiun			Stasiun			
	I	II	III	I	II	III	
1. Suhu (°C)	32,6	32	32,1	29,5	34,2	33	28-32
2. pH	8,2	8	8,04	8,15	8,33	8,32	7-8,5
3. Salinitas (ppt)	20	21	23	23	27	24	27-35
4. DO (ppm)	14,24	9,89	12,1	8,6	8,45	8,5	>5
5. Kecerahan (m)	2,1	1,9	1,8	1,8	2	1,5	>3
6. Curah Hujan (mm)	297,7			163			

Keterangan: (*) = Baku mutu berdasarkan Lampiran VIII PP RI Nomor 22 Tahun 2021

Tabel 2. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Air, Sedimen, dan Kerang Darah (*A. granosa*)

Sampel	Januari 2023			Maret 2023			Baku Mutu
	Stasiun			Stasiun			
	I	II	III	I	II	III	
Air (mg/L)	0,067	0,059	0,064	<0,003	<0,003	<0,003	0,008 ^(a)
Sedimen (mg/kg)	21,11	22,47	20,19	6,625	6,03	6,763	50 ^(b)
Kerang Darah (mg/kg)	0,134	<0,040*	0,118	<0,040*	<0,040*	<0,040*	1,5 ^(c)

Keterangan: (*)= Batas limit deteksi alat minimal 0,040 mg/kg; (a)= Lampiran VIII PP Nomor 22 Tahun 2021; (b) = ANZECC/ARMCANZ 2000; (c) = SNI 7387:2009

kandungan logam timbal (Pb) pada kerang darah di Perairan Pantai Semarang pada pengulangan bulan Januari maupun Maret 2023 tidak melebihi baku mutu yang didasarkan atas SNI 7387:2009 SNI 7387:2009 untuk kategori pangan pada kerang yaitu 1,5 mg/kg. Hasil konsentrasi logam berat pada sampel bulan Maret 2023 lebih rendah dibandingkan dengan bulan Januari 2023 yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Contoh faktor eksternal yaitu hidro oseanografi hal ini berkaitan dengan bulan Februari 2023 yang merupakan musim penghujan serta meningkatnya intensitas hujan pada seminggu sebelum pengambilan sampel sehingga konsentrasi kerang lebih rendah. Sementara itu faktor internal berupa ukuran biota, hal ini diperkuat oleh Astari *et al.*(2021), yang menyatakan bahwa pada kerang terdapat proses depurasi dimana kerang akan melepaskan kontaminan yang telah diserap sebelumnya. Sebanyak 50% kontaminan akan dikeluarkan melalui organ pencernaan melalui proses depurasi. Kerang dengan umur yang tua umumnya memiliki kemampuan lebih baik dalam mengakumulasi atau menyerap partikel yang masuk ke dalam tubuhnya.

Batas Maksimum Konsumsi Mingguan Kerang Darah (*A. granosa*)

Batas aman konsumsi mingguan kerang darah dalam seminggu untuk berat badan 55 dan 60 kg disajikan pada tabel 3 dan 4. Batas maksimum konsumsi mingguan kerang darah bagi berat badan 55 dan 60 kg dihitung dengan menggunakan rumus MTI (*Maximum Tolerable Intake*). Berdasarkan hasil perhitungan MTI didapatkan asupan aman konsumsi untuk berat badan 55 kg yaitu sebesar 10,261-11,653 kg/minggu, sementara itu hasil perhitungan asupan aman konsumsi yang didapatkan untuk berat badan 60 kg dapat mengonsumsi kerang darah dari Perairan Pantai Semarang sebesar

11,194-12,712 kg/minggu pada bulan Januari 2023. Hasil perhitungan MTI bagi berat badan 55 dan 60 kg pada stasiun II bulan Januari dan seluruh stasiun bulan Maret 2023 tidak didapatkan karena kadar logam yang rendah. Perhitungan MTI dilakukan untuk mengetahui batas konsumsi mingguan kerang darah pada berat badan 55 dan 60 kg agar tidak mengkonsumsi secara berlebihan yang dapat menimbulkan efek negatif hal ini diperkuat oleh Kusuma *et al.*(2022), yang menyatakan bahwa konsumsi berlebihan dari kerang darah yang telah tercemar polutan dapat menimbulkan efek toksik seperti keracunan. Batas maksimum konsumsi kerang darah yang didapatkan pada penelitian kali ini termasuk lebih tinggi apabila dibandingkan penelitian yang dilakukan Fernandes *et al.*(2023), mengenai kandungan logam berat dan batas aman konsumsi kerang darah di Perairan Bandengan, Kabupaten Kendal dimana nilai MTI yang didapatkan pada bulan Maret 2022 untuk berat badan 60 kg yaitu 2,772-7,177 kg/minggu sementara pada bulan April 2022 2,373-4,411 kg/minggu. Asupan aman konsumsi kerang darah untuk berat badan 45 kg pada bulan Maret 2022 yaitu 1,722-5,382 kg/minggu sementara pada bulan April 2022 yaitu 1,538-3,308 kg/minggu. Adanya perbedaan nilai MTI dapat disebabkan lokasi penelitian yang berbeda serta bulan pengambilan sampel dimana pada bulan Maret dan April sudah memasuki musim kemarau. Perbedaan tersebut tentunya akan mempengaruhi kandungan logam berat pada kerang karena faktor lingkungan maupun cuaca.

Kandungan logam berat dalam bahan pangan sudah menjadi permasalahan yang serius baik dalam kadar yang tinggi maupun rendah. Banyaknya dampak negative terhadap konsumsi kerang darah yang tercemar polutan perlu diperhatikan oleh masyarakat. Kandungan logam berat dalam bahan pangan dapat menimbulkan masalah pencernaan, hal ini diperkuat oleh Lin *et al.*(2022), yang menyatakan bahwa konsumsi bahan pangan yang tercemar oleh logam pada anak kecil dalam jumlah yang kecil menimbulkan permasalahan kardiovaskuler dan penyakit ginjal pada orang dewasa. Adanya efek yang ditimbulkan dari konsumsi kerang darah yang tercemar polutan mengharuskan konsumen ataupun masyarakat untuk lebih memperhatikan jumlah konsumsi dan peduli terhadap kondisi fisik karena efek yang ditimbulkan dari konsumsi kerang darah yang tercemar dapat berbeda bagi setiap orangnya. Masuknya logam berat ke dalam lingkungan perairan karena pembuangan limbah aktivitas masyarakat memberikan efek berbahaya terhadap biota yang ada di dalamnya hal ini diperkuat oleh Saher dan Kanwal (2019), yang menyatakan bahwa logam berat dalam jumlah berlebihan dapat terakumulasi dalam lingkungan dan mengganggu rantai makanan di dalamnya. Besarnya dampak yang ditimbulkan dari konsumsi kerang yang tercemar oleh polutan bergantung pada metabolisme individu.

Tabel 3. Batas Aman Konsumsi Kerang Darah (*A.granosa*) dalam Seminggu di Perairan Pantai Semarang (Individu Berat Badan 55 Kg)

Stasiun	PTWI (mg/kg BB)	MWI (mg)	Berat Badan	Nilai MTI (Kg/minggu)	
				Januari	Maret
1	0,025	1,375	55	10,261	*
2	0,025	1,375	55	*	*
3	0,025	1,375	55	11,653	*

Tabel 4. Batas Aman Konsumsi Kerang Darah (*A.granosa*) dalam Seminggu di Perairan Pantai Semarang (Individu Berat Badan 60 Kg)

Stasiun	PTWI (mg/kg BB)	MWI (mg)	Berat Badan	Nilai MTI (Kg/minggu)	
				Januari	Maret
1	0,025	1,5	60	11,194	*
2	0,025	1,5	60	*	*
3	0,025	1,5	60	12,712	*

Keterangan: (*)= Kandungan logam Pb < 0,040 mg/kg

KESIMPULAN

Kandungan logam Pb dalam sampel air di bulan Januari 2023 melebihi baku mutu yang telah ditetapkan sementara pada bulan Maret 2023 sampel di bawah baku mutu. Kandungan logam Pb dalam sampel sedimen dan kerang darah di bawah baku mutu. Berdasarkan hasil perhitungan MTI batas aman konsumsi kerang darah untuk berat badan 55 kg adalah 10,261-11,653 kg/minggu sementara untuk berat badan 60 kg 11,194 -12,712 kg/minggu. Rendahnya kadar logam Pb dalam kerang darah tetap perlu diperhatikan karena konsumsi kerang darah secara berlebihan dan melebihi dari nilai MTI mengakibatkan gangguan kesehatan berupa keracunan akut, gangguan pencernaan dan gangguan pada fungsi otak maupun beberapa organ lain yang tergantung metabolisme masing-masing individu.

DAFTAR PUSTAKA

- Agristiyani, N., Suprijanto, J. & Ario, R. 2022. Asupan Aman Konsumsi Logam Cu pada Kerang Darah dari Tempat Pelelangan Ikan Tambak Lorok, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(1):71–76. DOI: 10.14710/buloma.v11i1.37143
- 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. *The Indian journal of medical research*, 1(1): 1–314.
- APHA-AWWA-WEF. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Denver.
- 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
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). 2023. Data Online Pusat Database-BMKG.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. SNI 7387:2009. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan, Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. BSN RI, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 6989.57:2008. Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan. BSN RI, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1998. SNI 01-2896-1998 ICP. Cara Uji Cemaran Logam. BSN RI, Jakarta.
- Dewi, M.K. 2022. Pencemaran Laut Akibat Tumpahan Batu Bara di Laut Meulaboh Ditinjau dari Sudut Hukum Lingkungan. *Jurnal Hasil Penelitian*, 6(2): 58–70. DOI: 10.30996/jhp17.v6i2.6217
- 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*.
- Fernandes, A., Santoso, A., & Widowati, I., 2023. Kandungan Logam (Pb) pada Air, Sedimen, dan Jaringan Lunak Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Bandengan, Kabupaten Kendal Serta Batas Aman Konsumsi untuk Manusia. *Journal of Marine Research*, 12(1):27–36. DOI: 10.14710/jmr.v12i1.35251
- Harahap, M.K.A., Rudiyantri, S., & Widyorini, N., 2020. Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Konsentrasi Logam Berat dan Indeks Pencemaran di Sungai Banjir Kanal Timur. *Jurnal Pasir Laut*, 4(2):108–115. DOI:10.14710/jpl.2020.33691
- Hariyanti, A., Jayanthi, O.W., Wicaksono, A., & Kartika, A.G.D., 2021. Sebaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air Laut Sebagai Bahan Baku Distribution Of Heavy Metal Lead (Pb) In Sea Water As Raw Material of Salt In Padelegan Waters, Pamekasan. *Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 2(4):282–287.
- Harmesa, H., Lestari, L., & Budiyantri, F., 2020. Distribusi Logam Berat Dalam Air Laut Dan Sedimen di Perairan Cimanuk, Jawa Barat, Indonesia. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 5(1):19. DOI:10.14203/oldi.2020.v5i1.310
- Indonesia. 2009. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan

- Lingkungan Hidup. Sekretariat Negara Republik Indonesia. Jakarta.
- Juharna, F.M., Widowati, I., & Endrawati, H., 2022. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kromium (Cr) Pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Morosari, Sayung, Kabupaten Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(2):139–148. DOI:10.14710/buloma.v11i2.41617
- Khotimah, H., Rochaddi, B., & Wulandari, S.Y., 2022. Analisis Konsentrasi Logam Berat (Pb dan Cu) Pada Sedimen di Perairan Muara Sungai Genuk, Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(3):463–470. DOI:10.14710/jkt.v25i3.16716
- Kusuma, R.B., Supriyanti, E., & Munasik, M., 2022. Akumulasi logam Pb pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tambak Lorok serta Analisis Batas Aman Konsumsi untuk Manusia. *Journal of Marine Research*, 11(2):156–166. DOI:10.14710/jmr.v11i2.31781
- Lin, Y.T., Chang, F.C., Chung, M.T., Li, Z.K., Chan, C.C., Huang, Y.S., Huang, K.F., & Han, Y.S., 2022. Evaluation of the Potential of the Hard Clam (*Meretrix meretrix*) Shell Which Can Be Used as the Bioindicator for Heavy Metal Accumulation. *Fishes*, 7(5):1–17. DOI: 10.3390/fishes 7050290
- Loring, D.H., & Rantala, R.T.T., 1992. Manual For The Geochemical Analyses of Marine Sediments And Suspended Particulate Matter. *Earth Science Reviews*, 32(4):235–283. DOI:10.1016/0012-8252(92)90001-A
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia., 2019. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 Tentang Angka Kecukupan Gizi yang dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia., Sekretariat Negara Republik Indonesia. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia., 2021. Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VIII Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Sekretariat Negara Republik Indonesia. Jakarta.
- Pratiwi, D.Y., 2020. Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan Dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatek*, 1(1):59–65.
- Prihati, S.R., Suprpto, D., & Rudiyanti, S., 2020. Kadar Logam Berat Pb, Fe, dan Cd yang Terkandung dalam Jaringan Lunak Kerang Batik (*Paphia Undulata*) dari Perairan Tambak Lorok, Semarang Heavy Metal Levels of Pb, Fe, and Cd Contained in Soft Tissue of *Paphia undulata* from Tambak Lorok Waters, Semarang. *Journal of Coastal and Marine*, 4(2):116–123. DOI:10.14710/jpl.2020.33692
- Saher, N.U., & Kanwal, N., 2019. Assessment of Some Heavy Metal Accumulation and Nutritional Quality of Shellfish With Reference to Human Health and Cancer Risk Assessment: A Seafood Safety Approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(5):5189–5201. DOI:10.1007/s11356-018-3764-6
- Santosa, A., & Sinaga, E.A. 2020. Peran Tanggung Jawab Nakhoda dan Syahbandar terhadap Keselamatan Pelayaran Melalui Pemanfaatan Sarana Bantu Navigasi di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Sains Dan Teknologi Maritim*, 20(1): 29–42. DOI: 10.33556/jstm.v20i1.215
- Sidabutar, E.A., A. Sartimbul, dan M. Handayani. 2019. Distribusi Suhu, Salinitas, dan Oksigen Terlarut Terhadap Kedalaman di Perairan Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(1):46–52. DOI:10.21776/ub.jfmr.2019.003.01.6
- Sugiyono., 2013. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Alfabeta, Bandung.
- Suryo, R.A., Yulianto, B., & Santoso, A., 2021. Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Air Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Pantai Mekar Muara Gembong Bekasi. *Journal of Marine Research*, 10(3):428–436.
- USEPA (United States Environmental Protection). 1996. Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils, Revision 2. Washington DC.
- Yulianto, B., Oetari, P.S., Feburhardi, S., Putranto, T.W.C., & Soegianto, A., 2019. Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Zn) Concentrations in Edible Bivalves Harvested from Northern Coast of Central Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 259(1): p.012005. DOI:10.1088/1755-1315/259/1/012005