

## **BIOCONCENTRATION FACTORS OF HEAVY METALS COPPER (CU) AND ZINC (ZN) IN GREEN MUSSELS (*Perna viridis*) IN THE WATERS OF TAMBAK LOROK SEMARANG**

**Jihan Najla Difa<sup>1</sup>, Max Rudolf Muskananfolo<sup>1</sup>,  
Churun A'in<sup>1</sup>**

**Abstract** *Tambak Lorok is a coastal area in Semarang. These waters have the potential to be contaminated with heavy metals Copper (Cu) and Zinc (Zn). The study aimed to determine the concentration of Cu and Zn in water, sediment and soft tissues of Perna viridis, knowing the effect of shell size on heavy metal absorption, knowing the bioconcentration factors of heavy metals and knowing the maximum limit of weekly consumption of Perna viridis. The study was conducted in November 2020. Determination of the location of the study using the Purposive sampling method. Concentrations of Cu and Zn in water, sediment and Perna viridis by the Atomic Absorption Spectrophotometer method. The results showed the content of Copper in water ranged from 0.06-*

*0.151mg/l; sediments 26.634-38.433 mg/l and green mussels 4.76-11.00mg/l. Heavy metal Zinc is not detected in water, sediment and green shells one factor is that the tools used are insensitive to low concentrations of metals. Based on the results of statistical tests the difference in shell size has no effect on the absorption of Cu in soft tissues. Bioaccumulation levels belong to the low-moderate category. The safe limit of consumption of green mussels for weight 40 kg is 15.683 mg/weeks and for weight 60 kg is 23.524 mg/weeks.*

**Keywords:** *Accumulation, Green Mussels, Zinc, Copper, Tambak Lorok*

---

<sup>1</sup> *Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan , Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto,SH, Tembalang,Semarang,Jawa Tengah.*

## PENDAHULUAN

Kampung Tambak Lorok merupakan salah satu kawasan pesisir yang padat akan aktivitas manusia seperti, industri, pelabuhan dan juga banyak perumahan warga yang terletak di tepi sugai Banjir Kanal Timur dan Kali Banger (Fama, 2016). Kawasan Tambak Lorok berada di Teluk Semarang dimana aliran air yang masuk dapat berasal dari kawasan industri, pelabuhan, pembangkit listrik, pemukiman, budidaya dan pertanian (Febrianto dan Lati-fah, 2017). Tambak lorok memiliki perkembangan yang pesat, hal itu ditandai dengan banyaknya aktivitas industri. Peningkatan aktivitas industri disekitar Tambak Lorok diikuti oleh banyaknya penduduk yang tinggal pada daerah tersebut menjadikan Tambak Lorok berpotensi tercemar oleh berbagai macam limbah. Limbah yang disumbangkan oleh aktivitas industri dapat berupa limbah yang berbahaya bagi siapapun yang menggunakan air tersebut untuk kebutuhan hidupnya seperti hewan dan manusia, salah satunya ialah logam berat.

Keberadaan logam berat di Tambak Lorok telah terbukti dengan adanya beberapa penelitian yang dilakukan seperti logam berat Cu dalam penelitian (Supriyantini dan Soenardjo, 2016) bahwa dalam perairan di Tambak Lorok Semarang terkandung 0,14 mg/l. Logam berat Zn dalam penelitian (Triantoro *et al.*, 2018) memiliki kisaran konsentrasi 0,001 mg/l - 0,009 mg/l pada air dan pada sedimen memiliki kisaran konsentrasi 5,33 mg/l – 691 mg/l.

Logam berat Cu termasuk dalam logam berat esensial. Artinya logam berat ini dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah sedikit untuk proses metabolisme dan pertumbuhan adapun logam berat

esensial antara lain Cu, Zn, Fe, Co dan Mn dan lain sebagainya (Arjuna *et al.*, 2020). Adapun kawasan industri yang berpotensi menyebarkan logam berat tembaga di sekitar Tambak Lorok seperti keberadaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tambak Lorok yang berpotensi menghasilkan limbah persenyawaan logam berat seperti Cu, Pb, Zn dan lain sebagainya (Naja *et al.*, 2019). Pencemaran logam berat yang masuk kedalam perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi kemudian diserap oleh organisme hidup di perairan karena logam berat memiliki sifat persisten (Yolanda *et al.*, 2019). Logam berat Tembaga dapat masuk kedalam tubuh manusia melalui rantai makanan, apabila manusia mengkonsumsi biota yang terdapat di kawasan tercemar logam berat Cu maka konsentrasi logam berat tembaga akan mengendap di tubuh manusia. Efek samping yang dihasilkan akibat keracunan tembaga seperti mual, penyakit kuning, hipotensi, darah dalam urin, diare, gangguan ginjal, koma dan kematian. (Dewi *et al.*, 2017).

Logam berat seng yang berada pada perairan bersumber dari penggunaan pupuk kimia yang mengandung seng, selain dari penggunaan pupuk keberadaan logam berat di perairan juga disebabkan oleh aktivitas rumah tangga ataupun industri. Terjadinya fenomena korosi pipa dan produk konsumen seperti detergen akan menyebabkan masuknya logam berat ini kedalam perairan (Putra *et al.*, 2019). Adapun sumber cemaran logam berat seng pada Tambak Lorok, berdasarkan Direktorat Industri Pengolahan Jateng tahun 2005 terdapat beberapa industri di sekitar pelabuhan Tanjung Mas Semarang yang berada dekat dengan perairan Tambak Lorok yaitu industri PT. Cemara ,

pabrik keramik dengan jenis limbah buangan Pb, Cd dan Zn juga terdapat PT. Kalimas, bengkel kerja dengan limbah buangan Cd, Pb, Zn dan HCl (Judah *et al.*, 2018). Dalam batas tertentu logam berat Zn diperlukan dalam tubuh makhluk hidup. Seng dibutuhkan untuk melakukan metabolisme sehingga kadar Zn biasanya lebih tinggi dibandingkan dengan logam yang memiliki sifat toksik seperti Pb dan Cd. Interaksi yang terjadi antara logam Cd dan Zn adalah interaksi kompetitif sehingga apabila kadar Zn rendah maka kadar Cd lebih tinggi dan semakin bersifat toksik (Hidayanti, 2019)

Kerang hijau (*Perna viridis*) merupakan organisme yang mudah dibudidayakan dan bernilai ekonomis, dagingnya dapat diolah menjadi makanan yang bergizi sehingga banyak di budidayakan oleh nelayan Tambak Lorok (Temmy *et al.*, 2018). Kerang hijau juga memiliki fungsi ekologis dimana sifatnya yang hidup menetap dengan menempelkan byssus nya pada substrat dan berumur panjang (3 tahun) ia mampu dijadikan bioindikator atau mampu mendeteksi pencemaran dalam suatu lingkungan perairan (Purbonegoro, 2018). Hal ini diperkuat oleh Rahardja (2021) yang menyatakan bahwa kerang hijau dapat dijadikan sebagai bioindikator adanya pencemaran lingkungan salah satunya logam berat karena ia bersifat sessil. menurut Andrew *et al.*, (2014) bahwa secara teoritis ukuran cangkang kerang yang besar berkorelasi positif dengan meningkatnya umur. Maka semakin besar cangkang maka umurnya juga semakin tua Hal ini diperkuat oleh Amriarni *et al.*, (2012) bahwa sebagai makrofauna bentik ukuran cangkang kerang diidentikkan dengan umur kerang tersebut artinya Semakin besar cangkang

dapat diartikan bahwa kemampuan pengakumulasian logam berat dalam tubuh kerang tersebut lebih lama dibandingkan dengan kerang yang lebih muda (berukuran kecil) dan jumlah akumulasi logam berat meningkat.

Parameter kualitas air antara lain suhu, dimana distribusi suhu air laut di suatu perairan Menurut Patty (2013) dipengaruhi oleh radiasi matahari, kedalaman, letak geografis, angin dan musim. Suhu yang tinggi dalam suatu perairan akan menyebabkan adanya penurunan laju adsorpsi kedalam partikulat sehingga logam berat dalam perairan akan lebih mudah terlarut dalam air (Sari *et al.*, 2017).

DO berperan penting dalam kehidupan organisme perairan. Organisme air laut setidaknya memerlukan sejumlah  $\pm 5$  mg/L untuk memenuhi kebutuhan minimum oksigen. Sumber DO dalam perairan yaitu difusi oksigen dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton (Astuti dan Lismining, 2018). Menurut Morillo *et al.*, (200) dalam Kang *et al.*, (2019) bahwa jika perairan dalam kondisi rendahnya nilai DO maka dekomposisi senyawa organik akan meningkat hal ini juga menyebabkan logam berat yang berikatan dengan senyawa organik akan bebas. Oleh karena itu kandungan logam dapat meningkat jika dalam kondisi anaerobik.

Salinitas berpengaruh aktif terhadap penyerapan ion logam pada biota laut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Karar *et al.*, (2019) bahwa salinitas terlibat dalam penyerapan logam berat dari perairan ke biota, yang diperkuat oleh O'Hara (1973) dalam Karar *et al.*, (2019) bahwa salinitas yang melibatkan mekanisme penyerapan aktif oleh

biota yang dipercepat dari ion logam. Perubahan nilai pH akan mempengaruhi organisme di perairan dan juga mempengaruhi kondisi perairan tersebut semakin tinggi nilai pH maka kelarutan logam berat dalam air akan menurun dan semakin rendah nilai pH maka kelarutan logam berat dalam air akan meningkat (Yulis, 2018).

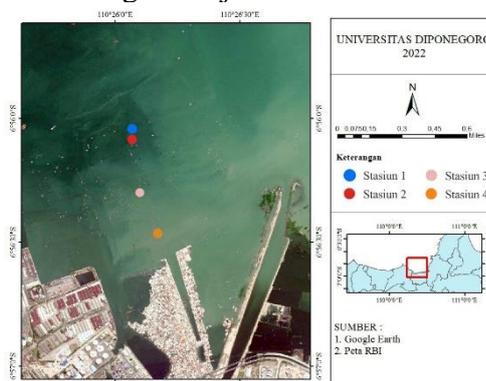
BOD merupakan suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan mikroorganisme untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. Nilai COD menunjukkan kadar oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk menguraikan zat organik tertentu secara kimia. Nilai COD akan selalu lebih besar daripada nilai BOD (Atima, 2015). Parameter BOD dan COD memiliki hubungan dengan parameter lainnya seperti DO dan juga suhu.

COD selain mampu mendegradasi bahan pencemar organik juga mampu memecah logam berat. Menurut Tamyiz (2015) bahwa COD berkaitan dengan kadar kandungan logam berat di dalam air karena COD mampu menetralkan kandungan logam berat seperti Pb dan Cr.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi logam berat tembaga (Cu) dan Seng (Zn) pada air, sedimen dan jaringan lunak kerang hijau (*Perna viridis*) di Tambak Lorok Semarang, mengetahui ada atau tidaknya perbedaan penyerapan logam berat berdasarkan ukuran kerang, mengetahui tingkat bioakumulasi logam berat dalam air, sedimen dan jaringan lunak kornag hijau dan mengetahui batas aman konsumsi kerang hijau (*Perna viridis*).

## METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2020 bertempat di Tambak Lorok Semarang. Tambak Lorok juga dikenal sebagai salah satu kampung nelayan diantara kampung kampung daerah pantai di Kota Semarang yang terletak di Sungai Banjir Kanal dan Kali Banger. Mata pencaharian penduduk pada Tambak Lorok mayoritasnya adalah nelayan yang berkaitan dengan penangkapan ikan, budidaya kerang hijau dan juga berkaitan dengan pendistribusian hasil tangkapan ikan. Disekitar Tambak Lorok juga terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Uap dan Gas, aktivitas pelabuhan dan juga merupakan muara dari Sungai Banjir Kanal.



**Gambar 1** Peta lokasi penelitian.

Pengukuran parameter kualitas perairan diukur secara langsung pada lokasi penelitian. Analisis kandungan logam berat Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) dilakukan di Laboratorium Penelitian Teknik Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode survei. Pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan metode *Purposive sampling* yang terletak pada kawasan Tambak Lorok Semarang. Penentuan titik pada Tambak Lorok Semarang

berdasarkan jarak dari sumber pencemar dan lokasi pembudidayaan kerang Hijau (*Perna viridis*), berikut lokasi penelitian di Tambak Lorok.

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain Ekman grab, pH meter, DO meter, Refraktometer, Botol sampel 50 ml, pinset, plastik zipper, coolbox, label, pipet tetes dan AAS-Nyala. Bahan yang digunakan antara lain jaringan lunak kerang hijau, Asam Nitrat, Aquades dan HCl. Pengambilan sampel jaringan lunak kerang hijau, air dan sedimen dapat dilihat pada Gambar 1. Ukuran kerang hijau yang digunakan terdapat 3 variasi yaitu kecil (3-5 cm), Sedang (6-8 cm) dan Besar berukuran > 8 cm.

Parameter kualitas perairan seperti DO, salinitas, pH dan suhu diukur secara langsung dilapangan. Jaringan lunak kerang hijau diambil dengan memisahkan jaringan lunak tersebut dengan menggunakan pinset kemudian dan dikumpulkan hingga beratnya mencapai 5gr untuk analisis logam berat di laboratorium. Sedimen diambil dengan menggunakan Ekman grab dan disimpan dalam plastik zipper dan sampel air diambil sebanyak 50 ml dan diteteskan dengan HNO<sub>3</sub> (Asam nitrat) sebanyak 1-2 tetes hingga pH menjadi 2 kemudian sampel disimpan dalam coolbox. Sampel air BOD dan COD disimpan dengan menggunakan botol sampel 600ml untuk diuji di laboratorium.

Pengukuran logam berat air dengan menggunakan AAS sesuai dengan SNI 6989.6:2009 untuk pengukuran logam berat Tembaga (Cu) dan SNI 6989.7:2009 untuk logam berat Seng (Zn). Dimana sampel yang akan diujikan akan dihomogenisasikan. Kemudian Sampel dicuplik kemudian ditambahkan HNO<sub>3</sub> sebanyak 3 ml dan

HCl sebanyak 3ml, selanjutnya sampel akan memasuki tahap destruksi Menurut Suci (2021) sampel dipanaskan pada pemanas listrik hingga warna sampel yang pekat dan endapan menjadi jernih. Kemudian sampel disaring dan siap untuk dilakukan uji AAS Nyala.

Prosedur yang digunakan untuk melakukan preparasi sampel sedimen yaitu sampel sedimen ditimbang sebanyak 5 gram kemudian sampel ditambahkan aquades sebanyak 25 ml dan dipanaskan dengan pemanas litrik hingga homogen. Selanjutnya sampel ditambahkan 5ml HNO<sub>3</sub> dan 3 ml HCl kemudian dipanaskan hingga larutan sampel jernih. Sampel siap dilakukan pengujian AAS Nyala untuk dibaca konsentrasi logam berat dalam sampel (Nisa *et al.*, 2013)

Prosedur preparasi sampel jaringan lunak kerang hijau (*Perna viridis*) adalah sebagai berikut. Jaringan lunak yang sudah dipisahkan dengan cangkangnya ditimbang sebanyak 5 gram kemudian di hancurkan hingga halus dengan menggunakan blender, kemudian memasuki tahap destruksi basah yaitu dengan menambahkan HNO<sub>3</sub> sebanyak 5ml dan HCl sebanyak 3 ml (Supriyanti *et al.*, 2016) kemudian dipanaskan dengan pemanas litrik dipanaskan dengan suhu 60 – 70 °C selama 47 menit hingga tidak ada endapan dan sampel menjadi jernih (Rozi dan Ukhty 2021) kemudian sampel siap dilakukan uji dengan menggunakan AAS nyala.

Bioakumulasi dapat dihitung dengan menggunakan Nilai BCF atau Biokonsentrasi Faktor yang diperoleh dengan membandingkan kemampuan organisme dalam menyerap logam berat pada air dan sedimen. Amriarni *et al.*, (2011)

$$BCF = \frac{C_{organisme}}{C_{water \text{ atau sedimen}}} \quad (1)$$

Keterangan:

C organisme: Konsentrasi logam berat dalam organisme, C water atau sedimen : Konsentrasi logam berat dalam air atau sedimen

Besar kecilnya nilai Indeks Faktor Konsentrasi (IFK) atau BCF tergantung jenis logam berat, organisme dan lama paparan serta kondisi lingkungan perairan. terdapat 3 kategori nilai IFK sebagai berikut :

- Nilai lebih besar dari 1000 masuk dalam katagori sifat akumulatif tinggi
- IFK 100 sampai dengan 1000 disebut akumulatif sedang
- Nilai IFK kurang dari 100 dikategorikan dalam sifat akumulatif rendah

Perhitungan maximum weekly intake menggunakan rumus (Astari *et al.*,2021):

$$MWI (g) = \text{Bobot badan} \times PTWI \quad (2)$$

Keterangan :

- Rata rata bobot badan, Berdasarkan JECFA yaitu 40 kg dan 60 kg
- PTWI: *Provisional Tolerable Weekly Intake* (angka toleransi maksimum asupan perminggu)

Nilai PTWI merupakan jumlah asupan kontaminan logam berat pada makanan yang dapat ditoleransi untuk seminggu sehingga tidak membahayakan kesehatan. Nilai PTWI untuk logam berat Cu sebesar 3.5mg/kg dan untuk logam berat Zn sebesar 7mg/kg (JECFA).

Nilai Maximum tolerable intake (MTI) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Astuti *et al.*,2020). Menurut Cahyani *et al* (2016) batas aman konsumsi ditentukan dengan

mengambil nilai terkecil dikarenakan bahan makanan yang mengandung logam berat walaupun dalam kadar yang rendah.

$$MTI = \frac{MWI}{C_t} \quad (3)$$

Keterangan:

MWI: *Maximum Weekly Intake* untuk orang dewasa (50kg) dan anak anak (15kg) perminggu dalam satuan mg, C<sub>t</sub>:Konsentrasi Logam berat yang ditemukan di dalam jaringan lunak kerang (mg/kg)

Data pengaruh ukuran kerang hijau terhadap penyerapan konsentrasi logam berat dianalisis dengan menggunakan *One way- ANOVA*. Uji analisis ragam satu arah merupakan uji yang dapat digunakan pada jenis data lebih dari dua kelompok tidak berpasangan dengan jenis asosiasi komporatif dan skala pengukuran variabel numerik (Pratiwi *et al.*,2013).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Kualitas Perairan Tambak Lorok*

Hasil pengukuran paramater kualitas perairan dapat dilihat pada Tabel 1, pH memiliki nilai rata rata 7,33 menurut Riyadi (2005) bawa nilai pH 6-8,5 dan masih dapat dilakukan aktivitas budidaya di laut karena nilai pH yang masih dalam kategori aman untuk kelangsungan hidup biota. pH memiliki hubungan dengan kelarutan logam berat dimana semakin rendah pH maka logam berat akan semakin bersifat toksik (Yulis, 2018). Variabel suhu di lokasi penelitian dari keempat stasiun memiliki kisaran nilai 27,7 – 31,4 °C. Dimana semakin dangkal perairan penetrasi cahaya matahari akan sampai ke dasar hingga suhu diperairan tersebut lebih hangat apabila dibandingkan

dengan perairan yang lebih dalam (Sidabutar *et al.*, 2019) pernyataan tersebut diperkuat oleh Patty (2013) bahwa kedalaman merupakan salah satu faktor adanya perbedaan suhu pada suatu perairan.

Nilai DO yang tinggi berada pada stasiun 4 yang arahnya mengarah kepada laut lepas. Menurut Hamuna *et al.*, (2018) nilai DO dapat dipengaruhi oleh adanya cemaran yang masuk dalam penelitian ini karena stasiun 4 dekat dengan rumah penduduk. Rendahnya nilai DO pada stasiun 4 dapat dikaitkan dengan nilai BOD dan COD pada perairan tersebut hal ini dikarenakan BOD dan DO berbanding terbalik, hal ini diperkuat oleh Tamyiz (2015) bahwa meningkatnya BOD berbahaya bagi lingkungan perairan karena menurunnya kadar oksigen pada perairan tersebut.

Tingginya nilai BOD dan COD pada perairan seperti yang terjadi pada stasiun 4 diakibatkan oleh banyaknya limbah organik yang masuk kedalam perairan tersebut hal ini diperkuat oleh Sara dan Hendrawan (2018) bahwa COD menentukan jumlah bahan organik yang ditemukan di air sehingga bermanfaat sebagai indikator pencemaran organik di air permukaan. Perairan Tambak Lorok Semarang memiliki rata rata salinitas sebesar 34,5 mg/l menurut Riyadi (2005) kisaran salinitas 34-35 mg/l masih dapat dilakukan usaha budidaya yang artinya tidak mengganggu kelangsungan hidup biota didalamnya

#### **Logam Berat Tembaga (Cu)**

Berdasarkan data yang tersaji dalam Tabel 2 bahwa logam berat Cu pada air memiliki perbedaan konsentrasi pada

pertama hingga stasiun keempat. Pada stasiun pertama lokasi penelitian jauh dari muara maupun pemukiman penduduk dan stasiun selanjutnya semakin mendekati pemukiman dan muara sungai. Konsentrasi logam berat tembaga pada air dari stasiun satu hingga stasiun 4 berturut turut 0.06, 0.09, 0.126 dan 0.151 ppm, hasil tersebut menunjukkan logam berat tembaga yang terkandung dalam perairan sudah melebihi batas yang dapat diterima oleh lingkungan tersebut sehingga berpotensi memiliki dampak terhadap lingkungan. Menurut Filipus *et al.*, (2018) bahwa tingginya konsentrasi logam berat tembaga dapat bersumber dari aktifitas degradasi sampah organik dan pernyataan Rashida (2015) bahwa, Sumber utama Cu di perairan pesisir adalah cat antifouling dan logam ini masuk ke badan air melalui limbah industri mengandung CuSO<sub>4</sub> yang digunakan dalam pelapisan logam dan juga aktivitas penangkapan ikan.

Konsentrasi logam berat dalam sedimen dapat dilihat pada Tabel 3 konsentrasi tertinggi pada stasiun 2 dengan konsentrasi 38,433 ppm dan terendah pada stasiun 4 sebesar 26,634ppm. Tingginya konsentrasi logam berat Cu di sedimen dibandingkan dengan variabel lainnya disebabkan oleh sifat akumulatif dengan jangka waktu yang lama dan terus menerus, sedimen memiliki sifat relatif menetap dan tidak bergerak sehingga kadar logam berat yang terkonsentrasi dalam sedimen dapat lebih tinggi (Falah *et al.*, 2018) yang diperkuat oleh pernyataan Gawad (2018) dimana konsentrasi sedimen yang tinggi disebabkan oleh peran sedimen sebagai penyimpanan bagi semua polutan di dalam perairan.

**Tabel 1** Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Perairan

Stasiun	pH	DO(mg)	Salinitas(mg/l)	Suhu(°C)	BOD (mg/L)	COD(mg/L)
1	7,3	8,8	35	27,7	417,47	1346,67
2	7,46	8,5	34	28,7	416,43	1343,33
3	7,27	8,3	34	29,9	398,87	1286,67
4	7,28	8	35	31,4	958,93	3093,33
Rata Rata	7,33	8,4	34,5	29,425	547,925	1767,500
Baku mutu	7-8,5*	>5*	33-34	28-32	20	

Keterangan \*) Berdasarkan PP No 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

**Tabel 2** Konsentrasi logam berat Tembaga dan Seng dalam air (mg/l)

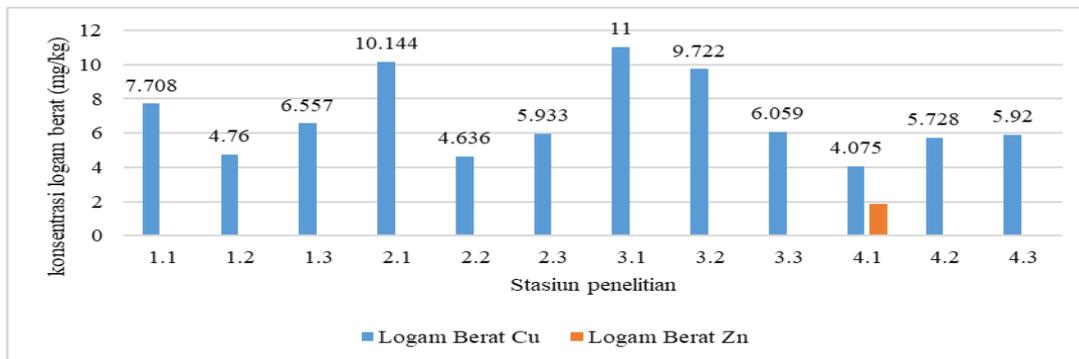
Stasiun	Cu	Zn
1	0,06	0,0005
2	0,09	0,0005
3	0,126	0,0005
4	0,151	0,0005
Baku mutu*	0,008	0,05

Keterangan \*) Berdasarkan PP No 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

**Tabel 3** Konsentrasi Logam Berat Dalam Sedimen(mg/l)

Stasiun	Cu	Zn
1	29,875	0,0005
2	38,433	0,0005
3	31,165	0,0005
4	26,634	0,0005
Baku Mutu*	65	200

Keterangan:\* berdasarkan *toxicant default guideline values for sediment quality, Australian Government Initiative*

**Gambar 2** Konsentrasi logam berat *Perna viridis*

Konsentrasi logam berat dalam kerang hijau tersaji dalam Gambar 2 Berdasarkan FAO (2011) Batas maksimum cemaran logam berat tembaga dalam kerang sebesar 1mg/kg, hal tersebut menandakan bahwa konsentrasi logam berat pada kerang hijau di Tambak Lorok

sudah melebihi batas maka selanjutnya dapat dihitung batas aman konsumsi kerang hijau. Menurut Rashida (2015) bahwa konsentrasi logam berat yang terakumulasi oleh organisme laut adalah tidak hanya tergantung pada kualitas air tetapi juga faktor musiman, suhu,

salinitas, diet atau asupan makanan, pemijahan dan variasi individu.

#### **Logam Berat Seng (Zn)**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa konsentrasi logam berat seng tidak terdeteksi oleh alat atau rendah pada lokasi penelitian. Konsentrasi logam berat seng dalam penelitian ini dibawah ambang batas alat yang digunakan yaitu sebesar 0,001 mg/l. Menurut Gilliom dan Helsel, 1986 dalam Shin dan Lam, (2001) jika suatu variabel memiliki nilai di bawah batas deteksi alat, maka nilainya diganti dengan setengah dari nilai batas deteksi itu. Berdasarkan hal tersebut maka konsentrasi logam berat Zn yang terkandung dalam air adalah 0,0005 mg/l. Rendahnya konsentrasi logam berat seng dalam perairan karena adanya logam berat lain yang bersifat kompetitif terhadap logam berat seng.

Menurut Hidayanti (2019) bahwa interaksi yang terjadi antara logam Cd dan Zn adalah interaksi kompetitif sehingga apabila kadar Zn rendah maka kadar Cd lebih tinggi dan semakin bersifat toksik. Berdasarkan penelitian logam berat kadmium (Cd) pada kerang darah (*Anadara granosa*) di Tambak Lorok yang dilakukan oleh Satriawan *et al.*, (2021) pada bulan Maret, Juni, Juli dan Agustus 2020 memiliki konsentrasi berturut turut sebesar 0,280 mg/kg, 0,514 mg/kg, 0,430 mg/kg dan 1,649 mg/kg. Konsentrasi logam berat kadmium pada bulan Agustus lebih tinggi dibandingkan dengan bulan lainnya, dan sudah melebihi bakumutu yaitu 1mg/kg (SNI No 7387 tahun 2009). Tingginya konsentrasi logam berat kadmium pada bulan Agustus 2020 memungkinkan salah satu faktor rendahnya nilai konsentrasi seng di bulan November 2020.

**Tabel 3** Bioakumulasi Organisme-Air

Stasiun	Nilai BCF o- w Cu
1	105,694
2	76,715
3	71,696
4	34,709
Rata Rata	72,203

**Tabel 4** Bioakumulasi Organisme-Sedimen

Titik Pengambilan Sampel	Nilai BCF o-s Cu
1	0,212
2	0,180
3	0,290
4	0,197
Rata rata	0,220

Pada stasiun 4 terdeteksi terdapat kandungan logam berat seng sebesar 1,889 mg/L pada kerang hijau. Ketersediaan logam berat seng dalam kerang hijau ini juga dapat disebabkan karena pada kerang hijau merupakan filter feeder dan juga sebagai konsumen tingkat akhir sehingga konsentrasi logam berat

pada perairan dapat terdeteksi didalamnya. Menurut Mulyani *et al.*, (2016) bahwa perpindahan logam berat dapat terjadi melalui rantai makanan, sehingga semakin tinggi tingkatan piramida maka semakin berpotensi adanya perpindahan logam berat tersebut.

Faktor lain yang menyebabkan tidak terdeteksinya logam berat seng dikarenakan alat yang digunakan dalam pengukuran logam berat merupakan AAS Nyala atau *flame AAS* yang memiliki tingkat kesensitifan yang rendah dibandingkan dengan *Inductively Coupled Plasma* (ICP) ataupun

*Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrofotometry* (GF AAS yang mampu mendeteksi hingga satuan  $\mu\text{g/L}$  sedangkan ambang batas bawah alat AAS nyala hanya sampai 0,001 ppm (Ketrin, 2015).

**Tabel 5** Perhitungan Batas Aman Konsumsi Logam Berat Tembaga Pada Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Dalam Seminggu (Berat Badan 40kg)

Stasiun	Pengulangan	Konsentrasi Cu(mg/kg)	PTWI (mg/kg)	Nilai MWI (mg/minggu)	Nilai MTI (mg/minggu)
1	Kecil	7.708	3.5	140	18.163
	sedang	4.760	3.5	140	29.412
	Besar	6.557	3.5	140	21.351
	<b>Rata rata</b>	<b>6.342</b>	<b>3.5</b>	<b>140</b>	<b>22.075</b>
2	Kecil	10.144	3.5	140	13.801
	sedang	4.636	3.5	140	30.198
	besar	5.933	3.5	140	23.597
	<b>Rata rata</b>	<b>6.904</b>	<b>3.5</b>	<b>140</b>	<b>20.278</b>
3	kecil	11.000	3.5	140	12.727
	sedang	9.722	3.5	140	14.400
	besar	6.059	3.5	140	23.106
	<b>Rata rata</b>	<b>8.927</b>	<b>3.5</b>	<b>140</b>	<b>15.683</b>
4	Kecil	4.075	3.5	140	34.356
	Sedang	5.728	3.5	140	24.441
	Besar	5.920	3.5	140	23.649
	<b>Rata rata</b>	<b>5.241</b>	<b>3.5</b>	<b>140</b>	<b>26.712</b>

**Tabel 6** Perhitungan Batas Aman Konsumsi Logam Berat Tembaga Pada Kerang Hijau Dalam Seminggu Di Tambak Lorok (Berat Badan 60 Kg)

Stasiun	Pengulangan	Konsentrasi Cu(mg/kg)	PTWI (mg/kg)	Nilai MWI (mg/minggu)	Nilai MTI (mg/minggu)
1	Kecil	7.708	3.5	210	27.244
	sedang	4.76	3.5	210	44.118
	Besar	6.557	3.5	210	32.027
	<b>Rata rata</b>	<b>6.342</b>	<b>3.5</b>	<b>210</b>	<b>33.114</b>
2	Kecil	10.144	3.5	210	20.702
	sedang	4.636	3.5	210	45.298
	besar	5.933	3.5	210	35.395
	<b>Rata rata</b>	<b>6.904</b>	<b>3.5</b>	<b>210</b>	<b>30.416</b>
3	kecil	11	3.5	210	19.091
	sedang	9.722	3.5	210	21.6
	besar	6.059	3.5	210	34.659
	<b>Rata rata</b>	<b>8.927</b>	<b>3.5</b>	<b>210</b>	<b>23.524</b>
4	Kecil	4.075	3.5	210	51.534
	Sedang	5.728	3.5	210	36.662
	Besar	5.92	3.5	210	35.473
	<b>Rata rata</b>	<b>5.241</b>	<b>3.5</b>	<b>210</b>	<b>40.069</b>

Perhitungan BCF tersaji pada Tabel 2 dan 3 ,diketahui nilai BCF pada air-organisme lebih tinggi dibandingkan dengan sedimen-organisme. Hal ini

menunjukkan bahwa konsentrasu logam berat yang terkandung dalam kerang hijau dipengaruhi oleh air dibandingkan dengan organisme. Kerang hijau

memiliki cara makan *filter feeder* dimana ia mendapatkan makanan dengan cara menyaring.

Nilai BCF pada air-kerang hijau memiliki kisaran 34-105, nilai diatas 100 menunjukkan bahwa kerang hijau pada lokasi tersebut bersifat akumulatif yang sedang (Amriarni *et al.*, 2012). Batas aman konsumsi pada kerang hijau pada anak-anak dan dewasa dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6. Menurut Cahyani *et al.* (2016) batas aman konsumsi ditentukan dengan mengambil nilai terkecil yaitu untuk bobot badan 40 kg sebesar 15.683 mg/minggu dan untuk dewasa sebesar 23.524 mg/minggu. Adapun dampak buruk yang ditimbulkan akibat mengkonsumsi kerang hijau menurut Dewi *et al.*, (2018) yaitu adanya mual, penyakit kuning, hipertensi, darah dalam urin, diare, gangguan ginjal, koma hingga kematian.

Berdasarkan analisis konsentrasi logam berat pada laboratorium, konsentrasi logam berat tembaga pada kerang kecil memiliki kisaran konsentrasi 4 – 11 ppm, kerang yang berukuran sedang memiliki kisaran konsentrasi 4 – 9 ppm dan kerang yang berukuran besar memiliki konsentrasi 5- 6 ppm logam berat tembaga didalam jaringan lunak kerang tersebut. Perbedaan kandungan konsentrasi logam berat terutama pada kerang yang berukuran kecil (2- 3 cm) memiliki kandungan logam berat tembaga yang lebih tinggi dibandingkan dengan kerang yang memiliki ukuran sedang (5- 10cm) dan kerang yang memiliki ukuran besar (< 10cm) menurut Xu *et al.*, (2021) bahwa kerang yang berukuran kecil mampu mencapai efisiensi pengurangan (*removal efficiency*) namun memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan kerang yang berukuran besar.

Hasil yang diperoleh pada lapangan memiliki perbedaan dengan hasil secara statistika, dimana pada statistika menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan yang signifikan. Hal ini juga terjadi pada penelitian yang dilakukan Putri *et al.*, (2012) di Teluk Jakarta bahwa variasi dalam metabolisme logam berat dalam jaringan lunak kerang hijau dapat disebabkan oleh ukuran kerang namun hasil yang berbeda secara statistika bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara ukuran tubuh dengan konsentrasi logam berat yang masuk.

## SIMPULAN

Konsentrasi logam berat tembaga tertinggi pada penelitian ini yaitu terdapat pada konsentrasi sedimen pada stasiun 2 sebesar 38,433 mg/l. Konsentrasi logam berat pada air tertinggi pada stasiun 3 dengan nilai 0,151 mg/l, konsentrasi logam berat pada kerang tertinggi pada stasiun ketiga dengan rata-rata 9 mg/l. Logam berat Seng dalam penelitian ini memiliki nilai dibawah batas ambang alat 0,0001 mg/l sehingga konsentrasi logam berat seng tidak dapat terdeteksi. Tingkat bioakumulasi kerang hijau di perairan tambak lorok Semarang yaitu termasuk kedalam kategori rendah- sedang yaitu berkisar antara 34-105. Batas aman konsumsi kerang hijau di perairan Tambak Lorok untuk bobot badan 40 kg sebesar 15.683 mg/minggu dan bobot badan 60 kg sebesar 23.524 mg/minggu sehingga perlu adanya sosialisasi tentang batas aman konsumsi kerang hijau kepada masyarakat. Berdasarkan uji One way ANOVA disimpulkan bahwa tidak adanya pengaruh yang signifikan antara

ukuran kerang dengan penyerapan logam berat tembaga (Cu).

**Acknowledgements** Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Undip atas bantuan dana penelitiannya Tahun Anggaran 2020, hibah Nomor: 019/UN7.5.10.2/PP/2020 sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

## PUSTAKA

- Amriarni, A., Hendrarto, B., dan Hadiyarto, A. (2012). Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (Anadara Granosa L.) Dan Kerang Bakau (Polymesoda Bengalensis L.) Di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 9(2). <https://doi.org/10.14710/jil.9.2.45-50>
- Andrew, S. T. O. S., Siregar, Y. I., dan Efriyeldi. (2014). Kandungan Logam Berat Pb, Cu, Zn pada Daging dan Cangkang Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Balai Asahan. *Jurnal Online Mahasiswa : Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan*, 1(2), 1-11
- Arjuna, ., Armid, A., dan Takwir, A. (2020). Distribusi Logam Berat Cu Pada Air Laut Permukaan Di Perairan Teluk Staring Sulawesi Tenggara. *Jurnal Sapa Laut (Jurnal Ilmu Kelautan)*, 4(4), 225. <https://doi.org/10.33772/jsl.v4i4.10770>
- 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.
- Astuti, Y. S. D. L. P., Dan Lismining, P. (2018). Respon Oksigen Terlarut Terhadap Pencemaran Dan Pengaruhnya Terhadap Keberadaan Sumber Daya Ikan Di Sungai Citarum Dissolved Oxygen Response Againsts Pollution And The Influence Of Fish Resources Existence In Citarum River. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 203
- Atima, W. (2015). BOD Dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah. *Biosel: Biology Science And Education*, 4(1), 83-93
- Cahyani, N. (2016). Kandungan Logam Berat Pb, Hg, Cd, dan Cu pada Daging Ikan Rejung (*Sillago sihama*) di Estuari Sungai Donan, Segara Anakan Timur, Cilacap, Jawa Tengah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(3):267-276
- Dewi, M. A., Suprpto, D., dan Rudiyananti, S. (2018). Kadar Logam Berat Tembaga (Cu), Kromium (Cr) Pada Sedimen Dan Jaringan Lunak Anadara Granosa Di Perairan Tambak Lorok Semarang. *Management Of Aquatic Resources Journal (Maquares)*, 6(3). <https://doi.org/10.14710/marj.v6i3.20575>
- Fama, A. (2016). Komunitas Masyarakat Pesisir Di Tambak Lorok, Semarang. *Komunitas Masyarakat Pesisir Di Tambak Lorok, Semarang*, 11(2). <https://doi.org/10.14710/sabda.v>

- 11i2.16047
- Falah, S., Purnomo, P. W., dan Suryanto, A. (2018). Analisis logam berat Cu dan Pb pada air dan sedimen dengan kerang hijau (*P. Viridis*) di Perairan Morosari Kabupaten Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 7(2), 222-226.
- Febrianto, S., dan Latifah, N. (2017). Pemetaan Pola Sebaran Total Suspended Solid (Tss) Di Perairan Teluk Semarang Menggunakan Citra Satelit Landsat 7 Etm Dan Landsat 8. *Jurnal Harpodon Borneo*, 10(1).
- Filipus, R. A., Purwiyanto, A. I. S., dan Agustriani, F. (2018). Bioakumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) pada Kerang darah (*Anadara granosa*) di Perairan Muara Sungai Lumpur Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan. *Maspari Journal: Marine Science Research*, 10(2), 131-140.
- Gawad, S. S. A. (2018). Concentrations of heavy metals in water, sediment and mollusk gastropod, *Lanistes carinatus* from Lake Manzala, Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44(2), 77-82
- Hamuna, B., Tanjung, R. H., dan MAury, H. (2018). Kajian kualitas air laut dan indeks pencemaran berdasarkan parameter fisika-kimia di perairan Distrik Depapre, Jayapura. Tengah). *Metode Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4 (1)
- <https://www.fao.org> diakses pada Oktober 2021
- <https://www.waterquality.gov.au/anz-guidelines/guideline-values/default/water-quality-toxicants/toxicants> diakses pada Oktober 2021
- Judah, D., Kalangie, M., Widowati, I., dan Suprijanto, J. (2018). Kandungan Seng ( Zn ) Dalam Air , Sedimen Dan Kerang Darah ( *Anadara Granosa L* ) Di Perairan Tambaklorok Semarang. 7(1), 49–58.
- Kang, M., Tian, Y., Peng, S., dan Wang, M. (2019). Effect of dissolved oxygen and nutrient levels on heavy metal contents and fractions in river surface sediments. *Science of the total environment*, 648, 861-870.
- Karar, S., Hazra, S., dan Das, S. (2019). Assessment of the heavy metal accumulation in the Blue Swimmer Crab (*Portunus pelagicus*), northern Bay of Bengal: Role of salinity. *Marine pollution bulletin*, 143, 101-108.
- Ketrin, R. (2015). Evaluasi penggunaan chemical modifier pada analisis logam dan semi logam dengan graphite furnace Atomic Absorption Spectrometry. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 17(2), 163-173.
- Naja, M. G. N., Izzati, M., Dan Har-yanti, S. (2019). Kandungan Ca, Cu, dan Pb pada Berbagai Produk Olahan Rumput Laut *Gracillaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss dari Tambak Lorok, Semarang. *Buletin Anatomi dan Fisiologi (Bulletin of Anatomy and Physiology)*, 4(1), 13-20.
- Hidayanti, Kharisma. 2019. Distribusi Logam Berat Pada Air Dan Sedi-men Serta Potensi Bioakumulasi Pada Ikan Akibat Penambangan Emas Tanpa Izin (Studi Kasus :DAS Sekonyer, Kalimantan

- Nisa, C., Irawati, U., dan Sunardi, S. (2013). Model Adsorpsi Timbal (Pb) Dan Seng (Zn) Dalam Sistem Air-sedimen Di Waduk Riam Kanan Kalimantan Selatan. *Konversi*, 2(1), 7-14.
- Patty, S. I. (2013). Distribusi suhu, salinitas dan oksigen terlarut di Perairan Kema, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(3).
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Baku Mutu
- Putra, A. Y., dan Yulia, P. A. R. (2019). Kajian Kualitas Air Tanah Ditinjau dari Parameter pH, Nilai COD dan BOD pada Desa Teluk Nilap Kecamatan Kubu Babussalam Rokan Hilir Provinsi Riau. *Jurnal Riset Kimia*, 10(2), 103–109. <https://doi.org/10.25077/jrk.v10i2.337>
- Putri, L. S. E., Prasetyo, A. D dan Z. Arifin. 2012. *Green Mussels (Perna Viridis) As Bioindicator Of Heavy Metal Pollution At Kamal Estuary, Jakarta Bay, Indonesia*. *Journal Environment Research And Development*, 6(3): 01-08
- Purbonegoro, T. (2018). Potensi Bivalvia Sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Di Wilayah Pesisir. *Oseana*, 43(3). <https://doi.org/10.14203/Oseana>
- Pratiwi, D., Suswati, I., dan Abdullah, M. 2013. Efek Antibakteri Ekstrak Kulit Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) Terhadap *Salmonella typhi* Secara In Vitro. *Saintika Medika*, 9(2), 110-115
- Rahardja, B. S. (2021). Studi Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Pada Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Di Wilayah Ngemboh, Gresik Dan Ppdi Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong, Lamongan, Jawa-timur. *Marinade*, 4(01). <https://doi.org/10.31629/Marinade.V4i1.3408>
- Rashida, Q., Olufemi, A., Rana, M., dan Rahim, A. A. (2015). Seasonal Variation in Occurrence of Heavy Metals in *Perna Viridis* from Manora Channel of Karachi, Arabian Sea. *International Journal of Marine Science*, 5.
- Riyadi, A. (2005). Kajian Kualitas Perairan Laut Kota Semarang dan Kelayakannya Untuk Budidaya Laut. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 6(3)
- Rozi, A., dan Ukhty, N. (2021). Karakteristik Tepung Tulang Ikan Tuna Sirip Kuning (*Thunnus albacares*) Sebagai Sumber Kalsium dengan Perlakuan Suhu Pengeringan Yang Berbeda. *Jurnal Fishtech*, 10(1), 25-34.
- Sara, P. S., Astono, W., dan Hendrawan, D. I. (2018, October). Kajian kualitas air di sungai ciliwung dengan parameter BOD dan COD. In *Prosiding Seminar Nasional Cendekawan* (pp. 591-597).
- Sari, S. H. J., Kirana, J. F. A., dan Guntur, G. (2017). Analisis Kandungan Logam Berat Hg dan Cu Terlarut di Perairan Pesisir Wonorejo, Pantai Timur Surabaya. *Jurnal Pendidikan Geografi: Kajian, Teori, dan Praktek dalam Bidang Pendidikan dan Ilmu Geografi*, 22(1), 1-9.
- Satriawan, E. F., Widowati, I., dan Suprijanto, J. (2021). Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd) dalam Kerang Darah (*Anadara granosa*) yang Didaratkan di Tambak Lorok Semarang. *Journal of Marine Research*, 10(3), 437-445.

- Sidabutar, E. A., Sartimbul, A., dan Handayani, M. (2019). Distribusi suhu, salinitas dan oksigen terlarut terhadap kedalaman di Perairan Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 3(1), 46-52.
- Suci, A. (2021). Penentuan Kandungan Logam Berat Cu Dan Zn Pada Sampel Air Limbah Kelapa Sawit Dengan Metode Aas (Atomic Absorption Spectrophotometry). *Penentuan Kandungan Logam Berat Cu Dan Zn Pada Sampel Air Limbah Kelapa Sawit Dengan Metode Aas (Atomic Absorption Spectrophotometry)*.
- Supriyantini, E., dan 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). <https://doi.org/10.14710/Jkt.V18i1.512>
- Tamyiz, M. (2015). Perbandingan rasio BOD/COD pada area tambak di hulu dan hilir terhadap biodegradabilitas bahan organik. *Journal of Research and Technology*, 1(1), 9-15.
- Temmy, T., Anggoro, S., dan Widyo-rini, N. (2018). Tingkat Kerja Osmotik Dan Pertumbuhan Kerang Hijau *Perna Viridis* Yang Dikultivasi Di Perairan Tambak Lorok Semarang. *Management Of Aquatic Resources Journal (Maquares)*, 6(2). <https://doi.org/10.14710/Marj.V6i2.19825>
- 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). <https://doi.org/10.14710/Marj.V6i3.20573>
- Yolanda, D. S., Prariono, T., Koropitan, A. F., Hartanto, M. T., Lestari, dan Lubis, M. R. K. (2019). Partisi Kimiawi Cu Dan Fe Pada Sedimen Permukaan Di Pesisir Timur Dan Barat Sumatra Utara. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(2). <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i2.24057>
- Xu, Z., Valeo, C., Chu, A., & Zhao, Y. (2021). The Efficacy of Whole Oyster Shells for Removing Copper, Zinc, Chromium, and Cadmium Heavy Metal Ions from Stormwater. *Sustainability*, 13(8), 4184
- Yulis, P. A. R. (2018). Analisis kadar logam merkuri (Hg) dan (Pb) air Sungai Kuantan terdampak penambangan emas tanpa izin (PETI). *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*, 2(1), 28-36.
- Kontribusi penulis:** Difa, J. N: Mengambil data di lapangan, analisis data; Muskananfola, M. R. : Mengambil data di lapangan, analisis data, menulis manuskrip; dan A'in, C : Merangkum dan menulis pembahasan

