

**Tingkat Pencemaran dan Akumulasi Timbal pada Kerang Hijau
(*Perna viridis*) serta Implikasi Risiko Kesehatan bagi Masyarakat
di Kawasan Pantai Tambak Lorok, Semarang**

SKRIPSI



**Kristogonus Gale Pitang
31200385**

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2024**

Tingkat Pencemaran dan Akumulasi Timbal pada Kerang Hijau
(*Perna viridis*) serta Implikasi Risiko Kesehatan bagi Masyarakat di
Kawasan Pantai Tambak Lorok, Semarang
Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi

Universitas Kristen Duta Wacana



Kristogonus Gale Pitang

31200385

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2024**

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI/TESIS/DISERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kristogonus Gale Pitang
NIM : 31200385
Program studi : Biologi
Fakultas : Bioteknologi
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

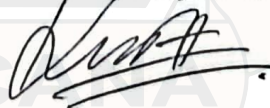
“TINGKAT PENCEMARAN DAN AKUMULASI TIMBAL PADA KERANG HIJAU (*Perna viridis*) SERTA IMPLIKASI RISIKO KESEHATAN BAGI MASYARAKAT DI KAWASAN PANTAI TAMBAK LOROK, SEMARANG”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta
Pada Tanggal : 5 September 2024

Yang menyatakan



(Kristogonus Gale Pitang)

NIM.31200385

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Skripsi dengan judul :

**TINGKAT PENCEMARAN DAN AKUMULASI TIMBAL PADA
KERANG HIJAU (*Perna viridis*) SERTA IMPLIKASI RISIKO
KESEHATAN BAGI MASYARAKAT DI KAWASAN PANTAI TAMBAK
LOROK, SEMARANG**

Telah diajukan dan dipertahankan oleh :

KRISTOGONUS GALE PITANG

31200385

Dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi

Fakultas Bioteknologi

Universitas Kristen Duta Wacana

Dan dinyatakan DITERIMA untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Sains Pada Tanggal 28 Agustus 2024

Nama Dosen

1. Prof. Dr . Suwarno Hadisusanto, S.U.
(Ketua Tim Penguji)
2. Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes.
(Dosen Pembimbing I/Dosen Penguji)
3. Drs. Kisworo, M.Sc.
(Dosen Pembimbing II/Dosen Penguji)

Tanda Tangan



Yogyakarta, 12 September 2024

Disahkan oleh :

Dekan,

Ketua Program Studi,



Dr. Charis Amaranitini, M.Si.
NIK: 914 E 155



Dwi Aditiyarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.
NIK: 214 E 556

LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI

Judul Skripsi : Tingkat Pencemaran dan Akumulasi Timbal pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) serta Implikasi Risiko Kesehatan bagi Masyarakat di Kawasan Pantai Tambak Lorok, Semarang

Nama Mahasiswa : Kristogonus Gale Pitang

Nomor Induk Mahasiswa : 31200385

Pembimbing I : Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes.

Pembimbing II : Drs. Kisworo, M.Sc.

Hari/ Tanggal Ujian : Rabu, 28 Agustus 2024

Disetujui oleh :

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes.
NIK: 904 E 131


Drs. Kisworo, M.Sc.
NIK: 874 E 054

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi,


Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.

NIK: 214 E 556

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Kristogonus Gale Pitang

NIM : 31200385

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

“Tingkat Pencemaran dan Akumulasi Timbal pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) serta Implikasi Risiko Kesehatan bagi Masyarakat di Kawasan Pantai Tambak Lorok, Semarang”

Adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu di dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 5 September 2024



Kristogonus Gale Pitang
NIM: 31200385

KATA PENGANTAR

Puji Syukur dipanjatkan penulis kepada Tuhan Yesus karena kasih karunia-Nya telah memampukan penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Tingkat Pencemaran dan Akumulasi Timbal pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) serta Implikasi Risiko Kesehatan bagi Masyarakat di Kawasan Pantai Tambak Lorok, Semarang”. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar serjana bagi mahasiswa Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta.

Selama mengerjakan skripsi ini, penulis telah memperoleh banyak arahan serta dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Charis Amarantini, M.Si., sebagai Dekan Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta.
2. Dwi Aditiyarini, S.Si., M.Si., M.Biotech., sebagai ketua Prodi Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta.
3. Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes. dan Drs. Kisworo, M.Sc., sebagai dosen pembimbing pertama dan kedua yang selalu mengarahkan dan membantu saya dengan sabar dalam menyelesaikan tugas skripsi ini.
4. Ester Yuan Rahayu, S.Si. dan Arga Nugroho, S.Si., sebagai pihak laboran yang membantu dalam proses penyiapan alat dan bahan yang diperlukan selama proses penelitian.
5. Kepada Ernesta Leha sebagai ibu tercinta, yang senantiasa mendukung saya baik dalam spiritual dan material selama proses pengerjaan skripsi ini berlangsung.
6. Kepada Keluarga Besar Leha yang juga senantiasa mendukung saya, selama pengerjaan skripsi ini, terkhususnya Vicky Mone dan kaka Umbu Hobang, juga adik Ningsih serta om Stucher.
7. Teman-teman Bioteknologi 2020 yang senantiasa memberi semangat, juga terkhususnya rekan Enggar Kurniasandy, Siska L. Febi, Sargio Napa, dan Aaron L. Hurulean yang ikut turun ke dalam lapangan selama proses penelitian

Penulis menyadari terkait banyaknya kekurangan dalam penulisan skripsi ini, sehingga penulis memerlukan adanya saran dan kritik yang membangun. Akhir kata penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi setiap pihak yang membutuhkan.

Yogyakarta, 9 Agustus 2024

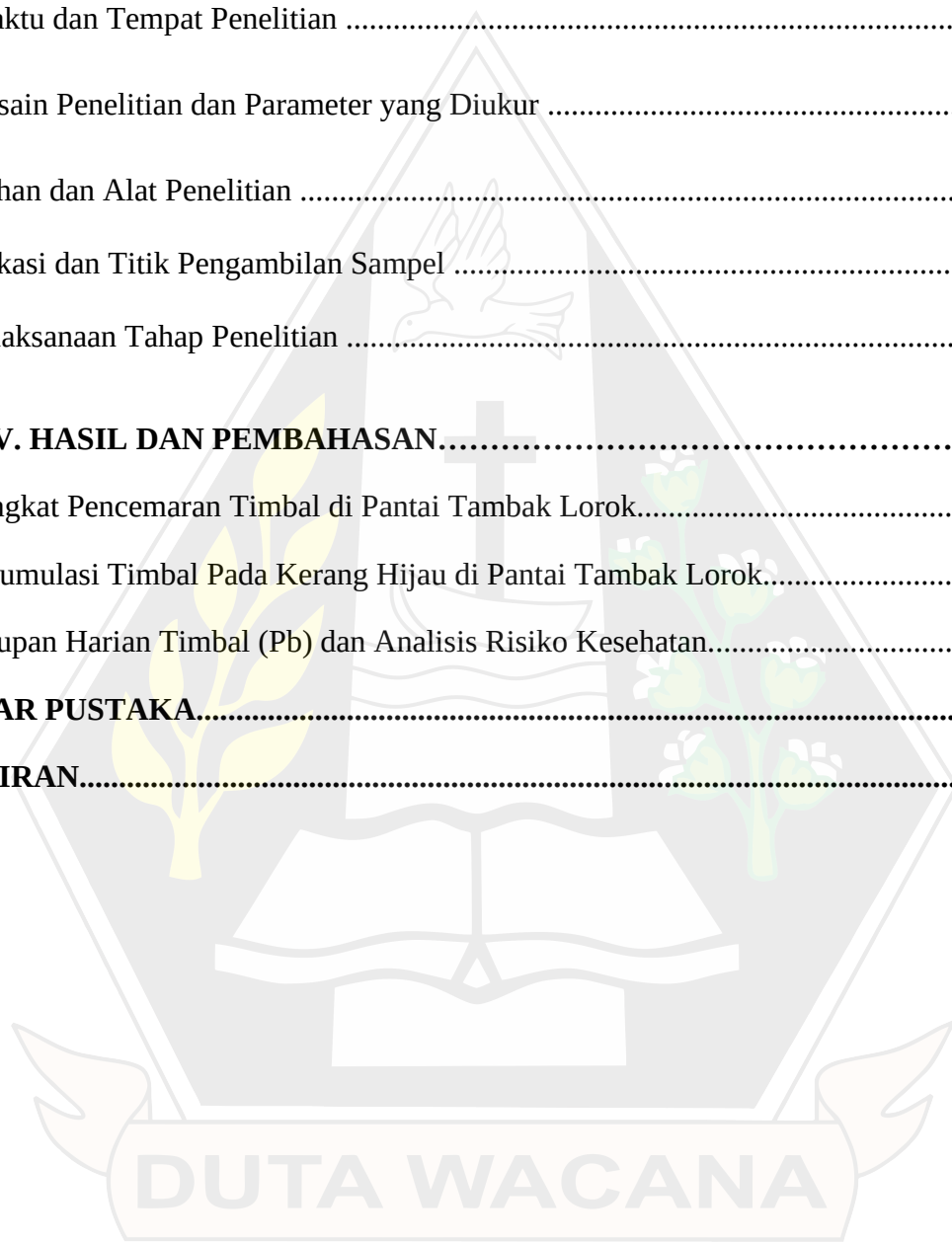
Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL DEPAN.....	i
HALAMAN JUDUL BAGIAN DALAM.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Pantai Tambak Lorok dan Sumber Pencemaran	4
2.2. Karakteristik dan Pola Distribusi Logam Berat Timbal	4
2.3. Kerang Hijau	6
2.4. Akumulasi Timbal (Pb) Pada Kerang Hijau	7
2.5. Pengaruh Cemaran Timbal Terhadap Kerang Hijau	8
2.6 Faktor Akumulasi Pb pada Kerang Hijau	9

2.7. Risiko Kesehatan	10
BAB III. METODE PENELITIAN.....	13
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2. Desain Penelitian dan Parameter yang Diukur	13
3.3. Bahan dan Alat Penelitian	13
3.4. Lokasi dan Titik Pengambilan Sampel	14
3.5. Pelaksanaan Tahap Penelitian	14
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1. Tingkat Pencemaran Timbal di Pantai Tambak Lorok.....	21
4.2. Akumulasi Timbal Pada Kerang Hijau di Pantai Tambak Lorok.....	25
4.3. Asupan Harian Timbal (Pb) dan Analisis Risiko Kesehatan.....	29
DAFTAR PUSTAKA.....	34
LAMPIRAN.....	40



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Konsentrasi Pb pada Air dan Kerang	19
Tabel 2. Rerata Berat, Ukuran, Bioconcentration Factor (BCF) dan Akumulasi Timbal.....	23
Tabel 3. Batas Maksimal Asupan Logam Berat yang Aman Dikonsumsi Per Minggu.....	26
Tabel 4. Nilai Daily Intake, ECR dan RQ.....	27



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta lokasi titik sampling Pantai Tambak Lorok	13
--	----



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses Pengambilan Sampel dan Proses Ekstraksi	38
Lampiran 2. Langkah Perhitungan Nilai MTI dan MWI	39
Lampiran 3. Perhitungan Nilai DI, Karsinogenik (ECR) dan Non-Karsinogenik (RQ)	39
Lampiran 4. Dokumentasi Pengukuran Panjang, Lebar, dan Berat Kerang Hijau	41
Lampiran 5. Uji Statistik Menggunakan One Way Anova	42
Lampiran 6. Hasil Analisis Timbal dari Laboratorium UGM	43



**Tingkat Pencemaran dan Akumulasi Timbal pada Kerang Hijau
(*Perna viridis*) serta Implikasi Risiko Kesehatan bagi Masyarakat di
Kawasan Pantai Tambak Lorok, Semarang**

ABSTRAK

KRISTOGONUS GALE PITANG
31200385

Pantai Tambak Lorok, yang terletak di bagian utara kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, merupakan kawasan pesisir yang berfungsi sebagai pemukiman, tambak, dan perdagangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil pencemaran dan akumulasi logam berat timbal (Pb) pada kerang hijau serta menganalisis risiko kesehatannya. Penelitian dilakukan di 9 titik lokasi di Pantai Tambak Lorok dengan mengambil sampel air dan kerang hijau (*Perna viridis*). Analisis logam timbal pada sampel dilakukan menggunakan *Atomic Absorption Spectrometer* (AAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi timbal rata-rata pada air adalah 0,01 mg/l dan pada kerang hijau adalah 0,0195 mg/kg. Distribusi timbal terbesar ditemukan pada kerang hijau dibandingkan dengan air. Berdasarkan nilai faktor biokonsetrasi, kerang hijau dikategorikan sebagai akumulator rendah. Konsentrasi timbal pada kerang hijau masih berada di bawah standar baku mutu yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional tahun 2009, yaitu sebesar 1,5 mg/kg. Analisis risiko kesehatan menunjukkan nilai *Excess Cancer Risk* (ECR) rata-rata sebesar $4,35 \times 10^{-7}$, yang masih di bawah batas aman 10^{-6} , serta nilai *Risk Quotient* (RQ) sebesar 0,0056 mg/kg/hari, yang juga berada di bawah ambang batas aman ($RQ < 1$).

Kata Kunci : Akumulasi, Kerang Hijau, Tambak Lorok, Timbal

Levels of Pollution and Accumulation of Lead (Pb) in Green Mussels (*Perna viridis*) and Health Risk Implications for the Community in the Tambak Lorok Beach Area of Semarang

ABSTRACT

KRISTOGONUS GALE PITANG
31200385

*Tambak Lorok Beach, located in the northern part of Semarang city, Central Java, Indonesia, is a coastal area that serves as a residential, aquaculture, and trade area. This study aims to determine the profile of pollution and accumulation of heavy metal lead (Pb) in green mussels and to analyze the health risks. The research was conducted at 9 locations in Tambak Lorok Beach by taking water and green mussel (*Perna viridis*) samples. Lead metal analysis in the samples was carried out using an Atomic Absorption Spectrometer (AAS). The results showed that the average lead concentration in water was 0.01 mg/l and in green mussels was 0.0195 mg/kg. The largest distribution of lead was found in green mussels compared to water. Based on the bioconcentration factor value, green mussels are categorized as low accumulators. The lead concentration in green mussels is still below the quality standard set by the National Standardization Agency in 2009, which is 1.5 mg/kg. Health risk analysis shows an average Excess Cancer Risk (ECR) value of 4.35×10^{-7} , which is still below the safe limit of 10^{-6} , and a Risk Quotient (RQ) value of 0.0056 mg/kg/day, which is also below the safe threshold ($RQ < 1$).*

Keywords: Accumulation, Green Mussel, Tambak Lorok, Lead

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pantai adalah tempat di mana pertemuan antara daratan dan lautan atau perairan terjadi. Pantai terdiri dari garis pantai yang terdiri dari berbagai bahan seperti pasir, kerikil, batu, karang, tanah, vegetasi pantai, dan air laut. Selain itu, pantai juga merupakan tempat tinggal bagi berbagai makhluk hidup (Dimitra dan Yuliastuti, 2012). Tidak mengherankan bahwa pantai merupakan salah satu sumber kebutuhan manusia, khususnya dalam hal makanan. Akibatnya, kondisi dan kualitas pantai yang mendukung kebutuhan manusia diperlukan. Masyarakat lokal sangat bergantung pada pantai, seperti yang terjadi di Pantai Tambak Lorok Semarang, Jawa Tengah. Hal ini menjadi sumber kebutuhan hidup, terutama yang berkaitan dengan ekonomi, karena wilayah ini dihuni oleh banyak nelayan (Achmad, 2016). Meskipun demikian, seiring perkembangan dan kemajuan ekonomi, di sekitar pantai Tambak Lorok muncul aktivitas industri seperti pabrik pengolahan minyak dan gas, serta aktivitas logistik dari pelabuhan Tanjung Emas, dermaga Pertamina, dan PT. Pelabuhan Indonesia, yang terletak sekitar empat kilometer dari pantai Tambak Lorok (Dewi *et al.*, 2016).

Sungai Banjir Kanal Timur, yang bermuara langsung ke pantai ini, juga menjadi sumber pencemaran limbah dari berbagai aktivitas seperti permukiman, industri, pelabuhan, dan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), yang berdampak pada kualitas air (Usman *et al.*, 2013). Penurunan kualitas air ini dibuktikan melalui penelitian yang menemukan adanya kandungan logam timbal (Pb) dalam kerang di perairan Tambak Lorok. Seperti yang dijelaskan oleh Hapsari *et al.*, (2017) mencatat ditemukan rata-rata nilai kandungan logam timbal (Pb) sebesar 0,45 mg/kg pada kerang hijau (*Perna viridis*), dimana pada penelitiannya juga dilakukan analisis risiko kesehatan pada istri nelayan dari pantai Tambak Lorok, sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Prihati *et al.*, (2020) ditemukan nilai rata-rata kandungan timbal (Pb) pada jaringan lunak kerang batik (*Paphia undulata*) sebesar 5,469 mg/kg.

Kandungan logam berat timbal (Pb) tinggi karena sifatnya yang tidak terdegradasi dan kemampuan untuk terakumulasi dan teradsorpsi pada organisme (Puspita *et al.*, 2016). Kerang hijau (*Perna viridis*) dipilih sebagai bioindikator

karena kemampuan untuk mengakumulasi logam berat pada jaringan. (Belabed *et al.*, 2013). Selain itu juga karena daya jual dan konsumsi masyarakat yang tinggi, terutama sebagai makanan *seafood*, membuat hasil tangkapan kerang hijau sering diperjual belikan dan dikonsumsi oleh nelayan dan warga sekitar Pantai Tambak Lorok (Hapsari *et al.*, 2017), sehingga pada penelitian kali ini digunakan kerang hijau sebagai bioindikator. Dari yang dijelaskan oleh Gusnita, (2012), pengaruh dari adanya temuan nilai atau kandungan logam berat timbal (Pb) yang melebihi standar atau nilai tertentu dalam kerang hijau (*Perna viridis*) tentunya dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia. Oleh karena itu pada hasil penelitian ini sendiri harapannya dapat memberikan kontribusi keberlanjutan yang tentunya penting untuk peningkatan kualitas lingkungan, pengelolaan sumber daya laut, dan kesadaran masyarakat akan dampak kesehatan yang terkait dengan logam berat khususnya timbal (Pb).

1.2. Rumusan Masalah

- 1.2.1 Bagaimana tingkat cemaran logam berat timbal (Pb) pada sampel air dan kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan Pantai Tambak Lorok ?
- 1.2.2 Bagaimana akumulasi logam berat timbal pada sampel kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan Pantai Tambak Lorok ?
- 1.2.3 Bagaimana pola konsumsi kerang hijau dan adakah potensi resiko kesehatan dengan mengkonsumsi kerang hijau (*Perna viridis*) ?

1.3. Tujuan

- 1.3.1 Mengetahui tingkat cemaran logam berat timbal (Pb) pada sampel air, dan kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan Pantai Tambak Lorok.
- 1.3.2 Mengetahui akumulasi logam berat timbal (Pb) pada kerang hijau (*Perna viridis*) pada Pantai Tambak Lorok.
- 1.3.3 Mengetahui pola konsumsi kerang hijau dan potensi resiko kesehatannya dari mengkonsumsi kerang hijau (*Perna viridis*).

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini sangat bermanfaat karena memberikan data penting tentang tingkat pencemaran logam berat, terutama timbal (Pb), di perairan pantai Tambak Lorok. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pemerintah dan lembaga terkait untuk melakukan hal-hal yang lebih baik untuk melindungi lingkungan. Penggunaan kerang hijau (*Perna viridis*) sebagai bioindikator sangat penting untuk memahami penyebaran logam berat di ekosistem laut, sehingga dapat membantu pengelolaan sumber daya laut yang berkelanjutan dan kebijakan kesehatan masyarakat yang berkaitan dengan konsumsi *seafood*. Data yang diperoleh tentang kandungan timbal kerang hijau juga dapat memperingatkan tentang risiko kesehatan bagi yang mengonsumsi *seafood* di wilayah tersebut.



BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan Penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

- 5.1.1 Hasil pengujian menunjukkan tingkat konsentrasi timbal tertinggi pada kerang hijau di stasiun 1 sebesar 0,0334 mg/kg, stasiun 3 sebesar 0,0136 mg/kg, dan stasiun 2 sebesar 0,0117 mg/kg. Pada sampel air, konsentrasi timbal ditemukan sebesar 0,01 mg/l di setiap stasiun.
- 5.1.2. Akumulasi timbal pada sampel kerang hijau di setiap stasiun berkisar antara 0,01- 0,036 mg/kg dari 3 kali pengulangan, sedangkan akumulasi pada sampel air adalah 0,01 mg/l di setiap stasiun. Berdasarkan nilai rerata BCF, kerang hijau tergolong organisme dengan akumulasi timbal yang rendah.
- 5.1.3. Laki-laki dapat mengonsumsi hingga 82,3 gram timbal per minggu dan perempuan hingga 75,5 gram per minggu tanpa melebihi batas aman konsumsi timbal. Analisis risiko kesehatan, pada analisis Risiko kanker (ECR) berada dalam batas yang dapat diterima ($4,35 \times 10^{-7} < 10^{-6}$), dan risiko non-karsinogenik (RQ) masih dapat ditoleransi ($0,0056 \text{ mg/kg/hari} < 1$).

5.2 Saran

Pemerintah perlu mempertimbangkan untuk menertibkan industri dalam hal pengolahan limbah agar sesuai dengan standar baku mutu yang berlaku, mengingat kasus akumulasi logam berat seperti timbal pada kerang hijau di Pantai Tambak Lorok Semarang dapat mengalami peningkatan seiring berjalannya waktu. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mempelajari akumulasi timbal pada kerang hijau dengan memperhatikan parameter fisik dan kimia pada perairan guna menentukan apakah ada penurunan kualitas perairan. Pengujian analisis pada sampel sedimen perlu dilakukan untuk melihat bioakumulasi kerang hijau pada sedimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad , F. (2016). Komunitas Masyarakat Pesisir di Tambak Lorok, Semarang. Sabda, Volume 11, Nomor 215731-38058-1-PB.
- Amriani, Hendarto, B., & Hadiyanto, A. (2011). 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, Volume 9, Issue 2: 45-50 (2011).90293-ID-kandungan-logam-berat-timbal-pb-pada-air.
- Belabed, B. E., Laffray, X., Dhib, A., Fertouna-Belakhal, M., Turki, S., & Aleya, L. (2013). Factors contributing to heavy metal accumulation in sediments and in the intertidal mussel *Perna perna* in the Gulf of Annaba (Algeria). *Marine Pollution Bulletin*, 74(1), 477–489. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.06.004>
- Chakraborty, S., Chakraborty, P., & Nath, B. N. (2015). Lead distribution in coastal and estuarine sediments around India. In *Marine Pollution Bulletin* (Vol. 97, Issues 1–2, pp. 36–46). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.056>
- Chandurvelan, R., Marsden, I. D., Glover, C. N., & Gaw, S. (2015). Assessment of a mussel as a metal bioindicator of coastal contamination: Relationships between metal bioaccumulation and multiple biomarker responses. *Science of the Total Environment*, 511, 663–675. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.064>
- Destiya Kurniawati, L. (2017). Faktor-Faktor yang Berpengaruh terhadap Perilaku Kepala Keluarga dalam Pemanfaatan Jamban di Pemukiman Kampung Nelayan Tambak Lorok Semarang. In *Public Health Perspective Journal* (Vol. 2, Issue 1). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/phpj>
- Dewi Wulanningrum, S., & Budi Jayanti, T. (2016). Evaluasi Kondisi Eksisting Kawasan Tambak Lorok untuk Penerapan Konsep Minapolitan. Jurnal Pengembangan Kota, Volume 4 No. 1 (21-28) doi: 10.14710/jpk.4.1.21-28.

- Dimitra, S., Yuliastuti, N. (2012). Potensi Kampung Nelayan sebagai Modal Permukiman Berkelanjutan di Tambak Lorok, Kelurahan Tanjung Mas Abstrak. In *Jurnal Teknik PWK* (Vol. 1, Issue 1). <http://ejournals1.undip.ac.id/index.php/pwk>
- Dharmadewi, M. (2020). Analysis of Leading Metal (Pb) and Cadmium (Cd) Content Green Shells (*perna viridis* L.) in the Kreneng Market. *Journal of Sustainable Development Science*, 2(2), 40–45. <http://ejournal.undwi.ac.id/index.php/jsds>
- Ervany, M., Mahasri, G., Boedi, D., & Rahardja, S. (2014). Analysis of Heavy Metal Content of Lead (Pb) and Cadmium (Cd) Shells on Green Mussels (*Perna viridis* L.) in Ngemboh Water, Gresik, East Java In *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan* (Vol. 6, Issue 1).
- Firmansyah, M., Sabikis, & Utami, P. (2012). Analysis of Heavy Metal Lead Concentration in Guci Mountain Spring Water Using Atomic Absorption Spectrophotometry Method. *Indonesian Journal of Pharmacy*, Vol.09 No. 03 .
- Hananingtyas, I. (2017). Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus sp.*) di Pantai Utara Jawa. *Biotropic The Journal of Tropical Biology*, 1(2).
- Hapsari, T., Hanani Darundiati, Y. (2017). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Kandungan Timbal (Pb) pada Kerang Hijau yang Dikonsumsi Istri Nelayan di Tambak Lorok, Semarang (Vol. 5). <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Hariharan, G., Purvaja, R., & Ramesh, R. (2014). Toxic effects of lead on biochemical and histological alterations in green mussel (*Perna viridis*) induced by environmentally relevant concentrations. *Journal of Toxicology and Environmental Health-Part A: Current Issues*, 77(5), 246–260. <https://doi.org/10.1080/15287394.2013.861777>
- Hasanah, N. (2018). Literatur Review: Cemarkan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Pangan Lokal Kekerangan (Bilvavia) (*Literature Review: Heavy Metal Contamination of Lead (Pb) In Local Food Bilvaves*).

- Hendrarto, B., & Hadiyanto, A. (2011). Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Kerang Darah (*Anadara granosa* L.) dan Kerang Bakau (*Polymesoda bengalensis* L.) di Perairan Teluk Kendari, 9(2), 45–50.
- Husna, M., & Hanum, G. R. (2022). Analysis of Heavy Metal Concentrations of Lead (Pb) in Fishermen in Junganyar Village Based on Length of Work Using Atomic Absorption Spectrophotometer Method. *Indonesian Journal of Cultural and Community Development*, 14(1). <https://doi.org/10.21070/ijccd2023857>
- Hwang, D. W., Kim, S. G., Choi, M., Lee, I. S., Kim, S. S., & Choi, H. G. (2016). Monitoring of trace metals in coastal sediments around Korean Peninsula. *Marine Pollution Bulletin*, 102(1), 230–239. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.09.045>
- 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. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i2.41617>
- Jufri, U., Hartati, R., & Sri, R. (2021). Morfometri Dan Hubungan Panjang Berat Kerang Hijau (*Perna veridis*) dari Perairan Tambak Lorok, Semarang Dan Morosari, Demak, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, Vol 10, No.4, pp. 535-544 doi : 10.14710/jmr.v10i4.31737.
- Khusnia, A. Z., YD, N. A., & Rahardjo, M. (2019). Indeks Pencemaran Lingkungan Secara Fisika-Kimia dan Biokonsentrasi Timbal (Pb) pada Kerang Hijau di Perairan Pesisir Semarang Utara. *Jurnal Presipitasi*, Vol 16, No 2, 2019, 40-47.
- Kurniawati, L., & Windraswara, R. (2017). Faktor-Faktor yang Berpengaruh terhadap Perilaku Kepala Keluarga dalam Pemanfaatan Jamban di Pemukiman Kampung Nelayan Tambaklorok Semarang. *Public Health Perspective Journal*, 2 (1) (2017) 72 - 79
- Kusuma, R. B., Supriyantini, 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. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.31781>
- Li, H., Lin, L., Ye, S., Li, H., & Fan, J. (2017). Assessment of nutrient and heavy metal contamination in the seawater and sediment of Yalujiang Estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 117(1–2), 499–506. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.069>
- Mackay, D., Celsie, A. K. D., Powell, D. E., & Parnis, J. M. (2018). Bioconcentration, bioaccumulation, biomagnification and trophic magnification: A modelling perspective. *Environmental Science: Processes and Impacts*, 20(1), 72–85. <https://doi.org/10.1039/c7em00485k>
- Mahasri, G., Eshmat, M., & Rahardja, B. (2014). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Kerang hijau (*Perna viridis* L.) di Perairan Ngemboh Kabupaten Gresik Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 6(1):101-108. doi: 10.20473/jipk.v6i1.11387
- Montojo, U. M., Baldoza, B. J. S., Cambia, F. D., Benitez, K. C. D., Perelonia, K. B. S., & Rivera, A. T. F. (2021). Levels and health risk assessment of mercury, cadmium, and lead in green mussel (*Perna viridis*) and oyster (*Crassostrea iredalei*) harvested around Manila Bay, Philippines. *Food Control*, 124. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107890>
- Mirawati, F., Supriyanti, E., & Nuraini, R. A. (2016). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Trimulyo Dan Mangunharjo Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, Vol 5 No 2 : 121 – 126. Oseanografi. (n.d.). 37-Chiquita Tri Rezki _K2E 008 010_.
- Permanawati, Y., Zuraida, R., Andrian Ibrahim Puslitbang Geologi Kelautan, dan, & Djundjunan, J. D. (2013). *Heavy Metal Content (Cu, Pb, Zn, Cd, and Cr) in Sea Water and Sediment in Jakarta Bay* (Vol. 11, Issue 1).
- Pratama, A., Pribadi, R., & Maslukah, L. (2012). Kandungan Logam Berat Pb dan Fe pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Sungai Tapak kelurahan

- Tugurejo Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Journal Of Marine Research*, Volume 1, Nomor 1. Halaman 118-122.
- Priatna, D., Purnomo, T., & Kuswanti, N. (2016). Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Air dan Ikan Bader (*Barbonymus gonionotus*) di Sungai Brantas Wilayah Mojokerto. *LenteraBio*, Vol. 5 No. 1. Pages 48–53.
- Puspita, A., Santoso, A., & Yulianto, B. (2013). Studi Akumulasi Logam Timbal (Pb) dan Efeknya Terhadap Kandungan Klorofil Daun Mangrove *Rhizophora mucronate*. *Journal Of Marine Research*, 3(1):44-53.
- Rizkiana, L., Karina, S. (2017). Analisis Timbal (Pb) pada Sedimen dan Air Laut di Kawasan Pelabuhan Nelayan Gampong Deah Glumpang, Kota Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*, 2(1), 89–96.
- Riget, F., Johansen, P., & Asmund, G. (1996). Influence of length on element concentrations in blue mussels (*Mytilus edulis*). *Marine Pollution Bulletin*, Volume 32, issue 10, Pages 745-751
- Riani, E., Cordova, M., & Arifin, Z. (2018). Heavy metal pollution and its relation to the malformation of green mussels cultured in Muara Kamal waters, Jakarta Bay, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 133 Pages 664-670 <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.029>.
- Rochyatun, E., Kaisupy, & Rozak, A. (2006). Distribusi Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Makara Sains*, Vol. 10 No.1 Hal: 35-40.
- Seafood WWF Indonesia National Campaign WWF-Indonesia. (n.d.). www.wwf.or.id
- Simbolon, A. R. (2018). Analisis Risiko Kesehatan Pencemaran Timbal (Pb) Pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Cilincing Pesisir DKI Jakarta. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 3(3), 197. <https://doi.org/10.14203/oldi.2018.v3i3.207>

- Siregar, A., Sulisty, I., & Prayogo, N. (2020). Heavy metal contamination in water, sediments and *Planiliza subviridis* tissue in the Donan River, Indonesia. *Journal of Water and Land Development*, No. 45 (IV–VI):157–164. <https://doi.org/10.24425/jwld.2020.133057>.
- Sijabat, E., Trinuraini, R. A., & Supriyanti, E. (2014). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (*Perna Viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Journal Of Marine Research*, Volume 3, Nomor 4, Halaman 475-482.
- Triantoro, D. D., Suprpto, D., & Rudiyan, S. (2017). Kadar Logam Berat Besi (Fe), Seng (Zn) Pada Sedimen Dan Jaringan Lunak Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Tambak Lorok Semarang. *Journal Of Maquares*, Volume 6, Nomor 3, Tahun 2017, Halaman 173-180.
- Ubay, J., Hartati, R., & Redjeki, S. (2021). Morfometri Dan Hubungan Panjang Berat Kerang Hijau (*Perna veridis*) dari Perairan Tambak Lorok, Semarang Dan Morosari, Demak, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 10(4), 535–544. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i4.31737>
- Usman, S., La Nafie, N., & Ramang, M. (2013). Distribusi Kuantitatif Logam Berat Pb dalam Air, Sedimen dan Ikan Merah (*Lutjanus erythropterus*) di Sekitar Perairan Pelabuhan Parepare. *Marina Chimica Acta*, 14(2):49-55. doi: 10.20956/mca.v14i2.1189.
- Wahyuningrum, C. A., Estiana, R., Darsono, S., & Nugroho, H. (2017). Perencanaan Sistem Polder Tambak Lorok, Semarang Utara. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Volume 6, Nomor 1 Halaman 314-323 .
- Wulanningrum, S. D., & Jayanti, T. B. (2016). Perencanaan Konsep Minapolitan di Kawasan Tambak Lorok, Semarang Utara. *Jurnal Pengembangan Kota*, 4(1), 21. <https://doi.org/10.14710/jpk.4.1.21-28>
- WHO., 2004. Joint FAO/WHO expert standards program codex alimentation commission. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

- Yap, C., Ismail, A., Tan, S., & Omar, H. (2002). Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia. *Environment International* 28, 117 – 126.
- Yona, D., Vernandes, D., Kasitowat, R., & Sari, S. (2020). Spatial Distribution and Contamination Assessment of Lead (Pb) in the Seawater and Surface Sediments of the Coastal Area of Prigi Bay, Trenggalek, East Java. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, Volume 12 No 1 doi=10.20473/jipk.v12i1.16673.
- Yunasfi, Desrita, & Singh, K. (2019). The heavy metal of cuprum (Cu) and lead(Pb) content in *Avicennia marina* and *Rhizophora mucranata*. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 374, doi:10.1088/1755-1315/374/1/01206

