

ANALISIS BIOKONSENTRASI DAN BATAS AMAN KONSUMSI JARINGAN LUNAK TIRAM BAKAU (*Crassostrea* sp.) YANG MENGANDUNG LOGAM Zn DARI SUNGAI TAPAK, SEMARANG

Bioconcentration Analysis and Safe Consumption Limits of Soft Tissue of Mangrove Oyster (*Crassostrea* sp.) Containing Zn Metal from The Tapak River, Semarang

Kurnia Ramadhani^{1*}, Haeruddin¹, Arif Rahman¹

¹Departemen Sumber Daya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Indonesia 50275; Telephone/Fax: 024-76480685

Email: kurniaramadhani57@gmail.com

Diserahkan tanggal: 11 Juni 2025, Revisi diterima tanggal: 15 September 2026

ABSTRAK

Tiram Bakau (*Crassostrea* sp.) merupakan salah satu komoditas perikanan di Sungai Tapak, jaringan lunak tiram bakau dimanfaatkan sebagai bahan pangan. Sungai Tapak rawan terhadap pencemaran limbah logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi logam berat seng (Zn) dalam jaringan lunak tiram bakau serta batas aman konsumsi. Penelitian dilakukan pada bulan September-November 2024. Metode dalam penelitian ini adalah metode survei dengan pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling*. Analisis Zn dilakukan menggunakan metode spektrofotometri serapan atom. Batas aman konsumsi dianalisis menggunakan *Maximum Tolerable Intake* (MTI). Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi Zn dalam air pada stasiun 1, dan 2 yaitu <0,05 mg/l yang masih memenuhi baku mutu, sedangkan stasiun 3 sebesar 0,073 mg/l yang melebihi baku mutu (0,05) PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Hasil konsentrasi Zn dalam jaringan lunak tiram bakau pada stasiun 1, 2 dan 3 yaitu 53,72 mg/kg, 53,8 mg/kg dan 53,9 mg/kg. Hasil tersebut masih dalam batas aman yang ditetapkan oleh Ditjen POM No.03725/B/SK/VII/1989 yaitu 100 mg/kg kontaminasi Zn dalam makanan. Nilai biokonsentrasi faktor (BCF) yang diperoleh pada stasiun 1 berkisar antara 2.141-2.156 dan Stasiun 2 berkisar antara 2.080-2.195, kedua stasiun tersebut memiliki kategori tingkat akumulasi yang tinggi. Sedangkan stasiun 3 yaitu berkisar antara 675-891 dengan kategori tingkat akumulasi sedang. Batas aman konsumsi tiram bakau dari Sungai Tapak perminggu untuk individu dewasa dengan berat badan rata-rata 50 kg yaitu 7 gr/minggu dan untuk anak-anak dengan berat badan rata-rata 15 kg yaitu 2 gr/minggu.

Kata Kunci: Air, Batas Aman, Sungai, Tiram Bakau, Zn

ABSTRACT

*Mangrove oyster (*Crassostrea* sp.) is one of the fishery commodities in the Tapak River, and their soft tissue is used as food. The Tapak River is prone to heavy metal pollution. This study aims to analyze the concentration of Zn in the soft tissue of mangrove oysters and determine the safe consumption limit. The study was conducted from September to November 2024. The method in the study was a survey method with the determination of sampling locations using purposive sampling method. Zn heavy metal analysis was conducted using the Atomic Absorption Spectrophotometric method. Safe consumption limits are analyzed using the Maximum Tolerable Intake. The results showed that the concentration of heavy metal Zn in water at stations 1, and 2 is <0.05 mg/l which still meets the quality standards, while station 3 is 0.073 mg/l which has exceeded the quality standards of PP No. 22 of 2021. The results of heavy metal Zn concentration in soft tissue of mangrove oysters at stations 1, 2 and 3 are 53.72 mg/kg, 53.8 mg/kg and 53.9 mg/kg. These results are still within the safe limit set by the Ditjen POM No.03725/B/SK/VII/1989 which is 100 mg/kg. The bioconcentration factor (BCF) obtained at station 1 ranged from 2,141-2,156 and Station 2 ranged from 2,080-2,195, both stations have a high accumulation rate category. While station 3 is in the range of 675-891 with a medium accumulation rate category. The safe limit of consumption of mangrove oysters from the Tapak River per week for adults with an average body weight of 50 kg is 7 g/week, and for children with an average body weight of 15 kg is 2 g/week.*

Keywords: Mangrove Oysters, River, Safety Limits, Water, Zn

PENDAHULUAN

Sungai Tapak berlokasi di Desa Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang, Jawa Tengah. Sungai Tapak berada di sepanjang pesisir Perairan Tugu dan terdapat alih fungsi lahan yang awalnya merupakan hutan mangrove menjadi tambak budidaya perikanan (Indriyani dan Amalia, 2022). Aliran dari sungai Tapak bermuara ke laut lepas yang berdekatan dengan pantai Tirang dan ditumbuhi oleh mangrove. Sungai Tapak rawan akan keberadaan logam berat dikarenakan wilayah sungai Tapak menjadi tempat untuk pembuangan limbah industri (Ichwani *et al.* 2025). Berbagai limbah dari pemukiman, kawasan industri, hingga aktivitas budidaya termasuk limbah rumah tangga, sisa pakan, kotoran ikan, dan bahan kimia terbawa oleh aliran sungai dan akhirnya terakumulasi di laut.

Potensi timbulnya logam berat di perairan berasal dari limbah aktivitas industri dan rumah tangga yang menjadi bahan pencemar logam berat dalam perairan (Hamakonda *et al.* 2019). Semakin besar limbah yang masuk, maka akan semakin besar pula konsentrasi logam berat didalamnya (Febrita dan Roosmini, 2022). Salah satu jenis logam berat dengan toksisitas tinggi yaitu seng (Zn), namun keberadaan seng merupakan komponen alami yang berada di lingkungan (Liu *et al.* 2017).

Pemanfaatan tiram bakau (*Crassostrea* sp.) sebagai biota yang dikonsumsi oleh masyarakat dapat membahayakan kesehatan manusia, karena akumulasi logam yang akan terserap ke dalam tubuh tiram bakau. Logam dalam perairan akan melalui proses pengendapan sehingga nantinya akan terakumulasi dalam tiram bakau. Tiram bakau termasuk dalam hewan *filter feeder* yang memperoleh makan dengan menyaring partikel yang berada dalam air seperti mikroalga, bahan organik, dan partikel lainnya. Proses akumulasi dalam tubuh tiram bakau akan sampai pada manusia jika mengonsumsi kerang yang bersifat membahayakan dan mengandung logam berat (Gafur dan Abbas, 2022).

Keberadaan Zn meningkat dengan seiring meningkatnya penggunaan konsentrasi Zn dalam aktivitas sehari-hari. Konsentrasi Zn ditemukan dalam kegiatan industri, pertanian dan perikanan. Penggunaan pupuk kimia dan limbah rumah tangga yang mengandung Zn, salah satunya produk konsumen seperti sabun dan deterjen, cat atau pelapis logam. Sumber Zn juga dapat berasal dari aktivitas kapal dan aktivitas pariwisata. Selain dari aktivitas perikanan dan kegiatan nelayan serta adanya dampak dari penggunaan bahan seng di sekitaran wilayah sungai mempengaruhi konsentrasi Zn dalam air. Korosi dari penggunaan atap seng akan mengalir bersama air hujan dan arus dari sungai. Konsentrasi Zn sendiri diperlukan dalam tubuh dengan konsentrasi

yang rendah (Liu *et al.* 2017). Seng merupakan logam berat yang esensial dimana jika konsentrasi terlalu tinggi dapat menimbulkan efek beracun. Kadar logam berat yang semakin meningkat pada air yang awalnya diperlukan sebagai logam esensial dalam proses metabolisme akan berubah menjadi racun jika konsentrasi yang terserap tinggi (Emersida, 2021).

Penelitian mengenai logam berat pada tiram bakau serta batas aman konsumsi beberapa telah dilakukan, namun masih terdapat *gap* dari penelitian sebelumnya, yaitu tidak terfokus pada konsentrasi Zn di lokasi aliran Sungai Tapak, serta hanya melakukan analisis pada konsentrasi logam berat lainnya seperti Pb, Cu, dan Cd. Clara *et al.* (2022) melakukan penelitian konsentrasi logam berat Cd dan Pb pada tiram bakau dan air di Sungai Tapak, yang menunjukkan konsentrasi telah melebihi baku mutu serta standar nasional yang ada. Konsentrasi logam berat dalam tubuh tiram bakau yang nantinya akan dikonsumsi perlu adanya analisa tingkat keamanan untuk mengonsumsi tiram bakau dengan menggunakan *Maximum Tolerable Intake* (MTI). Jika batas toleransi yang dapat dikonsumsi oleh manusia melebihi ambang batas dapat menyebabkan timbulnya penyakit (Ukhty *et al.* 2020).

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi logam Zn pada air dan Tiram Bakau (*Crassostrea* sp.), serta mengetahui tingkat bioakumulasi dalam air dan tiram bakau, dan batas aman konsumsi tiram bakau dari Sungai Tapak.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi Pengambilan sampel di Sungai Tapak, Tugurejo, Tugu, Kota Semarang. Penelitian dilakukan selama bulan September-November 2024. Analisis konsentrasi Zn menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometric* (AAS). Analisis AAS pada air dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Diponegoro. Sementara analisis konsentrasi Zn pada jaringan lunak tiram bakau dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik, Universitas Negeri Semarang.

Materi dan Metode Penelitian

Materi pada penelitian ini yang digunakan adalah sampel air dan jaringan lunak tiram bakau yang diambil dari Sungai Tapak, Semarang. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Metode survei yaitu metode penelitian yang bertujuan untuk mendeskripsikan gambaran umum terkait karakteristik dari suatu populasi. Pengumpulan sampel air dan jaringan lunak tiram bakau menggunakan metode *purposive sampling*. Metode *purposive sampling* merupakan metode pengambilan sampel secara tidak acak dan

pengambilan sampel berdasarkan kriteria dan ciri-ciri tertentu (Elvera dan Astarina, 2021). Ciri-ciri tiap stasiun yaitu stasiun 1 berdekatan dengan muara laut, stasiun 2 berdekatan dengan tambak ikan bandeng dan ditumbuhi oleh mangrove disekitarnya serta stasiun 3 berdekatan dengan gubuk nelayan yang cenderung banyak terdampak aktivitas manusia. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

Pengambilan Sampel

Sampel air sungai dan tiram bakau diambil pada 3 stasiun sampling dengan kondisi yang berbeda. Pengambilan sampel air dilakukan menggunakan botol sampel plastik bervolume 600 ml dengan 3 kali pengulangan pada setiap stasiun.

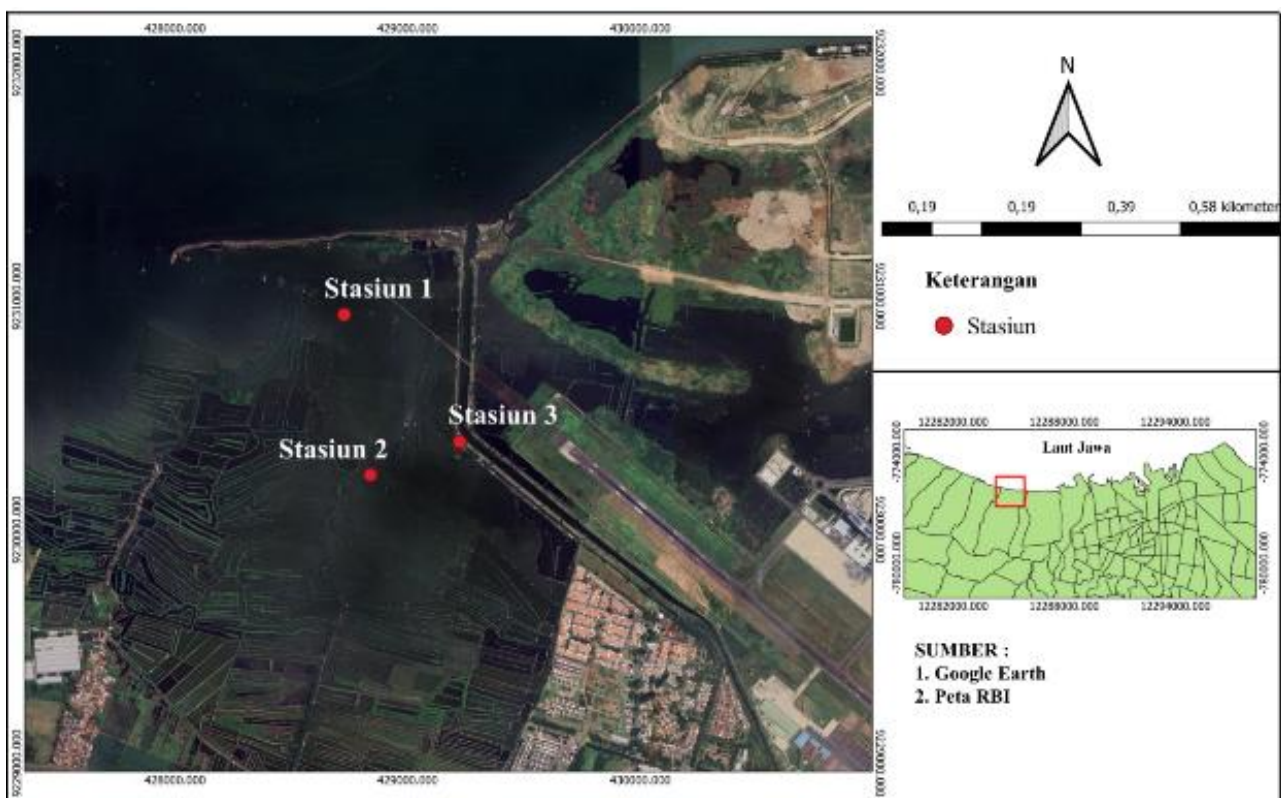
Pengambilan sampel tiram bakau yang hidup menempel pada akar mangrove dan benda lainnya di sungai. Tiram bakau yang diambil tidak berdasarkan ukuran ataupun umurnya dan jenis kelamin. Pengambilan tiram bakau pada 3 stasiun dengan jumlah yang diambil sebanyak 10-20 ekor setiap stasiun, dimana setiap pengambilan sampel tersebut mempresentasikan 3 kali pengulangan. Tiram bakau yang diambil berkisar antara 10-20 ekor dikarenakan setiap sampel membutuhkan 5 gram jaringan lunak tiram bakau untuk analisis laboratorium, dengan berat jaringan lunak tiram bakau tiap ekor berkisar antara 1-5 gram.

Preparasi Sampel

Preparasi Sampel tiram bakau dilakukan dengan membersihkan tiram bakau lalu memisahkannya dari cangkang. Jaringan lunak tiram bakau dikeluarkan dari cangkangnya menggunakan pisau. Jaringan lunak tiram bakau yang diambil dan digunakan untuk analisis laboratorium sebanyak 5 g untuk tiap satu kali pengulangan kemudian dimasukkan ke dalam plastik *zipper* yang sudah diberi label. Selanjutnya jaringan lunak didestruksi basah dengan menambahkan HNO_3 Sampel akan dipanaskan dengan hotplate hingga tidak terdapat endapan dan jernih lalu siap untuk dilakukan uji dengan metode AAS (Supriyanti *et al.* 2016). Analisis dilakukan di laboratorium Kimia Analitik, Universitas Negeri Semarang dan Laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Diponegoro.

Prosedur Pengukuran

Analisis konsentrasi logam berat menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometric* (AAS). Sampel air diperiksa kadar logamnya berdasarkan SNI 6989.7:2009. Sedangkan sampel jaringan lunak tiram bakau diperiksa dengan mengacu pada SNI 6989.84:2019. Pengukuran kualitas air dilakukan secara langsung di lokasi sampling dengan menggunakan alat Horiba Laqua *Water Quality Checker* tipe PD220 dan EC220.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Sungai Tapak

Analisis Data

Analisis data hasil konsentrasi logam pada sampel air dan jaringan lunak tiram bakau akan dianalisis secara deskriptif, dengan membandingkan data hasil analisis konsentrasi Zn pada air berdasarkan Lampiran VIII PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Hasil data konsentrasi Zn dalam jaringan lunak tiram bakau akan dibandingkan dengan Keputusan Ditjen POM No.03725/B/SK/VII/1989 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam dalam Makanan.

Biokonsentrasi faktor (BCF)

Faktor biokonsentrasi dihitung dengan menggunakan rumus (Potipat *et al.* 2015):

$$BCF(o-w)(a) = \frac{Corg(b)}{Cwater(c)}$$

Dimana: (a) biokonsentrasi faktor (organisme dengan air), (b) konsentrasi logam berat dalam jaringan lunak (mg/kg), (c) konsentrasi logam berat dalam air (mg/l). Kategori tingkat bioakumulasi (FEPA, 2003 dalam Emilia *et al.* 2022) adalah nilai $BCF > 1.000$: akumulatif tinggi, $BCF 100-1.000$: akumulatif sedang, $BCF < 100$: akumulatif rendah.

Batas aman konsumsi

Batas aman konsumsi digunakan sebagai panduan untuk mencegah dampak negatif konsumsi jaringan lunak yang mengandung logam terhadap kesehatan tubuh manusia. Perhitungan dari *Maximum Weekly Intake* dilakukan menggunakan rumus Sukma *et al.* (2020): $MWI(g) = \text{berat badan} \times PTWI$, dimana MWI : *Maximum Weekly Intake* (g), berat badan: rata-rata orang dewasa 50 kg dan anak-anak 15 kg, *Provisional Tolerable Weekly Intex* (PTWI) Zn: 7 µg/kg.

Selanjutnya *Maximum Tolerable Intake* (MTI) dihitung untuk mengetahui konsentrasi logam berat pada biota uji atau berat maksimal dalam mengonsumsi biota setiap minggunya dapat dihitung dengan rumus yang mengacu pada FAO/WHO (Clara *et al.* 2022): $MTI = MWI/Ct$, dimana MTI : *Maximum Tolerable Intake* (mg), MWI : *Maximum Weekly Intake* (kg), Ct : Konsentrasi logam berat dalam jaringan lunak biota (mg/kg).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Logam berat Zn dalam air

Hasil analisis konsentrasi Zn pada air dari Sungai Tapak, menunjukkan konsentrasi Zn stasiun 1 dan 2 sebesar $<0,05$ mg/l yang masih memenuhi baku mutu, sedangkan stasiun 3 sebesar 0,73 mg/l yang telah melampaui baku mutu Baku mutu mengacu pada PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

Lampiran VI Baku Mutu Air Nasional. Hasil konsentrasi Zn dalam air yang menunjukkan $<0,05$ mg/l tersebut dikarenakan konsentrasi logam berat dalam air sangat rendah serta standar alat AAS hanya dapat membaca kadar logam jika lebih dari 0,05 mg/l. Hasil konsentrasi Zn pada air tersaji dalam Tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi Zn dalam air

Stasiun	Peng- ulangan	Konsentrasi Zn (mg/l)	Rata- rata (mg/l)	Baku mutu* (mg/l)
1	1	$<0,05$	$<0,05$	0,05
	2	$<0,05$		
	3	$<0,05$		
2	1	$<0,05$	$<0,05$	0,05
	2	$<0,05$		
	3	$<0,05$		
3	1	0,08	0,073	
	2	0,06		
	3	0,08		

*PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Lampiran VI Baku Mutu Air Nasional

Konsentrasi Zn dalam jaringan lunak tiram bakau (*Crassostrea* sp.)

Konsentrasi Zn dalam jaringan lunak tiram bakau (*Crassostrea* sp.) pada tiga stasiun memiliki konsentrasi yang tidak jauh berbeda. Stasiun 1 memiliki konsentrasi sebesar 53,72 mg/kg, stasiun 2 memiliki konsentrasi sebesar 53,793 mg/kg, dan stasiun 3 dengan hasil konsentrasi sebesar 53,893 mg/kg. Ketiga hasil tersebut masih dalam dalam batas aman kontaminasi logam berat yang ditetapkan oleh Ditjen POM No.03725/B/SK/VII/1989 yaitu 100 mg/kg. Hasil analisis konsentrasi Zn dalam jaringan lunak tiram bakau dapat dilihat pada Tabel 2.

Biokonsentrasi faktor (BCF) logam berat pada tiram bakau (*Crassostrea* sp.)

Hasil perhitungan Biokonsentrasi Faktor logam berat pada tiram yang dihitung dengan membandingkan hasil konsentrasi logam dalam organisme dengan konsentrasi logam dalam air. Konsentrasi Zn dalam air pada stasiun 1 dan 2 tidak terbaca oleh alat AAS, yang memperoleh hasil yaitu $<0,05$. Sehingga sebagai pengganti dari hasil tersebut, digunakan pendekatan umum dalam analisis data yang mengandung nilai tidak terdeteksi. Penggunaan nilai setengah dari batas deteksi atau *Limit of Detection* (LOD) yaitu sebesar yaitu 0,025. yang diperoleh pada stasiun 1 berkisar antara 2.141-2.156 termasuk dalam kategori akumulasi tinggi dan stasiun 2 berkisar antara 2.080-2.195 dalam kategori akumulasi tinggi. Sedangkan pada stasiun 3 yaitu berkisar antara 675-891 dengan kategori akumulasi sedang. Nilai BCF yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3.

Batas aman konsumsi tiram bakau (*Crassostrea* sp.)

Batas aman konsumsi dihitung dengan menetapkan nilai *Maximum Tolerable Intake* (MTI) perminggu untuk individu dewasa dengan berat badan rata-rata 50 kg dan individu anak-anak dengan berat badan rata-rata 15 kg. Sebelum melakukan perhitungan untuk nilai MWI, konsumsi maksimum mingguan logam berat Zn dihitung dengan menggunakan rumus *Maximum Weekly Intake* (MWI). Perhitungan MWI terdiri dari berat badan rata-rata individu dan dengan batas logam berat yang dapat ditoleransi oleh tubuh manusia selama satu minggu atau disebut dengan *Provisional Tolerable Weekly Intake* (PTWI) yang ditetapkan oleh *World Health Organization* (WHO) untuk Zn yaitu 7 µg/kg. Hasil perhitungan nilai *Maximum Tolerable Intake* (MTI) Zn menunjukkan bahwa individu dewasa dengan berat badan rata-rata 50 kg dapat mengonsumsi tiram bakau dengan berat 0,007 kg/minggu, sedangkan individu anak-anak dengan berat badan rata-rata 15 kg dapat mengonsumsi tiram bakau sebesar 0,002 kg/minggu. Nilai MTI tiap stasiun pada dilihat pada Tabel 4.

Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia perairan

Pengukuran parameter fisika dan kimia dilakukan untuk kelengkapan data sebagai gambaran keadaan Sungai Tapak. Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia di Sungai Tapak dapat dilihat pada Tabel 5.

Pembahasan**Konsentrasi Zn dalam air dan jaringan lunak tiram (*Crassostrea* sp.) dari Sungai Tapak**

Hasil konsentrasi Zn dalam air di Sungai Tapak dengan konsentrasi tertinggi terdapat pada stasiun 3 sebesar 0,073 mg/l yang telah melebihi baku mutu. Sedangkan pada stasiun 1 dan 2 masih di bawah ambang batas baku mutu yang diperoleh yaitu sebesar <0,05 mg/l. Baku mutu mengacu pada PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Lampiran VI Baku Mutu Air Nasional. Hasil konsentrasi logam berat Zn pada stasiun 1 dan 2 yang diperoleh hanya menunjukkan angka sebesar <0,05 mg/l dikarenakan keterbatasan alat yang tidak dapat mendeteksi konsentrasi kurang dari 0,05 mg/l.

Tabel 2. Konsentrasi logam berat Zn dalam jaringan lunak tiram bakau (*Crassostrea* sp.)

Pengulangan	Stasiun		
	1	2	3
1	53,72 mg/kg	54,50 mg/kg	54,24 mg/kg
2	53,90 mg/kg	52,00 mg/kg	53,48 mg/kg
3	53,54 mg/kg	54,88 mg/kg	53,96 mg/kg
Rata-rata (mg/kg)	53,72±0,008	53,79±0,005	53,89±0,008
Baku mutu*	100 mg/kg		

*Ditjen POM No.03725/B/SK/VII/1989

Tabel 3. Hasil nilai Biokonsentrasi Faktor

Stasiun	Pengulangan	Corg (mg/kg)	Cw (mg/l)	BCF	Kategori Tingkat Bioakumulasi
1	1	53,72	0,025	2.149	tinggi
	2	53,9	0,025	2.156	tinggi
	3	53,72	0,025	2.141	tinggi
2	1	54,5	0,025	2.180	tinggi
	2	52	0,025	2.080	tinggi
	3	54,88	0,025	2.195	tinggi
3	1	54,24	0,08	678	sedang
	2	53,48	0,06	891	sedang
	3	54	0,08	675	sedang

Tabel 4. Batas aman konsumsi tiram bakau dari sungai tapak

Stasiun	PTWI (mg/kg)	MWI (mg)		MTI (kg/minggu)	
		Dewasa (50 kg)	Anak-anak (15 kg)	Dewasa (50 kg)	Anak-anak (15 kg)
1	0,007	0,35	0,105	0,007	0,002
2	0,007	0,35	0,105	0,007	0,002
3	0,007	0,35	0,105	0,007	0,002

Tabel 5. Hasil pengukuran parameter fisika kimia

Parameter	Stasiun	Pengulangan			Rata- rata	Baku mutu*
		1	2	3		
Suhu (°C)	1	31,90	30,16	30,90	30,99	30*
	2	29,40	31,60	31,10	30,70	
	3	31,60	28,90	31,20	30,57	
DO (mg/l)	1	3,50	2,88	3,72	3,37	3*
	2	3,25	3,35	3,16	3,25	
	3	1,88	2,84	2,48	2,40	
pH	1	7,17	7,27	7,24	7,23	6-9*
	2	7,28	7,28	7,31	7,29	
	3	7,01	6,92	6,90	6,94	
Salinitas (‰)	1	33,60	33,90	33,30	33,60	27-35**
	2	32,90	33,80	33,50	33,40	
	3	18,60	17,30	17,70	17,87	

*PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Lampiran VI Baku Mutu Air Nasional

**PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Lampiran VIII Baku Mutu Air Laut

Konsentrasi Zn pada stasiun 3 melebihi ambang batas yang mengindikasikan bahwa adanya bahan pencemar. Bahan pencemar dapat berasal dari limbah rumah tangga dan limbah perikanan yang berada di sekitar lokasi penelitian. Masukan limbah diindikasikan berasal dari aktifitas masyarakat sekitar seperti buangan sampah plastik, limbah rumah tangga dan limbah perikanan. Menurut Hariyoto (2021), sumber utama bahan pencemar terlebih Zn berasal dari limbah domestik yang tidak diolah kembali seperti buangan sampah plastik, sisa pestisida dan pupuk dari tambak, produk cat dan bahan keramik. Kondisi tersebut juga dipengaruhi oleh kondisi aliran air yang membawa cemaran logam berat. Logam berat akan masuk ke dalam perairan sungai dan akan terbawa arus hingga ke muara lalu selanjutnya akan terakumulasi. Stasiun 3 terletak jauh dari muara laut dan berada di pinggir sungai dengan arus rendah cenderung tidak berarus. Pengenceran bahan pencemar akan sulit jika pada perairan yang tidak memiliki arus sehingga tingkat pencemaran lebih tinggi (Clara *et al.* 2022).

Konsentrasi logam berat dalam air berhubungan dengan kondisi fisika kimia perairan. Kuantitas logam berat dalam massa air akan dipengaruhi oleh parameter fisika kimia air seperti suhu, pH, salinitas dan *dissolved oxygen* (Gafur dan Abbas, 2022). Berdasarkan pengukuran parameter fisika dan kimia, Stasiun 3 memiliki konsentrasi oksigen terlarut paling rendah yaitu sebesar 2,4 mg/l diantara kedua stasiun lainnya yang berkisar antara 3,25-3,36 mg/l. Konsentrasi oksigen terlarut dapat menjadi salah satu indikasi bahwa pada lokasi tersebut telah terjadi pencemaran limbah yang salah satunya mengandung seng. Menurut Ukhty *et al.* (2020), faktor lingkungan mempengaruhi tingkat toksisitas seng di perairan, salah satunya adalah faktor dari oksigen terlarut. Kadar DO antara 0,1-2 mg/l mengindikasikan

bahwa terdapat pencemaran berat. Hal tersebut dikarenakan oksigen terlarut digunakan untuk menguraikan zat pencemar agar dapat teroksidasi melalui reaksi kimia oleh bakteri yang nantinya akan berpengaruh terhadap penurunan kadar oksigen terlarut di dalam air (Yulis *et al.* 2018).

Hasil salinitas yang rendah juga terdapat pada stasiun 3 yaitu 17,86‰ yang tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Sedangkan stasiun 1 dan 2 memiliki nilai salinitas berturut-turut sebesar 33,6‰ dan 33,4‰. Hasil tersebut dikarenakan lokasi stasiun 3 cenderung jauh dari muara laut sehingga kadar salinitas rendah. Distribusi kadar salinitas bervariasi yang dipengaruhi oleh laju evaporasi dan masukan air tawar dari sungai, khususnya perairan sungai yang jauh dari muara laut. Kandungan *dissolved oxygen* dan salinitas yang pada penelitian sebelumnya oleh Sanjivanie *et al.* (2017) di perairan tambak Tapak Semarang dengan nilai DO kisaran 1,38-5,03 mg/l, dimana kadar yang diperoleh tidak jauh berbeda bahkan mengalami peningkatan. Sedangkan untuk salinitas mengalami peningkatan yang signifikan dengan nilai salinitas sebelumnya yang diperoleh yaitu 8-8,2‰.

Konsentrasi Zn dalam air yang telah dilakukan oleh peneliti lain seperti Triantoro *et al.* (2018) mengenai logam berat seng (Zn) dalam air di Tambak Lorok, Semarang menunjukkan konsentrasi Zn berkisar antara 0,001-0,009 mg/l. Penelitian lainnya menunjukkan konsentrasi logam berat Seng dalam air di Keramba Jaring Tancap Tanjung Mas Semarang yang dilakukan oleh Arza dan Martuti (2023) yaitu berkisar antara 0,005-0,0077 mg/l. Berdasarkan dari beberapa penelitian mengenai konsentrasi logam berat Zn dalam air yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat dalam air memang cenderung lebih rendah.

Konsentrasi logam berat seng dalam air yang lebih rendah dikarenakan sifat air dapat bergerak bebas akibat adanya arus dan gelombang serta pasang sehingga akan terjadi pengenceran. Muara sungai yang membawa limbah menjadi penyebab utama munculnya logam berat beracun di perairan. Walaupun konsentrasi logam berat pada sungai relatif kecil namun akan mudah diserap serta terakumulasi didalamnya (Elfidasari, 2023).

Tiram Bakau (*Crassostrea* sp.) memiliki cara hidup dengan menetap dan cara mendapatkan makan dengan menyaring partikel kecil dari lingkungannya atau disebut dengan *filter feeder*. Kedua karakter tersebut menjadikan tiram bakau sebagai salah satu hewan indikator yang dianggap dapat mengetahui tingkat kontaminasi logam berat di perairan. Menurut Bogdanović *et al.* (2025), kerang merupakan hewan yang menyaring makanannya sehingga rentan terhadap bioakumulasi polutan.

Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi Zn dalam jaringan lunak tiram bakau diperoleh bahwa pada ketiga stasiun memiliki konsentrasi yang tidak jauh berbeda. Rata-rata konsentrasi logam pada tiap stasiun yaitu stasiun 1 sebesar 53,72 mg/kg, stasiun 2 sebesar 53,8 mg/kg dan stasiun 3 sebesar 53,9 mg/kg. Hasil konsentrasi logam berat Zn tersebut masih dalam batas aman kontaminasi logam berat yang ditetapkan oleh Ditjen POM No.03725/B/SK/VII/1989 yaitu 100 mg/kg. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengambilan tiram bakau untuk memenuhi kebutuhan pangan masih dapat dimanfaatkan namun dalam batas wajar dan tidak berlebihan. Walaupun konsentrasi logam berat Zn dalam jaringan lunak tiram bakau belum melampaui baku mutu namun hal tersebut tetap memiliki potensi menimbulkan pencemaran hingga efek toksik baik bagi lingkungan, organisme hingga rantai makanan. Hasil konsentrasi Zn dalam jaringan lunak tiram bakau yang didapatkan tergolong dalam angka yang hampir sama. Hal tersebut dikarenakan tiram bakau tidak terpengaruh oleh perbedaan ukuran serta jenis kelamin (Bach *et al.* 2014).

Konsentrasi Zn dalam jaringan lunak kerang darah pada penelitian Kalangie *et al.* (2018) berkisar antara 8,59-18,68 mg/kg. Penelitian Triantoro *et al.* (2017) mengenai kadar logam berat seng dalam jaringan lunak kerang hijau di Perairan Tambak lorok Semarang menunjukkan hasil antara 13,75-62,84 mg/kg. Pada penelitian Edward (2019) menunjukkan bahwa Zn memiliki fungsi untuk mengkatalisis enzim dan memiliki peran untuk struktur protein membran sel. Hal tersebut membuktikan bahwa konsentrasi Zn yang tinggi dalam tubuh biota dikarenakan pada dasarnya Zn diperlukan dalam tubuh termasuk logam esensial. Terutama untuk konsentrasi Zn yang lebih banyak di temukan dalam organisme *filter feeders* terutama tiram. Menurut Sanusi (2006), seng merupakan zat mineral esensial yang penting untuk

tubuh, Zn juga termasuk dalam berbagai aspek metabolisme yang dibutuhkan organisme dalam pembentukan haemosianin dalam sistem darah. Sehingga dapat juga diindikasikan bahwa konsentrasi Zn yang tinggi dalam jaringan lunak tiram, dikarenakan Zn adalah salah satu senyawa esensial bagi organisme. Zn yang secara alami berada di lingkungan dan dalam tubuh biota, sehingga tiram bakau dapat mengakumulasikannya dan menempel pada mantel ketika tiram bakau menyaring makanan dari lingkungan (Liu *et al.* 2017).

Biokonsentrasi faktor (BCF)

Perhitungan nilai biokonsentrasi faktor (BCF) didapat dengan membandingkan rasio antara konsentrasi logam berat Zn dalam jaringan lunak tiram dengan logam berat Zn pada air. Berdasarkan perhitungan rumus BCF diperoleh hasil pada stasiun 1 berkisar antara 2.141-2.156 dan pada stasiun 2 berkisar antara 2.080-2.195. Kedua stasiun tersebut menunjukkan nilai BCF berada pada *range* >1000 dan dalam kategori akumulasi tinggi. Sedangkan hasil yang diperoleh pada stasiun 3 berkisar antara 675-891. Nilai BCF pada stasiun 3 menunjukkan *range* 100-1000 yang dikategorikan tingkat akumulasi sedang (FEPA, 2003). Nilai BCF pada stasiun 1 dan 2 memiliki nilai yang cukup tinggi, dikarenakan konsentrasi logam berat dalam air yang tidak terdeteksi dan berada dibawah standar nilai pengukuran alat spektrofotometri serapan atom. Akumulasi logam dalam tubuh organisme yang tidak terfiksasi dan tidak dikeluarkan oleh biota akan terkumpul didalam tubuhnya. Serta jaringan pada organisme akan menyerap logam berat dari air sehingga pada proses perpindahan dari air ke dalam jaringan akan terjadi kepekatan yang berbeda dan konsentrasi logam berat dalam biota akan melebihi tingginya konsentrasi logam berat dari lingkungannya (Hariyoto, 2021).

Batas aman konsumsi tiram bakau (*Crassostrea* sp.) dari Sungai Tapak

Nilai batas maksimal untuk konsumsi konsentrasi logam berat dalam satu minggu disebut dengan *Maximum Weekly Intake* (MWI) yang diperoleh dari menghitung asumsi berat badan rata-rata manusia dengan *Provisional Tolerable Weekly Intake* (PTWI) yang telah ditetapkan oleh JECCA. Nilai PTWI yang telah ditetapkan oleh JECCA yaitu 7 µg/kg BB untuk logam berat Zn. Nilai MWI logam berat Zn yang dapat dikonsumsi pada tiram bakau dari Sungai Tapak di penelitian kali ini oleh individu dewasa dengan berat badan rata-rata 50 kg adalah 0,42 mg/minggu. Sedangkan untuk individu anak-anak dengan berat badan rata-rata 15 kg adalah 0,105 mg/minggu.

Berdasarkan hasil dari perhitungan *Maximum Tolerable Intake* yang telah dilakukan menunjukkan bahwa batas aman konsumsi tiap minggu tiram bakau

yang mengandung Zn dari Sungai Tapak untuk individu dewasa dengan berat badan rata-rata 50 kg adalah 0,007 kg/minggu dan individu anak-anak dengan berat badan rata-rata 15 kg adalah 0,002 kg/minggu. Nilai yang didapat tersebut merupakan acuan batas aman konsumsi mingguan tiram bakau yang dapat ditoleransi dari Sungai Tapak.

Logam berat Seng pada dasarnya bersifat beracun jika dikonsumsi berlebihan. Efek yang diberikan tidak akan terlihat secara instan jika mengonsumsi dalam jumlah yang kecil. Namun jika mengonsumsi bahan pangan yang telah terkontaminasi logam yang terlalu sering dan berlebihan hingga melewati batas aman akan menimbulkan gangguan pada kesehatan seperti keracunan, hingga kematian (Hanum *et al.* 2021). Menurut Herbila *et al.* (2022), dampak bioakumulatif logam seng yang tinggi pada manusia yang mengonsumsi bahan pangan mengandung seng akan mengalami penurunan sensitivitas pada rasa serta bau, dan masalah kesehatan lainnya seperti kram perut, mual hingga muntah. Apabila konsumsi tiram bakau yang mengandung Zn melebihi nilai MTI, maka dapat mengganggu kesehatan. Dosis konsumsi seng sebanyak 2 g atau lebih dapat menyebabkan muntah, diare, demam, kelelahan, anemia dan gangguan reproduksi. (Triantoro *et al.* 2017).

KESIMPULAN

Konsentrasi Zn dalam air dari Sungai Tapak pada stasiun 1 dan 2 memenuhi baku mutu, sedangkan stasiun 3 melampaui baku mutu. Konsentrasi Zn dalam jaringan lunak tiram bakau (*Crassostrea* sp.) dari Sungai Tapak tidak melampaui batas aman maksimum logam berat seng dalam makanan. Nilai biokonsentrasi faktor (BCF) pada stasiun 1 berkisar antara 2.141-2.156 dan pada stasiun 2 berkisar antara 2.080-2.195. Kedua stasiun tersebut menunjukkan tingkat akumulasi tinggi. Batas aman konsumsi tiram bakau (*Crassostrea* sp.) yang telah terkontaminasi Zn dari Sungai Tapak untuk individu dewasa dengan berat tubuh rata-rata 50 kg yaitu 7 gr/minggu dan untuk individu anak-anak dengan berat tubuh rata-rata 15 kg yaitu 2 gr/minggu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih atas hibah penelitian Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro anggaran 2024 Nomor: 78/UN7.F10/PP/II/2024.

DAFTAR PUSTAKA

Ali, S., Afshan, S., Ameen, U. S., Farid, M., Bharwana, S. A., Ahmad, R., dan Hannan, F. 2014. Effect

of Different Heavy Metal Pollution on Fish. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*, 2(1): 74-79.

Arza, A., dan Martuti, N. K. T. 2023. Bioakumulasi Logam Besi (Fe) dan Seng (Zn) pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) di Keramba Jaring Tancap Kelurahan Tanjung Mas, Semarang. *Life Science*. 12(2): 107-116.

Bach, L., Sonne, C., Rigét, F. F., Dietz, R., dan Asmund, G. 2014. A Simple Method to Reduce The Risk of Cadmium Exposure from Consumption of Iceland Scallops (*Chlamys islandica*) Fished in Greenland. *Environment international*. 69: 100-103.

Bogdanović, T., Petričević, S., Di Giacinto, F., Listeš, I., Sokolić, D., Listeš, E., ... dan Pleadin, J. 2025. The Bisphenol Microplastics Issue in Marine Bivalves. *Veterinarska stanica*. 56(1): 13-27.

Clara, J. O., Haeruddin, H., dan Ayuningrum, D. 2022. Analisis Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Air, Sedimen, dan Tiram Bakau (*Crassostrea* sp.) di Sungai Tapak, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*. 6(1): 55-65

Direktor Jendral Pengawasan Obat dan Makanan No.03725/B/SK/VII/1989. Batas Maksimum Cemar Logam dalam Makanan. Jakarta

Edward. 2019. Akumulasi Logam Berat Pb, Cd, Ni, dan Zn pada Daging Ikan di Teluk Kao, Halmahera. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan*. 2(2): 59-71.

Elfidasari, D. 2023. *Pterygoplichthys pardalis* dan Potensinya sebagai Agen Bioremediasi Cemar Logam Berat di Perairan. PENERBIT KBM INDONESIA. Yogyakarta.

Elvera, E., dan Astarina, Y. 2021. Metodologi Penelitian. Penerbit Andi. Yogyakarta.

Emersida, I. 2021. Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu dan Zn pada Sedimen dan Tiram Bakau (*Crassostrea cucullata* Born) di Muara Sungai Los Kala Kecamatan Muara Satu Kota Lhokseumawe Provinsi Aceh. *Lentera: Jurnal Ilmiah Sains, Teknologi, Ekonomi, Sosial, dan Budaya*. 5(3): 1-5.

Emilia, I., Putri, Y. P., Jumingin, J., Rizal, S., dan Rangga, R. 2022. Biokonsentrasi Timbal dan Kadmium terhadap *Penaeus merguensis* dalam Air dan Sedimen di Perairan Desa Sungsang I. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. 19(2): 215-227.

Febrita, J., dan Roosmini, D. 2022. Analisis Beban Pencemar Logam Berat Industri terhadap Kualitas Sungai Citarum Hulu. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 7(1): 77-88.

- Gafur, A., dan Abbas, H. H. 2022. Kontaminasi Logam Berat Kadmium dan Kromium Serta Batas Konsumsi Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Muara Sungai Tallo Kota Makassar. *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 8(1):19-25.
- Hamakonda, U. A., Suharto, B., dan Susanawati, L. D. 2019. Analisis Kualitas Air dan Beban Pencemaran Air pada Sub DAS Boentuka Kabupaten Timor Tengah Selatan. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*. 23(1): 56-67.
- Hanum, G.R., David. A.W., Intan A.K.P. 2021. Uji Kadar Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) di Pasar Kalanganyar Sidoarjo dengan Metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). *Medicra (Journal of Medical Laboratory Science Technology)*. 4(2): 65-71.
- Hariyoto, F. D. 2021. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Seng (Zn) dan Merkuri (Hg) di Perairan Beserta Dampaknya Bagi Produk Perikanan dan Kesehatan Manusia. *Buletin Matric*. 18(2): 39-46.
- Herbila, K., Syam, N., Batara, A. S. 2022. Analisis Konsentrasi Logam Berat Seng (Zn) pada Air, Sedimen dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Window of Public Health Journal*. 3(6): 1044-1053.
- Ichwani, H. C., Haeruddin, dan Prakoso, K. 2025. Analisis Biokonsentrasi Logam Berat Merkuri (Hg) dan Tembaga (Cu) Pada Mangrove di Muara Sungai Tapak, Kelurahan Tugurejo Semarang. *Jurnal Pasir Laut*. 9(2): 73-80.
- Indriyani, M., Amalia, R. S., Santosa, B., dan Hartanto, D. 2022. Analisa Debit Puncak Menggunakan Pendekatan Metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Snyder dan HEC-HMS (Studi Kasus: DAS Silandak, Kota Semarang). *G-SMART*. 6(1): 48-57.
- Kalangie, D. J. M., Widowati, I., dan Suprijanto, J. 2018. Konsentrasi Seng (Zn) dalam Air, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa* L) di Perairan Tambaklorok Semarang. *Journal of Marine Research*. 7(1): 49-58.
- Liu, J., Cao, L., dan Dou, S. 2017. Bioaccumulation of Heavy Metals and Health Risk Assessment in Three Benthic Bivalves Along The Coast of Laizhou Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*. 117(1-2): 98-110.
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Potipat, J., Tangkrock-olan, N., dan Helander, H. F. 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 Nagarajan Nagarani, Arumugam Kuppasamy Kumaraguru, Velmurugan Janaki Devi Chanthaburi Provinc. *Environment Asia*. 8(2): 118-28.
- Sanjivanie, H. A., Martuti, N. K. T., dan Ngabekti, S. 2017. Bioakumulasi Kadmium pada Ikan Bandeng di Tambak Wilayah Tapak Semarang. *Life Science*. 6(1): 18-23.
- Sanusi, H. S. 2006. Kimia Laut, Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan. Bogor. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, 188 hlm.
- Sukma, R. M., Gafur, A., dan Abbas, H. H. 2020. Biokonsentrasi Logam Berat Timbal, Arsen pada Air dan Ikan Sungai Tallo Kota Makassar. *Window of Public Health Journal*. 1(4): 404-416.
- Supriyantini, E., dan Endrawati, H. 2015. Konsentrasi Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. 18(1): 38-45.
- Triantoro, D. D., Suprpto, D., dan Rudiyaniti, S. 2018. 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 (MAQUARES)*. 6(3): 173-180.
- Ukhty, N., Nufus, H., Rozi, A., dan Khairi, I. 2020. Studi Konsentrasi Logam Berat pada Kerang Lokan (*Geloina erosa*) di Perairan Aceh Barat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 23(1): 77-85.
- Yulis, P. A. R., Desti, D., dan Febliza, A. 2018. Analisis Kadar DO, BOD, dan COD Air Sungai Kuantan Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin. *Jurnal Bioterdidik: Wahana Ekspresi Ilmiah*. 6(3): 1-11.