

**KONSENTRASI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) TOTAL PADA KERANG
HIJAU (*Perna viridis*) (LINNAEUS, 1758) BUDIDAYA DAN
KORELASINYA DENGAN TUTUPAN LAHAN PESISIR
DI PESISIR UTARA JAWA**

(SKRIPSI)

Oleh

**Shakila Amanda Putri
2014221003**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**KONSENTRASI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) TOTAL PADA KERANG
HIJAU (*Perna viridis*) (LINNAEUS, 1758) BUDIDAYA DAN
KORELASINYA DENGAN TUTUPAN LAHAN PESISIR
DI PESISIR UTARA JAWA**

Oleh

Shakila Amanda Putri

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

KONSENTRASI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) TOTAL PADA KERANG HIJAU (*Perna viridis*) (LINNAEUS, 1758) BUDIDAYA DAN KORELASINYA DENGAN TUTUPAN LAHAN PESISIR DI PESISIR UTARA JAWA

Oleh

SHAKILA AMANDA PUTRI

Kerang hijau merupakan sumber daya perikanan bernilai ekonomis tinggi. Namun, keberadaan logam berat di perairan akibat pencemaran limbah daratan dapat mengancam keamanan konsumsi kerang hijau. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi logam berat timbal (Pb) total pada tubuh kerang hijau, mengetahui korelasi antara tutupan lahan pesisir dengan konsentrasi timbal (Pb) total pada kerang hijau, serta menganalisis batas maksimum konsumsi mingguan pada kerang hijau budidaya. Sampel tubuh kerang hijau dikumpulkan dari tiga lokasi, yaitu Perairan Karangantu (Banten), Perairan Muara Angke (DKI Jakarta), dan Perairan Ujungpangkah (Gresik). Konsentrasi logam berat timbal (Pb) total dianalisis menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi timbal (Pb) total pada kerang hijau di Karangantu adalah 0,14 mg/kg, Muara Angke 0,76 mg/kg, sedangkan di Ujungpangkah tidak terdeteksi. Korelasi antara persentase tutupan lahan yang berpotensi sebagai sumber pencemar dengan konsentrasi Pb pada kerang hijau memiliki nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,996. Analisis batas konsumsi menunjukkan nilai Maximum Tolerable Intake (MTI) terkecil sebesar 1,013 kg/minggu dan terbesar 12,651 kg/minggu. Kesimpulan pada penelitian ini yaitu konsentrasi timbal (Pb) total pada kerang hijau dari ketiga lokasi masih berada di bawah batas cemaran yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No. 17 Tahun 2004 tentang Sistem Sanitasi Keperikanan Indonesia. Analisis korelasi menunjukkan hubungan positif antara persentase tutupan lahan pesisir yang berpotensi sebagai sumber pencemar dengan konsentrasi timbal (Pb) total pada kerang hijau. Kerang hijau dari ketiga lokasi penelitian masih aman dikonsumsi dengan batasan tertentu.

Kata kunci: timbal, kerang hijau, tutupan lahan pesisir, *Maximum Tolerable Intake* (MTI).

ABSTRACT

TOTAL LEAD (Pb) HEAVY METAL CONCENTRATION IN GREEN MUSSEL (*Perna viridis*) (LINNAEUS, 1758) CULTIVATION AND ITS CORRELATION WITH COASTAL LAND COVER ON THE NORTH COAST OF JAVA

By

SHAKILA AMANDA PUTRI

Green mussels are a fishery resource with high economic value. However, the presence of heavy metals in the water due to land-based waste pollution can threaten the safety of green mussel consumption. This study aimed to analyze the total lead (Pb) concentration in green mussels, determine the correlation between coastal land cover and total lead (Pb) concentrations in green mussels, and assess the maximum weekly consumption limit of cultivated green mussels. Green mussel samples were collected from three locations: Karangantu Waters (Banten), Muara Angke Waters (DKI Jakarta), and Ujungpangkah Waters (Gresik). The total lead (Pb) concentration was analyzed using the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method. The results showed that the average total lead (Pb) concentration in green mussels was 0.14 mg/kg in Karangantu, 0.76 mg/kg in Muara Angke, and undetected in Ujungpangkah. The correlation analysis indicated a strong positive relationship between the percentage of land cover with potential pollution sources and Pb concentration in green mussels, with a correlation coefficient (r) of 0.996. The consumption limit analysis revealed that the Minimum Tolerable Intake (MTI) ranged from 1.013 kg/week to 12.651 kg/week. In conclusion, the total lead (Pb) concentration in green mussels from the three locations remains below the contamination limit set by the Decree of the Minister of Marine Affairs and Fisheries No. 17 of 2004 concerning the Indonesian Shellfish Sanitation System. The correlation analysis confirmed a positive relationship between coastal land cover with potential pollution sources and total lead (Pb) concentrations in green mussels. Green mussels from the three research locations are still safe for consumption within certain limits.

Keywords: lead, green mussels, coastal land cover, maximum tolerable intake (MTI).

Judul Skripsi

: KONSENTRASI LOGAM
BERAT TIMBAL (Pb) TOTAL PADA
KERANG HIJAU (*Perna viridis*)
(LINNAEUS, 1758) BUDIDAYA DAN
KORELASINYA DENGAN TUTUPAN
LAHAN PESISIR DI PESISIR UTARA
JAWA

Nama Mahasiswa

: Shakila Amanda Putri

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2014221003

Jurusan/Program Studi

: Perikanan dan Kelautan/Illmu Kelautan


Fakultas

: Pertanian



1. Komisi Pembimbing


Dr. Henry Mayaguezz, S.Pi., M.T.
NIP. 197505152002121007


Sofian Ansori, S.Si., M.Si.
NIP.199101042015031001


2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan


Dr. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc.
NIP. 198309232006042001

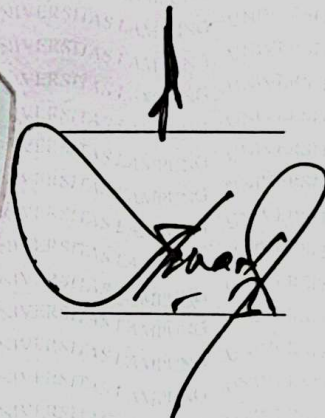
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T.



Sekretaris : Sofian Ansori, S.Si., M.Si.



Anggota : Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P
NIP. 196411161989021002

Tanggal lulus ujian skripsi: 17 Oktober 2024

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shakila Amanda Putri

NPM : 2014221003

Judul Skripsi : Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Total Pada Kerang Hijau
(*Perna viridis*) (Linnaeus, 1758) Budidaya dan Korelasinya
Dengan Tutupan Lahan Pesisir di Pesisir Utara Jawa

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis merupakan hasil karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan, pengalaman, dan data yang saya peroleh, dari hasil penelitian yang sudah saya lakukan. Selain itu, semua yang tertulis di dalam skripsi sudah sesuai dengan panduan penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terbukti terdapat kecurangan atau Salinan yang berasal dari karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, Februari 2025



Shakila Amanda Putri

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Shakila Amanda Putri, lahir di Kecamatan Kotaagung, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung pada 3 Agustus 2002. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Sukroni dan Ibu Nurila Apriyani dan memiliki seorang adik bernama Najla Nazhifa.

Riwayat pendidikan yang ditempuh penulis dimulai dari Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 1 Pasar Madang yang diselesaikan pada tahun 2014. Selanjutnya, penulis meneruskan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Kotaagung yang diselesaikan pada tahun 2017 dan dilanjutkan ke Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Kotaagung yang diselesaikan pada tahun 2020. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2020 melalui jalur SNMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis mengikuti beberapa kegiatan organisasi yang ada di kampus, seperti Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (HIMAPIK). Pada Januari-Februari 2023, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tigajaya, Kecamatan Sekincau, Kabupaten Lampung Barat, kemudian dilanjutkan melaksanakan program Merdeka Belajar-Kampus Merdeka (MBKM) di Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang pada bulan Februari-September 2023.

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan karunia, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW

Dengan ketulusan hati dan kasih yang besar, Kupersembahkan karyaku ini sebagai bentuk cinta dan terimakasihku kepada:

Kedua orang tuaku tercinta,

Segala pencapaian ini tidak terlepas dari ridho dan doa yang telah bapak dan ibu panjatkan kepada Allah SWT. Terimakasih atas segala dukungan, pencapaianku pengorbanan, dan kasih sayang yang tidak terhitung. Semoga ini menjadi awal untuk membuat kalian bangga dan Bahagia.

Keluarga besar dan sahabat

Terimakasih atas segala dukungan dan doa yang telah diberikan selama proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini. Semoga semua doa baik dan kebaikan berbalik kepada kalian

Serta,

Almamater tercinta,
Universitas Lampung.

MOTTO HIDUP

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri.”
(Q.S Ar-Ra'd: 11)

“Dan mintalah pertolongan dengan sabar dan sholat.”
(Q.S Al-Baqarah: 45)

“It will Pass, everything you've gone through it will pass.”
(Rachel Venny)

“Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri-sendiri.”
(Baskara Putra)

SANWACANA

Segala puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Total Pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) (Linnaeus, 1758) Budi-budaya dan Korelasinya dengan Tutupan Lahan Pesisir di Pesisir Utara Jawa”.

Penulis menyadari banyak kesulitan dan kendala yang dihadapi dalam penulisan skripsi ini yang akhirnya dapat diatasi berkat bantuan, bimbingan, dorongan, serta saran dari berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini, dengan se-gala ketulusan hati penulis menyampaikan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Cinta pertama dan panutanku, Ayahanda Sukroni dan pintu surgaku Ibunda Nurila Apriyani. Terimakasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang diberikan. Beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan bangku perkuliahan, namun mereka mampu senantiasa memberikan yang terbaik, tak kenal lelah mendoakan serta memberikan perhatian dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai meraih gelar sarjana. Semoga abi dan ibu sehat, panjang umur dan bahagia selalu;
2. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Dr. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan Universitas Lampung;
4. Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T., selaku Ketua Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Lampung sekaligus dosen pembimbing utama. Terimakasih telah bersedia meluangkan waktu dan memberikan segala ilmu pengetahuan, do'a, bimbingan, perhatian, motivasi, saran dan kesabaran dalam proses penyelesaian skripsi;

5. Sofian Ansori, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi arahan dan bimbingan dalam proses penyusunan skripsi;
6. Dr. Moh Muhaemin, S.Pi., M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah banyak memberikan kritik, saran, serta bimbingan kepada penulis;
7. drh. Toha Tusihadi, selaku Kepala Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang;
8. Niezha Eka Putri, S.Si., dan Tiara Aprina, A. Md., selaku analis di Laboratorium Residu BPKIL Serang yang telah membimbing dan senantiasa memberi masukan kepada penulis selama kegiatan penelitian;
9. Seluruh dosen Jurusan Perikanan dan Kelautan yang telah memberikan ilmu, pengetahuan dan wawasan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Unila;
10. Adik perempuanku, Najla Nazhifa. Terimakasih atas semangat, doa dan cinta yang selalu diberikan kepada penulis. Tumbuhlah menjadi versi paling hebat;
11. Teman-teman program studi ilmu kelautan 2020, keluarga besar, dan teman-teman dekat penulis yang tidak bisa penulis sebutkan namanya satu per satu yang selalu memberi dukungan, dan bantuannya selama proses perkuliahan; dan
12. Terakhir, terimakasih untuk diri sendiri karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini. Mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tak pernah menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi, hal ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri.

Semoga segala kebaikan dan keberkahan selalu dilimpahkan oleh Allah SWT. kepada kita semua dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Bandarlampung, Februari 2025

Shakila Amanda Putri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian.....	5
1.4 Kerangka Pemikiran	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Logam Berat.....	7
2.2. Timbal (Pb)	8
2.3. Dampak Logam Berat Timbal (Pb) Bagi Kesehatan Manusia.....	10
2.4. Parameter Pendukung Kualitas Air	12
2.4.1 Salinitas	13
2.4.2 pH	14
2.4.3 Suhu	14
2.4.4 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	15
2.5 Keamanan Pangan	16
2.6 Kerang Hijau (<i>Perna viridis</i>)	18
2.7 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	21
III. METODE PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat	24
3.2 Alat dan Bahan	26
3.3 Pengambilan Sampel Kerang Hijau	28
3.4 Teknik Pengambilan Sampel.....	30
3.5 Prosedur Penelitian	30
3.5.1 Prosedur Pengambilan Data Kualitas Air <i>in-situ</i>	31
3.5.2 Prosedur Pengujian Logam Berat Timbal (Pb) Pada Kerang Hijau	31
3.6 Analisis Data	33

IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1	Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Total Pada Kerang Hijau	36
4.1.1	Perairan Karangantu, Kota Serang	37
4.1.2	Perairan Muara Angke, Kota Jakarta Utara	42
4.1.3	Perairan Ujungpangkah, Kabupaten Gresik	49
4.1.4	Parameter Pendukung Kualitas Air Laut <i>in-situ</i>	53
4.2	Korelasi Antara Tutupan Lahan Pesisir Dengan Konsentrasi Logam Berat di Kerang Hijau	57
4.3	Nilai <i>Maksimum Tolerable Intake</i> (MTI)	60
V.	SIMPULAN DAN SARAN	65
5.1	Simpulan	65
5.2	Saran	66
	DAFTAR PUSTAKA	67
	LAMPIRAN	83

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kelebihan dan kekurangan SSA tungku grafit	23
2. Alat dan bahan pengambilan sampel di lapangan	26
3. Alat yang digunakan dalam pengujian	27
4. Bahan yang digunakan dalam pengujian	27
5. Hasil pengukuran konsentrasi logam berat timbal total pada kerang hijau di 3 lokasi penelitian	36
6. Luas tutupan lahan pesisir perairan Karangantu, Kota Serang	38
7. Luas tutupan lahan pesisir perairan Muara Angke, Kota Jakarta Utara	43
8. Luas tutupan lahan pesisir perairan Ujungpangkah, Kab. Gresik	49
9. Hasil pengukuran parameter fisika-kimia pada 3 lokasi penelitian	53
10. Nilai MWI dan PTWI	61
11. Nilai angka toleransi asupan bahan pangan	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir	6
2. Kerang hijau (<i>Perna viridis</i>) (Linnaeus, 1758).....	18
3. Budi daya kerang hijau	19
4. Ilustrasi teknik AAS Tungku Grafit	22
5. Spektrofotometri Serapan Atom Tungku Grafit	23
6. Peta lokasi penelitian	24
7. Peta lokasi penelitian di Kota Serang	28
8. Peta lokasi penelitian di Kota Jakarta Utara	29
9. Peta lokasi penelitian di Kabupaten Gresik	29
10. Kondisi tutupan lahan pesisir Karangantu, Kota Serang	38
11. Pola sebaran arah dan kecepatan arus permukaan laut Perairan Karangantu, Kota Serang	41
12. Kondisi tutupan lahan pesisir Muara Angke, Kota Jakarta Utara	44
13. Pola sebaran arah dan kecepatan arus permukaan laut Perairan Muara Angke, Kota Jakarta Utara	48
14. Kondisi tutupan lahan pesisir Ujungpangkah, Kabupaten Gresik	50
15. Pola sebaran arah dan kecepatan arus permukaan laut Perairan Ujungpangkah, Kabupaten Gresik	52
16. Sebaran kedalaman	56
17. Korelasi tutupan lahan pesisir dengan konsentrasi Pb di ketiga lokasi penelitian	58
18. Perhitungan kadar logam Pb Karangantu, Serang	82
19. Perhitungan kadar logam Pb Muara Angke, Jakarta	82
20. Perhitungan kadar logam Pb Ujungpangkah, Gresik	82

21. Pengambilan sampel	83
22. Sampel kerang hijau	83
23. Preparasi sampel kerang hijau	83
24. Penimbangan sampel kerang hijau	83
25. Destruksi sampel kerang hijau	83
26. Sampel kerang hijau yang telah di destruksi dan ditambahkan akuades	84
27. Pembacaan sampel menggunakan alat AAS	84
28. DO meter	84
29. Refraktometer	84
30. H ₂ O ₂ 30% reagen uji Pb	84
31. HNO ₃ 65% reagen uji Pb	84

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia membutuhkan makanan sebagai kebutuhan utama untuk kelangsungan hidup. Makanan yang aman merupakan faktor yang penting untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat (Andriyani, 2019). Menurut Undang-Undang RI No 7 tahun 1996, keamanan pangan didefinisikan sebagai kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, benda lain yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan kesehatan manusia.

Masalah keamanan pangan adalah masalah kompleks yang merupakan dampak dari hasil interaksi mikrobiologik, toksisitas kimiawi, dan status gizi. Keamanan pangan merupakan salah satu masalah yang muncul seiring dengan berkembangnya peradaban manusia, kemajuan ilmu, dan teknologi. Hal ini menjadikan pangan tidak aman untuk dikonsumsi sehingga akan mempengaruhi kesehatan manusia (Purwanto, 2018). Oleh sebab itu, kebutuhan pangan harus diperhatikan untuk keberlanjutan lingkungan dan kesehatan manusia (Joesidawati & Suwarsih, 2022).

Budi daya laut merupakan salah satu alternatif solusi untuk ketahanan pangan untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang semakin meningkat, dan berpotensi dapat membantu produksi pangan secara berkelanjutan (Herrero *et al.*, 2015). Budi daya laut menawarkan sejumlah keunggulan dibandingkan sistem pangan berbasis lahan dalam hal efisiensi karena membutuhkan ruang yang relatif kecil.

Pengalihan pertumbuhan produksi pangan masa depan dengan budi daya laut dapat menghemat sekitar 750 juta hektar lahan (Froehlich *et al.*, 2018). Budi daya laut diprediksi dapat meningkat sebesar 36-74% (yaitu sebesar 21-44 juta ton) pada tahun 2050 dan dapat memasok 12-25% protein daging yang dibutuhkan 9,8 miliar penduduk dunia pada tahun 2050 (Belton *et al.*, 2020; Costello *et al.*, 2020). Namun, kendala utama pada ekspansi masa depan dan keberhasilan budi daya laut (terutama budi daya kerang) adalah penurunan kualitas air laut yang secara signifikan dapat membatasi produksi pangan dan keamanan pangan (Joesidawati & Suwarsih, 2022).

Kerang hijau (*Perna viridis*) merupakan salah satu biota laut yang dapat dibudidayakan dan ramah lingkungan karena proses budidayanya tidak memerlukan pakan (Istri *et al.*, 2019). Menurut data DJPB (2022), empat daerah dengan produsen kekerangan tertinggi sebagai hasil budi daya pada tahun 2022 adalah Kabupaten Cirebon (9.506.748 ton), Kabupaten Gresik (16.766.389 ton), Raja Ampat (8.132.000 ton) dan Rokan Hilir (7.716.900 ton). Kerang hijau menjadi salah satu sumber daya perikanan yang memiliki prospektif untuk dikembangkan menjadi komoditas bernilai ekonomis tinggi. Nilai ekonomi kerang hijau diperoleh salah satunya karena kandungan gizi kerang hijau yang tinggi, selain itu kulit kerang hijau dapat dimanfaatkan sebagai bahan kerajinan maupun pakan ternak (Haryanti *et al.*, 2019). Pemanfaatan kerang sebagai sumber pangan sudah sangat populer di kalangan masyarakat Indonesia, khususnya masyarakat pesisir pantai. Bagian kerang yang dikonsumsi adalah dagingnya, termasuk sistem pencernaannya (Istri *et al.*, 2019). Kandungan gizi dalam kerang hijau yaitu protein 21,9%, lemak 14,5%, karbohidrat 18,5%, abu 4,3% dan air 40,8% (Haryanti *et al.*, 2019). Daging kerang merupakan sumber protein yang berkualitas tinggi sebanding dengan daging sapi, telur, dan daging ayam. Kondisi ini menunjukkan bahwa kerang hijau merupakan komoditas potensial yang dapat dikembangkan melalui kegiatan budi daya (Haryanti *et al.*, 2019).

Budi daya kerang hijau berdampak kecil terhadap penurunan kualitas lingkungan. Namun, produk budi daya dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia jika kegiatan budi daya dilakukan di daerah yang terkontaminasi limbah rumah tangga. Kerang hijau memperoleh makanan dengan cara menyaring kolom air (*filter feeder*) sehingga kontaminan dapat terakumulasi dalam tubuh biota yang dibudidayakan (Wicaksono *et al.*, 2019). Hal tersebut membuat kerang hijau mengkonsumsi bahan apapun yang terkandung pada air baik bermanfaat atau beracun termasuk konsentrasi logam berat terlarut di perairan (Arifin *et al.*, 2021).

Logam berat merupakan bahan pencemar yang sangat berbahaya bagi lingkungan karena bersifat racun, tidak dapat terurai secara alami, dan terakumulasi dalam air dan tubuh makhluk hidup (Siringoringo *et al.*, 2022). Keberadaan logam berat di perairan merupakan unsur alamiah yang terbatas pada jumlah tertentu di dalam berbagai media, seperti air, sedimen, dan lemak biota. Logam di alam berasal dari berbagai sumber antara lain proses tektonik, vulkanik, *up welling*, masukan dari atmosfer, dan masukan dari daratan. Masukan dari daratan mempunyai peranan terbesar dalam meningkatkan konsentrasi logam berat di perairan (Puspasari, 2017).

Salah satu jenis logam berat yang sering ditemui dan banyak dimanfaatkan dalam berbagai kegiatan manusia adalah timbal (Pb). Logam berat timbal (Pb) secara luas digunakan dalam industri, termasuk industri kimia, industri percetakan, serta sebagai komponen dalam cat dan bahan bakar. Logam berat timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang tidak dapat terdegradasi, logam berat timbal (Pb) juga dapat terakumulasi dan terabsorpsi pada organisme (Kusuma *et al.*, 2022). Logam jenis timbal (Pb) yang terakumulasi dalam tubuh dapat menyebabkan gangguan pada bagian sistem imun, saraf, dan reproduksi (Siringoringo *et al.*, 2022).

Masuknya logam berat timbal (Pb) ke perairan laut dapat tercermin dari semakin meningkat dan kompleksnya kegiatan industri di wilayah pesisir. Terlihat dari tutupan lahan di pesisir utara Jawa mengalami perubahan signifikan yang

dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk peningkatan penggunaan lahan, serta fenomena alami seperti abrasi dan banjir rob. Wilayah Jakarta Utara, tutupan lahan mengalami transformasi yang besar terutama akibat reklamasi dan akresi (Suriandari, 2016). Sebagai kawasan dengan tingkat urbanisasi dan industrialisasi yang sangat pesat, pesisir utara Jawa mengalami alih fungsi lahan yang masif terutama dari lahan mangrove menjadi area pemukiman, kawasan industri, dan infrastruktur pelabuhan. Selain itu, konversi lahan mangrove menjadi tambak udang dan ikan sering kali dilakukan tanpa pengelolaan yang memadai, sehingga mengurangi fungsi penting mangrove sebagai penyerap polutan dan pengendali kualitas air. Perubahan tutupan lahan yang tidak terkendali ini dapat menurunkan kualitas perairan di wilayah pesisir utara Jawa dan meningkatkan risiko kontaminasi logam berat pada biota laut (Sanjaya, 2020).

Studi mengenai konsentrasi logam berat telah banyak dilakukan di Indonesia seperti di Perairan Tambak Lorok (Kusuma *et al.*, 2022), Perairan Morosari (Arifin *et al.*, 2021; Juharna *et al.*, 2022), Kota Semarang (Siringoringo *et al.*, 2022), Perairan Teluk Jakarta (Barokah, *et al.*, 2019), Perairan Cirebon (Nurhayati *et al.*, 2019), Perairan Teluk Banten dan Teluk Lada (Setiyanto *et al.*, 2016). Namun, keterkaitan konsentrasi logam berat timbal (Pb) di perairan dengan perbedaan kompleksitas tutupan lahan di pesisir dan pengaruhnya terhadap kerang hijau relatif belum pernah dilakukan. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian terkait konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada tubuh kerang hijau di wilayah Perairan Laut Utara Jawa dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) serta korelasinya dengan tutupan lahan pesisir.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian, yaitu:

1. menganalisis konsentrasi logam berat timbal (Pb) total pada kerang hijau budidaya di perairan pesisir utara Jawa, serta membandingkan hasilnya dengan batas cemar berdasarkan KEP.17/MEN/2004 tentang Sistem Sanitasi Keperangan Indonesia.

2. mengetahui korelasi antara tutupan lahan pesisir dengan konsentrasi logam berat timbal (Pb) total pada kerang hijau.
3. menganalisis batas maksimum konsumsi mingguan kerang hijau budi daya di perairan pesisir utara Jawa.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian, yaitu memberikan informasi kepada masyarakat mengenai konsentrasi logam berat timbal (Pb) total pada kerang hijau, serta mengurangi resiko keracunan makanan akibat konsumsi kerang hijau yang terakumulasi logam berat timbal yang dibudidayakan di perairan pesisir utara Jawa.

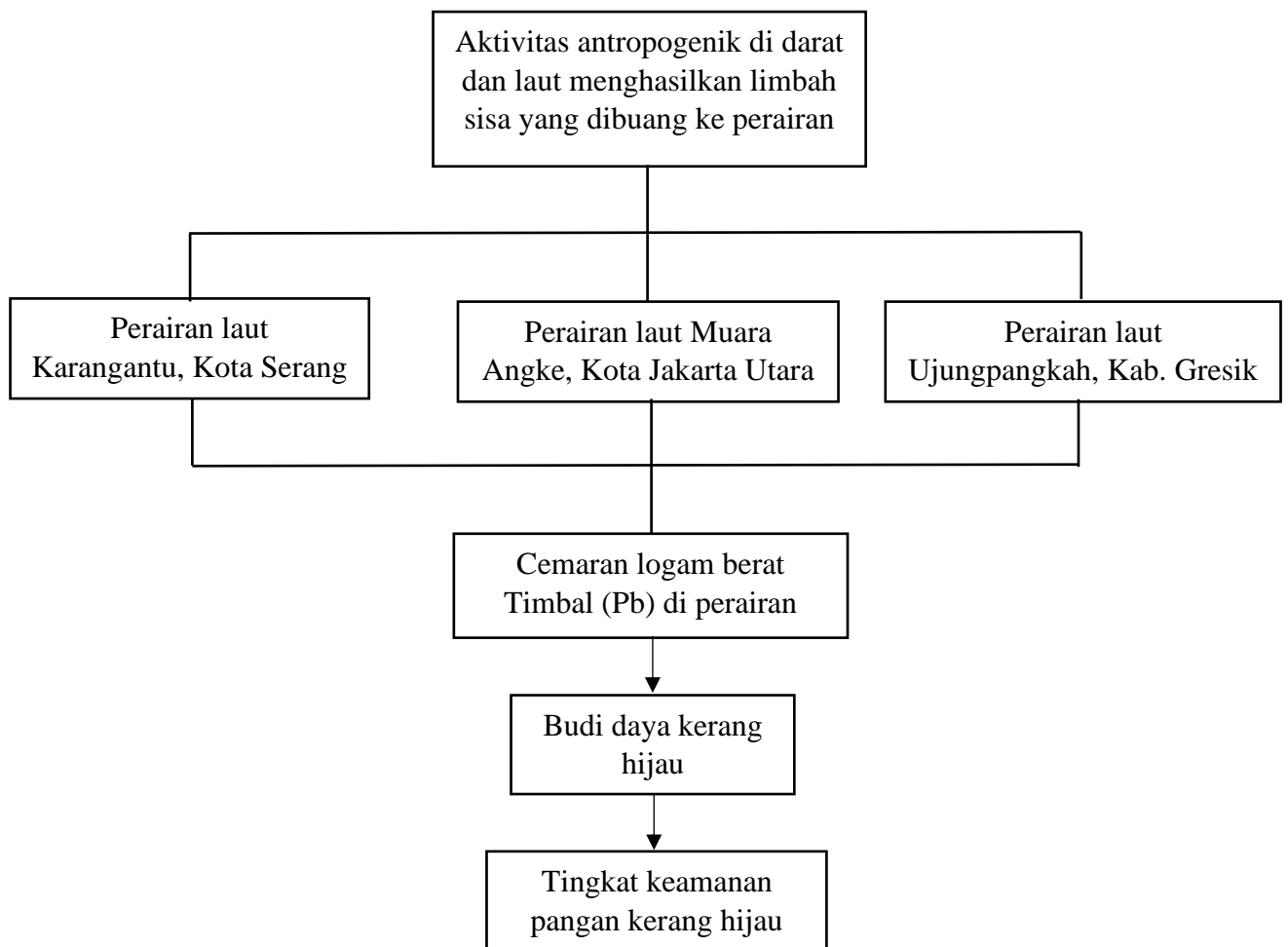
1.4 Kerangka Pemikiran

Budi daya kerang hijau telah berkembang pesat di perairan Laut Utara Jawa khususnya di Kota Serang, Kota Jakarta Utara dan Kabupaten Gresik. Pesatnya perkembangan budi daya kerang hijau didukung oleh kondisi perairan yang tenang, teknologi budi daya yang sederhana dan mudah diterapkan oleh masyarakat pesisir serta budi daya kerang hijau tergolong ekonomis karena tidak memerlukan pakan dan biaya operasional yang tinggi (Haryanti *et al.*, 2019). Namun budi daya kerang hijau memerlukan lokasi yang bebas dari pencemaran terutama logam berat. Wilayah perairan Utara Jawa, khususnya pesisir Kota Serang, Kota Jakarta Utara dan Kabupaten Gresik rentan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pariwisata dan sistem pengolahan limbah industri yang tidak terkontrol sehingga akan menimbulkan permasalahan lingkungan.

Kegiatan budi daya yang berada di daerah yang berpeluang tercemar logam berat seperti timbal (Pb) akan berpengaruh terhadap kualitas kerang hijau. Kerang hijau bersifat *filter feeder* non selektif, sehingga kerang menyaring semua makanan yang ada disekitarnya yang memungkinkan terjadinya akumulasi logam berat yang tinggi pada tubuh kerang hijau. Hal tersebut menyebabkan kerang hijau sangat

rentan terdampak oleh cemaran baik cemaran yang terjadi secara alami maupun karena aktivitas manusia (Ernaningsih *et al.*, 2023). Konsentrasi logam berat harus dipertimbangkan sebelum mengonsumsi kerang hijau, karena akan menimbulkan keracunan bahkan kematian bagi manusia yang mengonsumsinya.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi perairan pesisir laut Utara Jawa untuk budi daya kerang hijau. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi para pembudi daya untuk menjaga keberlanjutan usaha budi daya kerang hijau. Penelitian ini juga diharapkan dapat digunakan sebagai upaya pencegahan untuk dapat meminimalkan dampak buruk dan kerugian terkait keamanan pangan kerang hijau. Berikut disajikan kerangka pikir penelitian ini dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

Logam berasal dari kerak bumi dalam bentuk bahan murni, organik dan anorganik. Logam pertama-tama diekstraksi dari penambangan bawah tanah (kerak bumi) dan kemudian dicairkan dan dimurnikan di pabrik menjadi logam murni. Logam dibedakan menjadi dua golongan berdasarkan massa jenisnya, yaitu logam ringan dan logam berat. Logam berat mengacu pada unsur-unsur dengan massa jenis lebih besar dari 5 g/cm^3 , nomor atom antara 22 dan 92, dan unsur-unsur yang terletak pada periode III hingga VII dalam susunan periodik. Logam dalam air, baik ringan maupun berat, jarang membentuk atom sendiri tetapi sering bergabung dengan senyawa lain membentuk molekul (Ningsih *et al.*, 2021).

Terdapat 109 unsur kimia dan 80 logam berat di bumi. Logam berat jika ditinjau berdasarkan sifatnya terdiri dari dua jenis logam yaitu esensial dan non esensial. Logam berat esensial digunakan oleh organisme untuk melangsungkan proses fisiologis dan metabolisme seperti Cu, Zn, Fe, Co dan Mn. Keberadaan logam esensial ini jika ditemukan dalam kondisi berlebih akan menimbulkan kerusakan organ bahkan bisa menyebabkan kematian pada organisme jika terpapar dalam jangka waktu yang panjang. Sedangkan logam berat non esensial seperti Pb, Hg, Cd dan Cr walaupun dalam konsentrasi rendah tetap berbahaya dan bersifat toksik (Febrianti *et al.*, 2023).

Logam merupakan kelompok unsur beracun yang unik. Logam dapat ditemukan dan terdapat di alam, namun bentuk kimianya dapat berubah karena bentuk

kimia logam berat melibatkan interaksi dengan berbagai unsur fisik, kimia, biologi, atau aktivitas manusia (Wardani *et al.*, 2024). Logam berat bersifat persisten karena tidak dapat terdegradasi lebih lanjut oleh organisme di lingkungan perairan. Hal tersebut menyebabkan logam-logam tersebut terakumulasi di lingkungan perairan, mengendap di dasar perairan dan membentuk senyawa yang lebih kompleks dengan bahan organik dan anorganik yang tersedia (Permana & Andhikawati, 2022).

Logam berat juga merupakan unsur logam yang memiliki berat lebih dari 5 g/cm^3 di dalam air laut dan terdapat dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Laut merupakan tempat bermuaranya sungai, baik sungai besar maupun sungai kecil. Dengan demikian, laut akan menjadi tempat berkumpulnya zat-zat pencemar yang terbawa oleh aliran sungai. Konsentrasi logam dalam air laut berbeda-beda seperti daerah dekat pantai, daerah dekat muara sungai dan daerah laut lepas. Daerah yang dekat dengan pantai biasanya memiliki konsentrasi logam yang lebih tinggi dibandingkan daerah di laut terbuka (Achmad *et al.*, 2023).

Secara alami, konsentrasi logam berat dalam air laut cenderung sangat rendah, yakni antara 10^{-5} hingga 10^{-2} ppm (Sasongko *et al.*, 2020). Kehadiran logam berat di dalam perairan memiliki risiko yang tinggi, baik secara langsung terhadap kehidupan organisme maupun terhadap kesehatan manusia. Hal tersebut berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit terurai, sehingga cenderung terakumulasi dalam lingkungan perairan (Ramlia *et al.*, 2018). Logam berat yang ada dalam perairan akan mengalami proses pengendapan, kemudian terakumulasi dalam tubuh biota laut yang ada dalam perairan, baik melalui insang maupun melalui rantai makanan dan akhirnya akan sampai pada manusia apabila mengkonsumsi biota laut yang mengandung logam berat (Utami *et al.*, 2018).

2.2 Timbal (Pb)

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya adalah *plumbum* (Pb). Timbal merupakan logam dengan bentuk

empat bentuk isotop yaitu 204, 206, 207 dan 208 serta memiliki titik leleh di atmosfer pada 327,5°C dan titik didih pada 1740°C. Timbal mempunyai titik uap 179,5 kJ/mol. Timbal memiliki gravitasi 11,34 dengan berat atom 207,20 (Heny *et al.*, 2022). Logam berat Timbal (Pb) memiliki ciri-ciri berwarna putih kebiruan atau warna kelabu keperakan. Timbal termasuk ke dalam kelompok logam berat golongan IVA di dalam sistem periodik unsur kimia. Timbal mempunyai nomor atom 82 berbentuk padat pada suhu kamar (Wiratama *et al.*, 2018).

Logam berat timbal dapat bersifat toksik, logam berat ini memiliki sifat yang sangat sulit untuk berdegradasi sehingga akan terakumulasi ke lingkungan, logam berat juga akan terakumulasi kedalam makhluk hidup dan masuk kedalam rantai makanan hingga trofik tertinggi yaitu manusia (Miranda *et al.*, 2018). Secara alamiah timbal dapat masuk ke dalam badan perairan melalui pengkristalan timbal di udara dengan bantuan air hujan. Konsentrasi logam berat yang menumpuk pada air akan masuk ke dalam sistem rantai makanan dan berpengaruh pada kehidupan organisme (Jati & Kuntjoro, 2023).

Timbal secara alamiah terdapat dalam jumlah kecil pada batu-batuan, penguapan lava, tanah dan tumbuhan. Timbal komersial dihasilkan melalui penambangan, peleburan, pemurnian dan pengolahan ulang (Mokalu *et al.*, 2017). Terdapat berbagai sumber lain yang dapat menyebabkan timbal di udara. Sumber-sumber alternatif yang tergolong besar ini antara lain adalah asap dari pabrik-pabrik yang membakar batu bara, mengolah senyawa-senyawa alkil timbal, timbal oksida, peleburan biji timbal dan bahan bakar kendaraan bermotor, karena senyawa-senyawa timbal yang terkandung dalam bahan bakar tersebut sangat mudah menguap (Monica, 2015).

Timbal memiliki sifat yang mudah di bentuk, lunak, merupakan penghantar listrik lemah dan memiliki kepadatan yang baik, penggunaan timbal dalam kehidupan sehari-hari seperti pembuatan gelas, penstabil PVC, bensin, bahan bakar, cat bahkan sebagai pestisida (Irianti *et al.*, 2017). Timbal dapat larut dalam asam nitrit, asam asetat dan asam sulfat pekat. Bentuk oksidasi yang paling umum adalah

timbal (II) dan senyawa organometalik yang terpenting adalah timbal tetra etil (TEL: *tetra ethyl lead*), timbal tetra metil (TML: *tetra methyl lead*) dan timbal stearat. Timbal merupakan logam yang tahan terhadap korosi atau karat, sehingga sering digunakan sebagai bahan coating (Amalia, 2016).

Konsentrasi timbal (Pb) dalam air diatur oleh Pemerintah Indonesia dengan tujuan untuk menentukan apakah suatu perairan telah terkontaminasi atau tidak, dengan menetapkan batas atau tingkat konsentrasi yang dianggap aman. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 ambang batas timbal untuk wisata bahari 0,005 mg/l, biota laut 0,008 mg/l dan pelabuhan 0,05 mg/l. Pencemaran timbal (Pb) di perairan yang melebihi konsentrasi ambang batas dapat terakumulasi kedalam biota dan perlahan akan menyebabkan kematian bagi biota perairan tersebut. Menurut KEPMEN Kelautan dan Perikanan Nomor 17 Tahun 2004 tentang sistem sanitasi kekerangan Indonesia, konsentrasi timbal (Pb) pada kerang maksimum 1,5 mg/kg berat bersih. Bagi manusia, termakannya senyawa timbal dalam konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan gejala keracunan timbal seperti iritasi gastrointestinal akut, rasa logam pada mulut, muntah, sakit perut dan diare (Priyani *et al.*, 2019).

2.3 Dampak Logam Berat Timbal (Pb) Bagi Kesehatan Manusia

Pencemaran logam berat pada makanan merupakan salah satu pencemaran yang umum terjadi pada lingkungan. Sumber pencemaran logam dapat berasal dari limbah industri, pertambangan, pertanian, dan limbah rumah tangga. Namun kontribusi limbah industri lebih besar mencemari lingkungan dengan logam berat karena logam berat sering digunakan sebagai bahan baku, bahan tambahan maupun sebagai katalisator (Dewi, 2022). Pencemaran lingkungan oleh logam berat dapat terjadi apabila industri yang menggunakan logam tersebut tidak memperhatikan langkah-langkah keselamatan lingkungan, terutama ketika membuang limbahnya. Logam tertentu dalam konsentrasi tinggi dapat menjadi sangat berbahaya jika ditemukan di lingkungan. Logam berat dapat memasuki tubuh manusia melalui konsumsi makanan yang terkontaminasi oleh alat masak, wadah (seperti kaleng

minuman atau makanan), dan juga melalui pernapasan, seperti menghirup asap yang berasal dari pabrik, proses industri, dan pembuangan limbah (Dewi, 2022).

Toksisitas logam berat dipengaruhi oleh banyak faktor, yaitu tingkat konsumsi logam, waktu konsumsi, usia, jenis kelamin, kebiasaan mengonsumsi makanan tertentu, dan kemampuan jaringan tubuh dalam mengakumulasi logam (Bella & Erlani, 2020). Faktanya, timbal dapat terakumulasi pada setiap makhluk hidup dan di seluruh rantai makanan. Manusia dapat terkontaminasi logam berat melalui makanan (65%), air (20%) maupun udara (15%). Sementara itu diketahui bahwa timbal tidak memiliki fungsi apapun bagi tubuh manusia. Jadi penyerapan timbal melalui makanan, air, maupun udara hanya menimbulkan kerugian saja (Bella & Erlani, 2020).

Menurut (Gultom & Sijabat, 2020), timbal (Pb) merupakan racun syaraf (*neurotoxin*) yang bersifat kumulatif, destruktif dan kontinu pada sistem haemofilik, kardiovaskuler dan ginjal. Anak yang telah menderita toksisitas timbal cenderung menunjukkan gejala hiperaktif, mudah bosan, mudah terpengaruh, sulit berkonsentrasi terhadap lingkungannya termasuk pada pelajaran, serta akan mengalami gangguan pada masa dewasanya nanti yaitu anak menjadi lamban dalam berfikir. Pada anak-anak, timbal menurunkan tingkat kecerdasan, pertumbuhan dan pendengaran, menyebabkan anemia dan dapat menimbulkan gangguan pemusatan perhatian dan gangguan tingkah laku. Pada kasus paparan yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan otak yang parah atau kematian. Anak kecil sangat rentan terhadap keracunan timbal. Sistem syaraf pusat mereka masih dalam taraf berkembang menyebabkan penyerapan timbal dari lingkungannya dibanding orang dewasa (Dewi, 2022). Biasanya manusia akan mengalami keracunan timbal bila mengonsumsi timbal sekitar 0,2 sampai 2 mg/hari (Gultom & Sijabat, 2020). Komite Ahli Gabungan FAO/WHO (2011) tentang Bahan Aditif Makanan (JECFA), memperkirakan bahwa asupan mingguan timbal sementara yang dapat ditoleransi (*Provisional Tolerable Weekly Intake/PTWI*) sebesar 25 µg/kg untuk semua kelompok umur.

Timbal merupakan zat *xenobiotik* yang asing bagi tubuh yang dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan. Logam berat timbal dapat mempengaruhi fungsi hematopoietik, saraf, endokrin, ginjal, saluran pencernaan, darah dan sistem reproduksi (Dewi, 2022). Menurut Peraturan BPOM Nomor 9 Tahun 2022 tentang persyaratan logam berat dalam pangan olahan, batas maksimal cemaran logam berat dalam kerang yaitu 1 mg/kg untuk logam timbal (Pb), 1 mg/kg untuk logam kadmium (Cd), dan 0,5 mg/kg untuk logam merkuri (Hg). Adanya logam tersebut, walaupun dengan konsentrasi kecil akan membahayakan kesehatan konsumen dan mengingat logam berat akan tertimbun di dalam tubuh, sehingga lambat laun konsentrasinya akan meningkat dan sangat membahayakan kesehatan (Kunyah *et al.*, 2021).

Keracunan akut dapat terjadi jika timbal masuk ke dalam tubuh seseorang lewat makanan. Gejala yang timbul berupa mual, muntah, sakit perut hebat, kelainan fungsi otak, tekanan darah naik, anemia berat, keguguran, penurunan fertilitas pada laki-laki, gangguan sistem saraf, kerusakan ginjal, bahkan kematian dapat terjadi dalam waktu 1-2 hari. Keracunan timbal pada anak-anak dapat mengurangi kecerdasan. Kelainan fungsi otak terjadi karena timbal secara kompetitif menggantikan peranan mineral-mineral utama seperti Zn, Cu, dan Fe dalam mengatur fungsi sistem syaraf pusat. Hingga pada gilirannya akan mengurangi peluang bagi anak untuk berhasil dalam sekolahnya. Dampak lebih jauh, bila tidak ada pengendalian polusi udara di perkotaan, suatu saat nanti anak-anak di desa akan lebih pintar daripada anak-anak yang dibesarkan di kota-kota besar (Septriani *et al.*, 2023).

2.4 Parameter Pendukung Kualitas Air

Kualitas air merupakan suatu kondisi kualitatif air yang dapat diukur dan diuji menggunakan parameter-parameter tertentu serta metode tertentu pula. Penentuan kualitas air dapat dilihat dari hasil pengukuran beberapa parameter. Parameter air sendiri terbagi menjadi 3 antara lain fisik, kimia dan biologi. Parameter fisika dan

kimia yang biasa digunakan meliputi salinitas, pH, suhu, dan *Dissolved Oxygen* (DO) (Dewanti *et al.*, 2018).

2.4.1 Salinitas

Salinitas merupakan salah satu parameter fisika yang dapat mempengaruhi kualitas air. Salinitas adalah konsentrasi total ion yang terdapat di air. Salinitas menggambarkan padatan total di dalam air, setelah semua karbonat dikonversi menjadi oksida, semua bromide dan iodide digantikan oleh klorida, dan semua bahan organik telah dioksidasi. Salinitas penting artinya bagi kelangsungan hidup organisme, hampir semua organisme laut hanya dapat hidup pada daerah yang mempunyai perubahan salinitas yang kecil. Nilai salinitas sangat dipengaruhi oleh suplai air tawar ke air laut, curah hujan, musim, topografi, pasang surut, dan evaporasi (Sumarno & Rudi, 2016). Menurut As-Syakur & Wiyanto (2016), terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi nilai salinitas yaitu cuaca, penguapan, dan curah hujan sehingga salinitas dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup organisme laut.

Salinitas adalah konsentrasi seluruh larutan garam yang diperoleh dalam air laut, salinitas air berpengaruh terhadap tekanan osmotik air, semakin tinggi salinitas maka akan semakin besar pula tekanan osmotiknya (Hamuna *et al.*, 2018). Satuan salinitas adalah per mil (‰), yaitu jumlah berat total (gr) material padat seperti NaCl yang terkandung dalam 1000 gram air laut (Mubarok & Wibowo, 2016). Nilai salinitas air untuk perairan tawar berkisar antara 0–5 ppt, perairan payau biasanya berkisar antara 6–29 ppt, dan perairan laut berkisar antara 30–40 ppt (Harahap *et al.*, 2020). Salinitas dapat mempengaruhi keberadaan konsentrasi logam berat yang ada di perairan. Besar kecilnya nilai konsentrasi logam berat disebabkan oleh salinitas. Pada perairan dengan salinitas tinggi, maka konsentrasi logam berat di perairan semakin kecil. Sedangkan pada perairan dengan salinitas rendah, maka menyebabkan peningkatan konsentrasi logam berat, daya toksik dan tingkat akumulasi logam berat (Fendjalang *et al.*, 2023).

2.4.2 pH

Derajat keasaman (pH) merupakan logaritma negatif dari konsentrasi ion-ion hidrogen yang terlepas dalam suatu cairan dan merupakan indikator baik buruknya suatu perairan. pH suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang cukup penting dalam memantau kestabilan perairan (Hamuna *et al.*, 2018). Peningkatan nilai pH pada suatu badan air dipengaruhi oleh sampah organik maupun sampah non organik yang masuk ke badan sungai. Air dengan nilai pH sebesar 6,5 sampai 7,5 merupakan air normal yang digunakan untuk organisme hidup (Ningrum, 2018).

pH dapat diukur berdasarkan jumlah 24 ion hidrogen dengan rumus $pH = -\log(H^+)$. Air murni dengan kandungan ion H^+ dan OH^- dalam jumlah seimbang akan menghasilkan pH 7 netral. Apabila jumlah kandungan OH^- dalam air makin banyak, maka nilai pH air tersebut juga akan tinggi (basa), begitu pula sebaliknya apabila kandungan ion H^+ dalam air makin tinggi maka pH air tersebut akan makin rendah (asam) (Hertika *et al.*, 2022). Tingkat toksisitas suatu senyawa kimia dalam air salah satunya juga dipengaruhi oleh pH. Apabila pada pH rendah maka tingkat toksisitas logam berat dalam air akan tinggi, begitu pula sebaliknya apabila nilai pH tinggi maka tingkat toksisitas logam berat dalam air akan turun. Selain itu rendahnya nilai pH suatu perairan juga akan meningkatkan konsentrasi logam berat (Mangalik *et al.*, 2023).

2.4.3 Suhu

Suhu perairan merupakan salah satu faktor yang amat penting bagi kehidupan organisme di perairan. Suhu merupakan salah satu faktor eksternal yang paling mudah untuk diteliti dan ditentukan. Aktivitas metabolisme serta penyebaran organisme air banyak dipengaruhi oleh suhu air. Suhu juga sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air, suhu pada badan air dipengaruhi oleh musim, lintang, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan dan aliran serta kedalaman air. Suhu perairan berperan mengendalikan kondisi ekosistem perai-

ran. Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba (Hamuna *et al.*, 2018). Kenaikan suhu dapat menyebabkan stratifikasi atau pelapisan air, stratifikasi air ini dapat berpengaruh terhadap pengadukan air dan diperlukan dalam rangka penyebaran oksigen sehingga dengan adanya pelapisan air tersebut di lapisan dasar tidak menjadi anaerob. Perubahan suhu permukaan dapat berpengaruh terhadap proses fisik, kimia dan biologi di perairan tersebut (Hamuna *et al.*, 2018).

Sejatinya tinggi rendahnya suhu di pengaruhi oleh perbedaan intensitas cahaya yang menyinari perairan dan juga di pengaruhi oleh perbedaan ketinggian yang mana pada umumnya suhu udara dataran rendah lebih tinggi dibandingkan dataran tinggi (Dharmawibawa, 2019). Menurut Emaliana & Lesmana (2016), suhu dapat mempengaruhi kecepatan reaksi kimia pada air, baik dalam media luar maupun pada tubuh ikan di perairan tersebut. Apabila semakin tinggi suhu, maka reaksi kimia yang terjadi akan semakin cepat, namun konsentrasi gas pada air seperti oksigen akan turun dan akan berdampak pada makhluk hidup di dalam air. Menurut Budiastuti *et al.*, (2016) suhu juga mempengaruhi toksisitas logam berat terhadap biota akuatik. Suhu yang meningkat menyebabkan proses pemasukan logam berat dalam tubuh biota juga akan meningkat dan reaksi pembentukan ikatan antara logam berat dengan protein dalam tubuh pun semakin cepat.

2.4.4 Dissolved Oxygen (DO)

DO merupakan parameter yang penting dan diperlukan bagi semua organisme. Terjadinya penurunan oksigen terlarut dalam perairan akan memberikan dampak berbahaya bagi kehidupan akuatik. Konsentarsi oksigen terlarut merupakan parameter yang paling banyak menyita perhatian karena mencerminkan kualitas air dan salah satu parameter penentuan kesehatan suatu ekosistem perairan (Astuti & Lismining, 2018). Konsentrasi oksigen terlarut pada perairan sangat erat hubungannya dengan konsentrasi karbondioksida, dimana tingginya konsentasi karbondioksida menyebabkan oksigen terlarut dalam perairan menurun dimana menyebabkan kematian pada organisme (Idrus, 2018).

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*) adalah total jumlah oksigen yang ada (terlarut) di air. DO dibutuhkan oleh semua makhluk hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Umumnya oksigen dijumpai pada lapisan permukaan karena oksigen dari udara di dekatnya dapat secara langsung larut berdifusi ke dalam air laut (Hamuna *et al.*, 2018). Kebutuhan organisme terhadap oksigen terlarut relatif bervariasi tergantung pada jenis, stadium dan aktifitasnya (Gemilang & Kusumah, 2017). Menurut Puspitasari *et al.*, (2017) bahwa secara biologis maupun kimiawi tinggi dan rendahnya nilai DO sangat berpengaruh dalam kualitas perairan. Apabila nilai DO rendah, maka tingkat pencemaran dalam suatu perairan tersebut secara biologis maupun kimiawi cukup tinggi. Adanya logam pencemar yang berlebihan dalam suatu perairan dapat mempengaruhi sistem pernafasan organisme air, maka dapat dikatakan bahwa rendahnya konsentrasi oksigen terlarut dalam air berbanding terbalik dengan konsentrasi logam pencemar.

2.5 Keamanan Pangan

Keamanan Pangan adalah kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat sehingga aman untuk dikonsumsi (UUD No 18, 2012). Keamanan pangan sangat penting karena keterkaitannya dengan penyakit akibat pangan dimana masalah keamanan pangan di suatu daerah dapat menjadi masalah internasional mengingat saat ini produksi pangan telah menjadi industri yang diperjual belikan dan di distribusikan secara global (BPOM, 2015).

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 86 Tahun 2019 tentang Keamanan Pangan, penyelenggaraan keamanan pangan memiliki tujuan yakni untuk melindungi masyarakat dari kemungkinan makanan yang tercemar. Penjaminan ketersediaan

bahan pangan bagi masyarakat dapat dilakukan dengan menerapkan berbagai tahapan sesuai dengan persyaratan keamanan pangan yang telah sesuai dengan regulasi, mulai dari tahapan persiapan bahan pangan, proses pengolahan, serta pendistribusian hingga sampai kepada konsumen. Untuk menjamin keamanan pangan yang tersedia bagi masyarakat, maka perlu diterapkan keamanan pangan di seluruh rantai pangan, mulai dari tahap produksi sampai ke tangan konsumen (Lestari, 2020).

Pangan yang tidak aman dapat menyebabkan penyakit yang disebut dengan *foodborne diseases* yaitu gejala penyakit yang timbul akibat mengkonsumsi pangan yang mengandung bahan atau senyawa beracun atau organisme patogen. Penyakit-penyakit yang ditimbulkan oleh pangan dapat digolongkan ke dalam dua kelompok utama yaitu infeksi dan intoksikasi. Istilah infeksi digunakan bila setelah mengkonsumsi pangan atau minuman yang mengandung bakteri patogen, timbul gejala-gejala penyakit. Intoksikasi adalah keracunan yang disebabkan karena mengkonsumsi pangan yang mengandung senyawa beracun (PP No 86, 2019).

Menurut Hutasoit (2020) beberapa faktor yang menyebabkan makanan menjadi tidak aman adalah:

a. Kontaminasi

Kontaminasi adalah masuknya zat asing ke dalam makanan yang tidak dikehendaki atau diinginkan. Kontaminasi dikelompokkan ke dalam empat macam, yaitu:

- 1) Kontaminasi mikroba seperti bakteri, jamur, cendawan.
- 2) Kontaminasi fisik seperti rambut, debu, tanah, serangga dan kotoran lainnya.
- 3) Kontaminasi kimia seperti pupuk, pestisida, merkuri, arsen, cyanida dan sebagainya.
- 4) Kontaminasi radioaktif seperti radiasi, sinar alfa, sinar gamma, radioaktif, sinar kosmik dan sebagainya.

b. Keracunan

Keracunan adalah timbulnya gejala klinis suatu penyakit atau gangguan kesehatan lainnya akibat mengkonsumsi makanan yang tidak higienis. Makanan yang men-

jadi penyebab keracunan umumnya telah tercemar oleh unsur-unsur fisika, mikroba atau kimia dalam dosis yang membahayakan. Kondisi tersebut dikarenakan pengolahan makanan yang tidak memenuhi persyaratan kesehatan atau tidak memperhatikan kaidah-kaidah higiene dan sanitasi makanan. Keracunan dapat terjadi karena :

- 1) Bahan makanan alami, yaitu makanan yang secara alami telah mengandung racun seperti jamur beracun, ikan buntal, ketela hijau, umbi gadung atau umbi racun lainnya.
- 2) Infeksi mikroba, yaitu bakteri pada makanan yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah besar dan menimbulkan penyakit seperti kolera, diare, disentri.
- 3) Racun atau toksin mikroba yaitu racun atau toksin yang dihasilkan oleh mikroba dalam makanan yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah membahayakan (*lethal dose*).
- 4) Zat kimia, yaitu bahan berbahaya dalam makanan yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah membahayakan.
- 5) Alergi, yaitu bahan alergen di dalam makanan yang dapat menimbulkan reaksi sensitif kepada orang-orang yang rentan.

2.6 Kerang Hijau (*Perna viridis*)

Kerang hijau digolongkan ke dalam jenis binatang lunak (*mollusca*), bercangkang dua (*bivalvia*), bernafas dengan insang yang berlapis-lapis (*lamellibranchiata*) berkaki kapak (*pelecypoda*) (Santoso, 2023).



Gambar 2. Kerang hijau (*Perna viridis*) (Linnaeus, 1758).
(sumber: Irnidayanti *et al.*, 2023)

Taksonomi kerang hijau menurut Cappenberg & Hendrik (2008), adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Phylum : Molusca
Class : Bivalvia
Sub class : Lamellibranchia
Ordo : Anisomyria
Superfamily : Mytilacea
Family : Mytilidae
Sub family : Mytilinae
Genus : Perna
Species : *Perna viridis*

Kerang dari family *Mytilidae* mempunyai kebiasaan hidup yang berbeda dari jenis kerang yang lain. Jenis kerang lain hidupnya berada di pasir atau lumpur yang berada di dasar perairan, namun kerang hijau (*Perna viridis*) hidupnya menempel pada benda yang ada di sekitarnya dan karakter menempel ini bersifat permanen yang artinya menempel dari benih hingga dewasa. Kerang hijau ini pun tidak mati walaupun dalam keadaan air laut surut (Santoso, 2023).



Gambar 3. Budi daya kerang hijau

Kerang hijau berbentuk agak pipih, cangkangnya padat memanjang dan mempunyai umbo (puncak cangkang) yang mengarah tepi sentral. Tipe garis pertumbuhannya terpusat, cangkang bagian dalam berkilau, berwarna hijau dengan tepi berwarna kebiruan. Kedua cangkang berukuran sama, tapi salah satu cangkang lebih kembang daripada yang lainnya. Ukuran panjang cangkang berkisar

antara 4,0 cm sampai 6,5 cm. Kerang hijau dapat tumbuh maksimal dengan panjang cangkang maksimum: 16,5 cm Panjang cangkang umumnya dua kali lebarnya. Pada cangkang bagian luar terdapat garis-garis lengkung ini disebut garis pertumbuhan atau garis umur. Cangkang bagian dalamnya halus dan berwarna putih mengkilat kepelangian (Hidayat, 2019).

Kerang hijau merupakan organisme dominan di perairan dangkal (zona pasang surut) dan ekosistem lepas pantai, termasuk pantai berbatu di perairan terbuka maupun di estuaria. Distribusi kerang hijau secara geografis tersebar meluas di beberapa belahan dunia. Perairan yang dihuni umumnya adalah perairan yang substratnya berpasir dan lumpur atau menempel pada substrat keras, batu atau kayu. Kerang hijau (*Perna viridis*) hidup di perairan teluk, mangrove dan muara sungai dengan kondisi dasar lingkungannya adalah berlumpur campur pasir, dengan cahaya dan pergerakan air yang cukup, serta kadar garam yang tidak terlalu tinggi (Temmy *et al.*, 2018).

Budi daya kerang hijau memerlukan substrat yang baik yang digunakan sebagai tempat menempel dengan sempurna dan tidak terbawa arus. Substrat yang baik akan menunjang tingkat pelekatan benih kerang hijau (Sulvina *et al.*, 2015). Kerang hijau akan tumbuh dengan baik pada kedalaman 1-7 meter di perairan yang kaya akan plankton dan bahan organik tersuspensi. Syarat kualitas air yang ideal untuk budi daya kerang hijau adalah: suhu 26-31°C, salinitas 27-34 ppt, pH 6-8, kecerahan air 3,5-4,0 m (Hidayat, 2019).

Kerang hijau mendapatkan makanannya dengan cara menyaring partikel-partikel dari suatu perairan. Kerang hijau akan memasukkan air melalui rongga mantel sehingga mendapatkan partikel-partikel yang ada dalam air. Makanan utama dari kerang hijau adalah mikroalga sedangkan makanan tambahannya adalah bakteri dan zat organik terlarut. Cara makan kerang hijau ini juga yang memungkinkan zat berbahaya seperti logam berat masuk kedalam tubuh kerang hijau. Kerang hijau juga termasuk kedalam organisme yang bersifat sesil sehingga kerang hijau lebih berpotensi terkena logam berat karena tidak bisa menghindari logam berat

seperti organisme lain (Hidayat, 2019). Logam berat yang terakumulasi oleh kerang pada umumnya berasal dari air, sedimen, padatan tersuspensi dan fitoplankton. Unsur tersebut masuk ke dalam tubuh organisme melalui rantai makanan, insang dan difusi oleh permukaan kulit. Logam berat masuk ke dalam tubuh melalui makanan, penumpukan senyawa logam dan koloid logam melalui sistem pengumpul makanan seperti insang pada bivalvia. Mekanisme masuknya logam berat melewati membran sel melalui empat cara, yaitu difusi pasif lewat membran, filtrasi lewat pori-pori membran, transport dengan perantaraan organ pengangkut dan penyerapan oleh sel (Suryono, 2016).

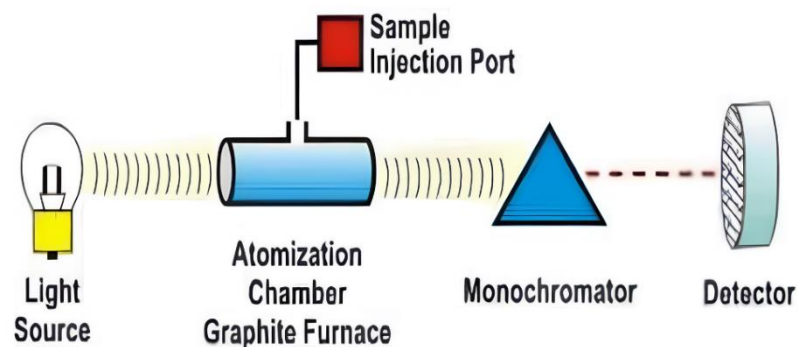
Siklus hidup dari kerang hijau memiliki proses dari larva sampai dewasa. Siklus hidup di alam dimulai dari larva kerang hijau menghadapi berbagai jenis musuh alami di lingkungan yang merupakan predator paling utama. Alat kelamin kerang hijau dalam satu individu hanya ada satu organ reproduksi. Kerang hijau memiliki dua organ reproduksi betina dan jantan dalam satu individu atau disebut hemaprodit. Kerang hijau dewasa mampu bertelur dengan jumlah yang bervariasi tergantung ukuran tubuhnya. Kerang hijau memiliki kemampuan bereproduksi sepanjang tahun (Muna, 2021). Siklus reproduksi pada kerang hijau terdiri dari sejumlah aktivitas gonad, termasuk gametogenesis dengan tujuan untuk melepaskan gamet yang telah matang serta pembentukan kembali gamet. Pembentukan kembali gamet ini ditandai dengan aktivitas gametogenesis dan memuncaknya emisi gamet. Aktivitas reproduksi diawali dengan siklus gametogenesis yang diikuti dengan pembentukan gamet dimana folikel sebagian atau seluruhnya telah kosong, yang mencapai seksual jatuh tempo dalam 2-3 bulan dan bisa hidup sekitar 3 tahun (Muna, 2021).

2.7 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) adalah suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Meto-

de AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Metode serapan atom hanya tergantung pada perbandingan dan tidak bergantung pada temperatur (Nasir, 2020).

Teknik spektrofotometri serapan atom tungku grafit atau GF-AAS (*Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry*), atomisasi dilakukan tanpa nyala yaitu melalui energi listrik pada batang karbon yang berbentuk tabung grafit yang dipanaskan pada suhu hingga 3000°C untuk menghasilkan awan atom. Kecepatan atom yang lebih tinggi dan waktu tinggal lebih lama meningkatkan batas deteksi AAS tanpa nyala hingga 1000x dibandingkan dengan AAS nyala yaitu hingga kisaran sub-ppb. Namun, karena keterbatasan suhu dan penggunaan kuvet grafit, kinerja elemen refraktori masih terbatas (Isnaeni, 2021). GFAAS menggunakan grafit berbentuk silinder yang memiliki sensitivitas 10 sampai 200 kali dibanding atomisasi menggunakan nyala api (Budiyanto, 2017).



Gambar 4. Ilustrasi teknik AAS tungku grafit
(sumber: Isnaeni, 2021)



Gambar 5. Spektrofotometri serapan atom tungku grafit Agilent Technologies 200 Series AA GTA 120 tahun 2016.

Adapun kelebihan dan kekurangan SSA tungku grafit menurut (Isnaeni, 2021), sebagai berikut:

Tabel 1. Kelebihan dan kekurangan SSA tungku grafit

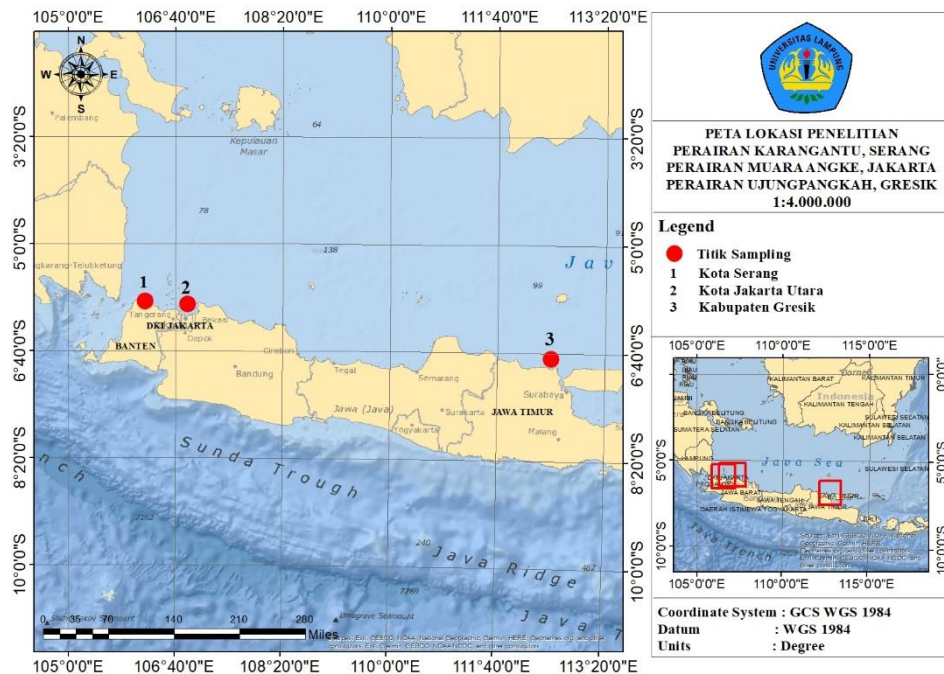
Kelebihan	Kekurangan
Limit deteksi sangat baik	Waktu analisis lebih lama
Ukuran sampel kecil	Gangguan kimia
Harga instrumen terjangkau, biaya perawatan dan set up alat relatif lebih murah	Unsur yang dianalisis terbatas, beberapa unsur perlu didigest sebelum analisis
Instrumen sangat lengkap	1 – 6 unsur per analisa (<i>sampel throughput</i> rendah)
Gangguan spektra sedikit	Tidak efektif untuk penyerapan secara cepat atau massal
Membutuhkan volume sampel yang sedikit	Rentang dinamis terbatas

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei – Agustus 2023 yang diawali dengan pengambilan sampel di 3 lokasi berbeda yang merupakan area budi daya kerang hijau. Lokasi pengambilan sampel kerang hijau sebagai berikut (Gambar 8):

1. wilayah perairan Karangantu, Kota Serang, Provinsi Banten;
2. wilayah perairan Muara Angke, Kota Jakarta Utara, Provinsi DKI Jakarta; dan
3. wilayah perairan Ujungpangkah Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur.



Gambar 6. Peta lokasi penelitian

Perairan Karangantu yang berada di Teluk Banten secara geografis berada di Kabupaten Serang, merupakan perairan semi tertutup yang berada di Pantai Utara Jawa sehingga memiliki karakteristik perairan dangkal dan tenang dengan luas sekitar 120 km². Memiliki kedalaman tidak lebih dari 25 m dan memiliki dasar perairan yang terdiri atas lumpur bercampur pasir pada bagian pesisirnya. Kegiatan industri yang ada di sekitar perairan diantaranya pabrik plastik, industri perakit kapal, industri kerajinan, dan kegiatan antropogenik lainnya (Prasadi *et al.*, 2016).

Perairan Muara Angke yang berada di Teluk Jakarta terletak di utara Ibukota Jakarta dengan garis pantai memanjang sejauh 72 km dari Tanjung Pasir di Barat sampai Tanjung Karawang di Timur. Memiliki jenis perairan semi tertutup dan berhadapan langsung dengan Laut Jawa (Rahmat *et al.*, 2019). Lokasi perairan yang strategis membuat wilayah ini terancam pencemaran lingkungannya terutama kualitas perairan. Teluk Jakarta merupakan kawasan strategis nasional, banyak terdapat aktivitas industri, rumah tangga dan lain-lain yang berpotensi melakukan pencemaran sehingga kondisi perairan tersebut tercemar dan kotor. Kondisi perairan Teluk Jakarta termasuk perairan yang tercemar namun disisi lain masih terdapat aktivitas budi daya seperti keramba dan tambak pada beberapa lokasi di Teluk Jakarta (Prima *et al.*, 2016).

Perairan estuari Ujung Pangkah merupakan pertemuan antara Laut Jawa dengan muara sungai Bengawan Solo yang terletak di Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Gresik merupakan salah satu kota yang mendapat predikat sebagai kota industri. Oleh sebab itu, banyak terdapat pabrik-pabrik besar yang beroperasi di daerah ini. Industri tersebut antara lain ialah industri semen, industri elektronik, dan industri pupuk. Selain itu, juga banyak terdapat berbagai perusahaan lain di bidang minyak bumi dan gas, automotif, dan konstruksi bangunan. Terdapat kawasan mangrove di perairan Ujungpangkah, namun kondisi hutan mangrove mengalami penurunan kualitas ekosistem mangrove yang diakibatkan abrasi pantai dan deforestasi serta konversi lahan menjadi tambak dan dibukanya wisata mangrove (Radita *et al.*, 2023). Perairan Ujungpangkah banyak mengalami degradasi ekosistem yang di-

sebabkan oleh masukan limbah secara terus menerus. Hal tersebut dikarenakan, estuari menjadi lokasi berkumpulnya zat-zat pencemar yang terbawa oleh aliran sungai. Salah satu dari zat-zat pencemar yang berbahaya ialah logam berat (Rayyan *et al.*, 2019).

Pemilihan lokasi penelitian merujuk pada wilayah dengan produsen penghasil kerang hijau tertinggi di Indonesia. Setelah sampel didapatkan, penelitian dilanjutkan dengan pengujian konsentrasi logam berat timbal (Pb) dilakukan di Laboratorium Kualitas Air dan Laboratorium Residu, Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang yang berlokasi di Jl. Raya Carita, Desa Umbul Tanjung, Kabupaten Serang, Banten. Analisis data dilakukan di Laboratorium Oseanografi, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari 2 bagian, yaitu alat dan bahan yang digunakan pada saat pengambilan sampel di lapangan dan alat dan bahan yang digunakan pada saat melakukan pengujian di laboratorium. Alat dan bahan yang digunakan dalam pengambilan sampel di lapangan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat dan bahan pengambilan sampel di lapangan

No	Alat dan Bahan	Kegunaan
1.	Refraktometer	Mengukur salinitas air laut.
2.	pH Meter	Mengukur konsentrasi keasaman perairan dan suhu perairan.
3.	GPS	Mengetahui lokasi penelitian
4.	Pipet Tetes	Mengambil aquadest
5.	Kertas label	Memberi tanda tiap sampel.
6.	<i>Cool box</i>	Tempat untuk menyimpan sampel setelah diambil yang bertujuan untuk menjaga kestabilan suhu sampel uji.
7.	Alat Tulis	Mencatat hasil pengukuran.
8.	Do Meter	Mengukur oksigen terlarut.

Alat yang digunakan dalam pengujian logam berat timbal (Pb) adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Alat yang digunakan dalam pengujian

No	Nama Alat	Kegunaan
1.	Labu Ukur 50 ml dan tutup	Wadah sampel yang akan diuji.
2.	Seperangkat Alat AAS (<i>Atomic Absorption Spectrofotometry</i>) tungku grafit Agilent Technologies 200 Series AA GTA 120 2016	Mengukur konsentrasi logam berat Pb pada tubuh kerang hijau
3.	Mikropipet	Untuk memipet larutan dalam jumlah kecil
4.	Ruang Asam	Untuk melakukan <i>Preparasi</i> sampel.
5.	<i>Microwave digestion</i> ETHOS UP	Alat untuk melarutkan logam berat padatan menjadi larutan.
6.	Timbangan analitik	Untuk menimbang sampel kerang hijau.
7.	Blender	Untuk menghaluskan sampel kerang hijau.
8.	Gloves	Untuk melindungi tangan dari bahan-bahan kimia berbahaya.
9.	Rak liner	Untuk menyimpan atau menata liner <i>microwave digestion</i> .
10.	Pipet tetes	Untuk memindahkan larutan dalam jumlah yang sedikit.
11.	Tabung centrifuge 50 mL	Sebagai wadah daging kerang hijau yang telah dihaluskan.
12.	Spatula	Untuk mengambil dan memindahkan sampel yang telah dihaluskan.

Bahan dalam pengujian logam berat timbal (Pb) adalah sebagai berikut.

Tabel 4. Bahan yang digunakan dalam pengujian

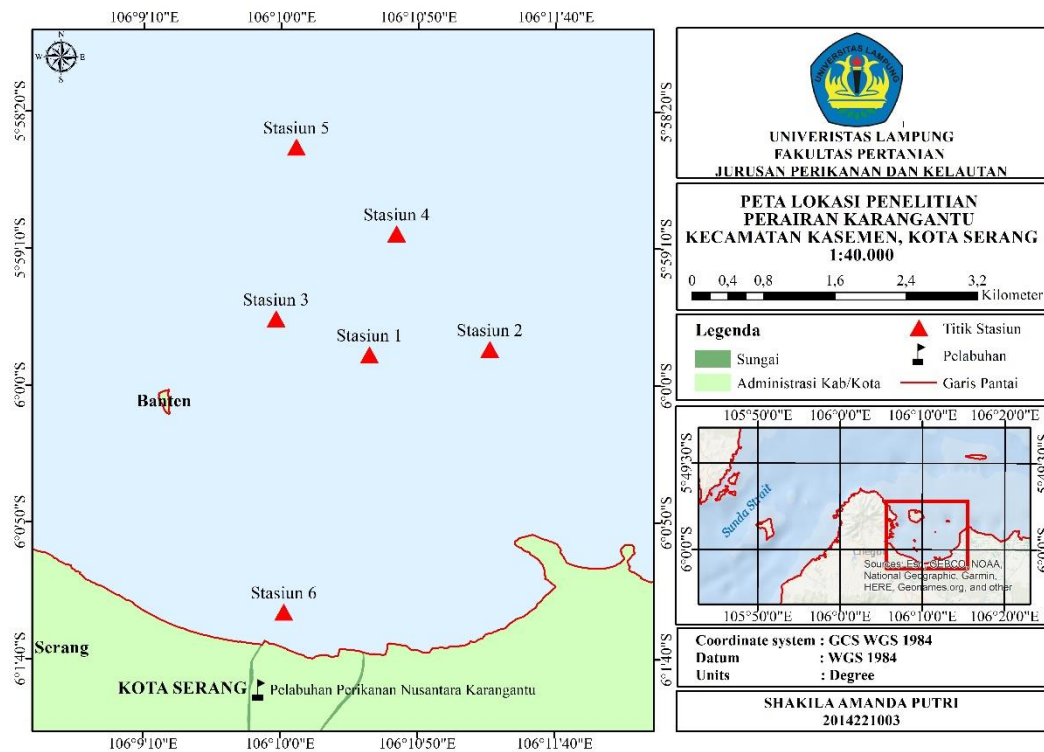
No	Nama Bahan	Kegunaan
1.	HNO ₃ 65%	Reagen uji untuk Pb pada pengujian sampel kerang hijau
2.	H ₂ O ₂ 30%	Reagen uji untuk Pb pada pengujian sampel kerang hijau
3.	Aquabidest	Sebagai blanko pada pengujian logam berat sampel kerang hijau.
4.	Aquades	Sebagai pelarut pada larutan standar Pb

Tabel 4. (lanjutan)

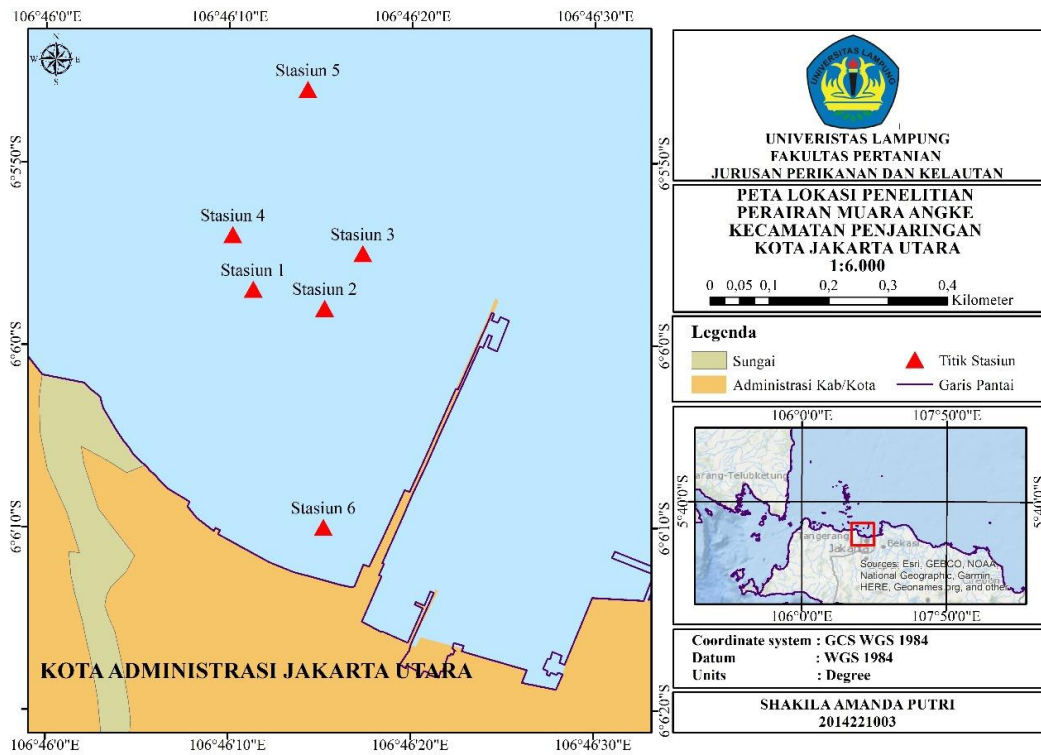
4.	Larutan standar Pb 20 ppb	Untuk mengkalibrasi pada pengukuran logam berat kerang hijau
5.	Sampel Kerang hijau	Sebagai contoh uji untuk pengujian logam berat.

3.3 Pengambilan Sampel Kerang Hijau

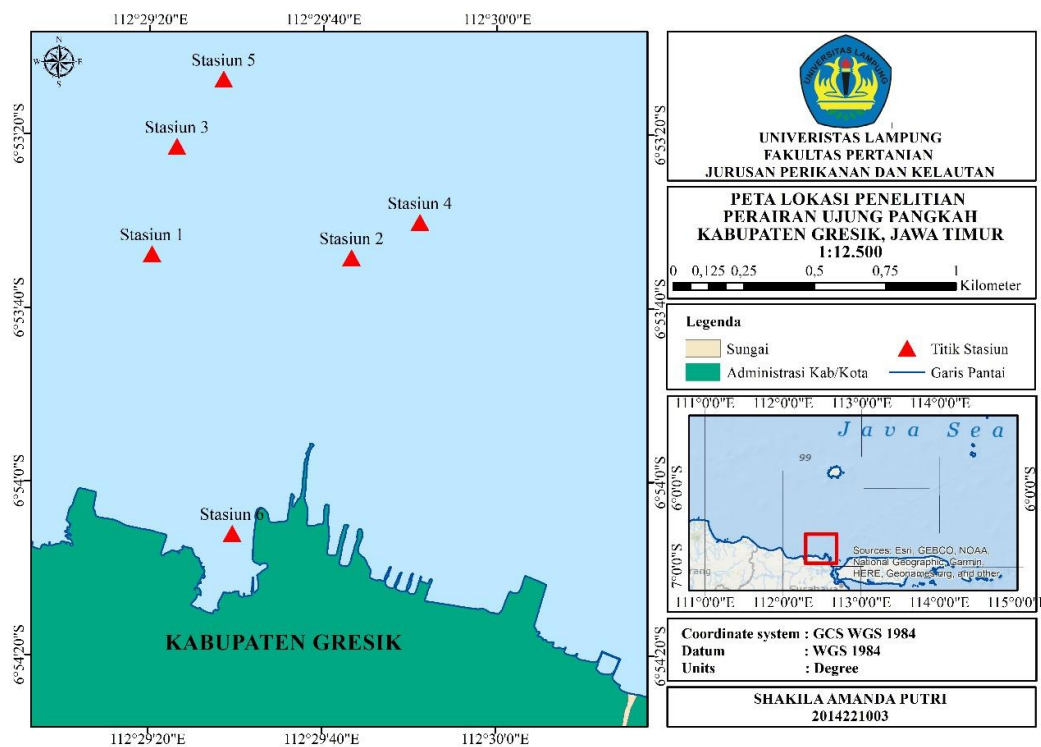
Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan secara *purposive sampling*, dimana peneliti menentukan dengan pengamatan dan penilaian tertentu berdasarkan ciri-ciri dan karakteristik lokasi penelitian. Faktor yang menjadi pertimbangan dari penentuan titik sampel didasarkan pada letak tancapan bambu budi daya kerang hijau dan letak sumber masukan limbah pencemar ke dalam air laut. Pengambilan sampel air laut dan kerang hijau dilakukan sebanyak 1x di tiga wilayah yang berbeda dengan masing-masing wilayah terdiri dari 6 stasiun. Peta lokasi penelitian I, II, dan III disajikan pada Gambar 7, 8 dan 9 sebagai berikut.



Gambar 7. Peta lokasi penelitian di Kota Serang



Gambar 8. Peta lokasi penelitian di Kota Jakarta Utara



Gambar 9. Peta lokasi penelitian di Kab. Gresik

Faktor yang menjadi pertimbangan dari penentuan titik sampel didasarkan pada:

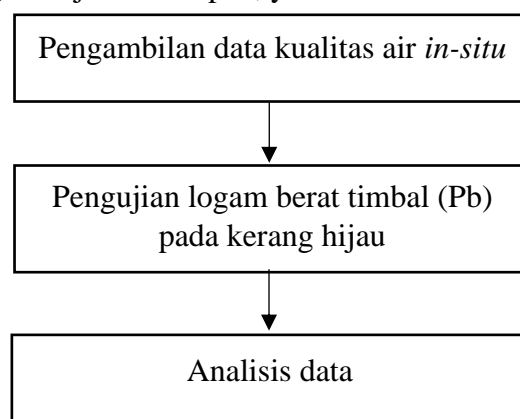
- Stasiun 1, 2, 3 dan 4 adalah titik bambu tancapan kerang hijau.
- Stasiun 5 adalah perairan yang berada jauh dari aktivitas daratan.
- Stasiun 6 adalah sumber masuknya pencemaran.

3.4 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel kerang hijau dilakukan dengan cara mengambil sebanyak 1 kg kerang hijau dari setiap stasiun (total 4 kg untuk 4 stasiun). Sampel kerang hijau yang diambil dimasukkan ke dalam plastik zip, lalu plastik diberi label sesuai stasiun dan ukuran kerang. Sampel kerang hijau yang telah diambil kemudian dimasukkan ke dalam *coolbox* agar suhunya tetap terjaga. Pengukuran parameter kualitas air laut dilakukan secara *in-situ dan ex-situ*. Parameter kualitas air yang dilakukan secara *in-situ* adalah salinitas, suhu, pH, dan oksigen terlarut dalam air. Sedangkan pengukuran parameter *ex-situ* adalah nilai konsentrasi cemaran limbah logam berat jenis Timbal (Pb) pada tubuh kerang hijau yang diuji di Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang pada Laboratorium Residu menggunakan alat *Atomic Absorption Spektrofotometri (AAS)*.

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terbagi menjadi 3 tahapan, yaitu:

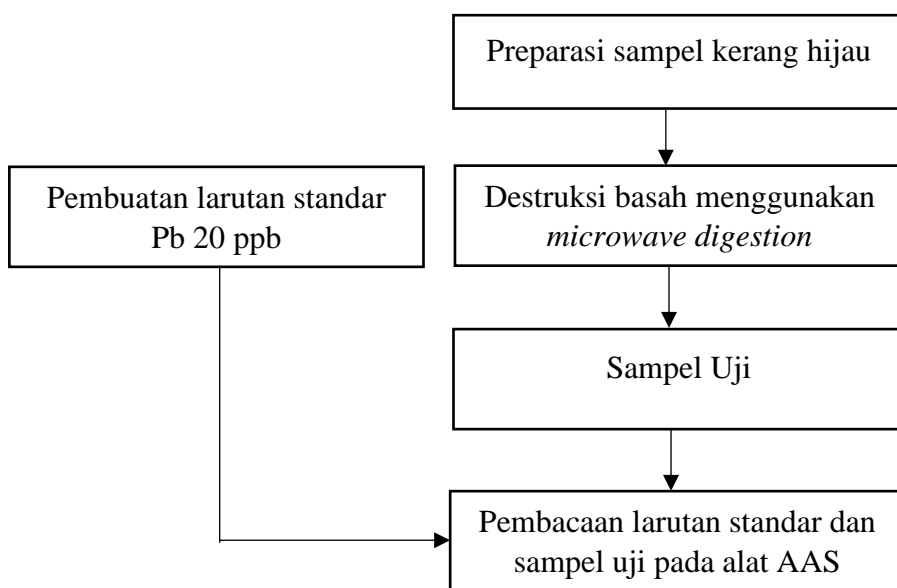


3.5.1 Prosedur pengambilan data kualitas air *in-situ*

Pengambilan data kualitas air dilakukan secara *in-situ* atau dilakukan langsung di lokasi penelitian. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Mei sampai Agustus 2023 yang terdiri dari 6 stasiun dalam 1 kali pengambilan. Data kualitas air *in-situ* yang diambil meliputi salinitas, pH, suhu, *Dissolved Oxygen* (DO), dan kedalaman. Pengambilan data salinitas menggunakan alat *refractometer*, pengambilan data pH menggunakan alat pH meter, pengambilan data suhu dan DO menggunakan alat DO meter, dan pengambilan data kedalaman menggunakan *depth* meter.

3.5.2 Prosedur pengujian logam berat timbal (Pb) pada kerang hijau

Proses pengujian konsentrasi logam berat Timbal (Pb) pada kerang hijau berdasarkan SNI 2354.5:2011 tentang Cara uji kimia – Bagian 5: Penentuan konsentrasi logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada produk perikanan. Pengujian terdiri dari 3 tahapan, yaitu:



3.5.2.1 Preparasi sampel kerang hijau

Preparasi sampel kerang hijau dilakukan dengan cara:

1. daging dan organ dalam sampel kerang hijau dipisahkan dari cangkangnya,

2. kemudian daging dan organ dalam dihaluskan menggunakan blender secara bersamaan,
3. sampel kerang hijau yang telah dihaluskan dimasukkan ke dalam tabung *centrifuge* 50 ml.

3.5.2.2 Destruksi basah menggunakan *microwave digestion*

Tahapan destruksi basah sampel kerang hijau menggunakan *microwave digestion* sebagai berikut:

1. sampel padat ditimbang sebanyak 0,3 gram dari masing-masing stasiun, lalu dimasukkan ke dalam tabung *microwave*;
2. larutan HNO₃ 65% ditambahkan sebanyak 5 ml ke dalam semua sampel;
3. larutan H₂O₂ 30% ditambahkan sebanyak 1 ml ke dalam semua sampel;
4. destruksi dengan mengatur program *microwave* selama 55 menit; dan
5. larutan hasil destruksi dipindahkan ke dalam labu ukur 50 ml dan ditambahkan aquades sampai batas tera 50 ml.

3.5.2.3 Pembuatan larutan standar Pb 20 ppb

Tahapan pembuatan larutan standar Pb 20 ppb sebagai berikut:

1. larutan stok Pb 1000 ppm diambil sebanyak 0,05 ml dan dipindahkan ke dalam labu ukur 50 ml. Kemudian aquades ditambahkan sampai batas tera 50 ml lalu dihomogenkan, akan menghasilkan larutan standar dengan konsentrasi 1 ppm;
2. larutan standar Pb 1 ppm diambil sebanyak 1 ml dan dipindahkan ke dalam labu ukur 50 ml. Kemudian aquades ditambahkan sampai batas tera 50 ml, akan menghasilkan larutan standar 20 ppb; dan
3. larutan standar 20 ppb yang telah dibuat kemudian dihomogenkan agar tercampur dengan baik.

3.5.2.4 Pembacaan kurva kalibrasi dan sampel pada AAS

Uji konsentrasi timbal pada sampel kerang hijau menggunakan AAS *graphite furnace* dengan tahapan berikut:

1. Penentuan linearitas dilakukan dengan larutan deret standar yang telah dibuat sedikitnya lima konsentrasi standar yang berbeda-beda, kemudian diukur menggunakan SSA pada panjang gelombang 283,3 nm sehingga diperoleh kurva standar (absorbansi terhadap konsentrasi) dan persamaan regresi yang dinyatakan dengan $y = a + bx$. Uji linearitas dikatakan baik jika nilai koefisien korelasi (r) yang diperoleh mendekati 1 (Fahira *et al.*, 2021).
2. Setelah pembacaan larutan standar selesai, dilanjutkan pembacaan sampel kerang hijau.
3. hasil absorbansi pengukuran yang diperoleh dicatat.
4. Perhitungan

Perhitungan konsentrasi logam berat Timbal (Pb) :

$$\text{Konsentrasi Pb (mg/kg)} = \frac{(D-E) \times Fp \times V}{W}$$

Keterangan :

D : konsentrasi sampel $\mu\text{g/l}$ dari hasil pembacaan *graphite furnace* AAS;

E : konsentrasi blanko sampel $\mu\text{g/l}$ dari hasil pembacaan *graphite furnace* AAS;

Fp : faktor pengenceran = 1;

V : volume akhir sampel = 50 ml; dan

W : berat sampel (g).

3.6 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini dilakukan secara kuantitatif deskriptif, dimana data yang diperoleh berupa angka dan dijabarkan secara deskriptif. Data yang dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif, yaitu data konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada kerang hijau. Selanjutnya, nilai konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada kerang hijau di analisis dengan membandingkan baku mutu yang dite-

tapkan sesuai dengan KEPMEN KP No.17 Tahun 2004 tentang Sistem Sanitasi Keperawatan Indonesia.

Tutupan lahan pesisir dianalisis menggunakan *Software ArcMap 10.8*. Langkah pertama diawali dengan membuat buffer zone dengan lebar 1 km dari garis pantai ke arah daratan. Area buffer ini di pandang sebagai wilayah pesisir dengan tutupan lahan yang paling kompleks. Kemudian digitasi lahan pesisir dilakukan berdasarkan tutupan lahan yang berpotensi sebagai sumber pencemar logam berat dan non sumber pencemar. Nilai hasil digitasi tutupan lahan pesisir akan dihitung persentase luasnya menggunakan *microsoft excel*, selanjutnya dilakukan analisis korelasi antara tutupan lahan pesisir dan konsentrasi logam berat.

Korelasi antara tutupan lahan pesisir dan konsentrasi logam berat di kerang hijau dianalisis menggunakan regresi linier sederhana. Pada hubungan tersebut konsentrasi Pb merupakan variabel dependen, sedangkan persentase tutupan lahan pesisir yang berkontribusi sebagai pencemar merupakan variabel independen.

$$y = a + bx$$

Keterangan:

y= variabel dependen

x= variabel independent

a= *intercept* (konstanta)

b= *slop* (koefisien regresi)

Kerang hijau merupakan jenis kerang yang sering dikonsumsi oleh masyarakat. Nilai *safety level* atau batasan aman untuk konsumsi dijadikan acuan untuk menghindari dampak buruk yang dapat ditimbulkan logam berat jika masuk ke dalam tubuh (Arifin *et al.*, 2021). Tingkat keamanan konsumsi kerang hijau diperoleh dengan menentukan batas maksimum konsentrasi dari bahan pangan terkonsentrasi logam berat yang boleh dikonsumsi per minggu (*Maximum Weekly Intake*), penentuan batas maksimum konsumsi kerang hijau menggunakan angka ambang batas yang diterbitkan oleh organisasi dan lembaga pangan internasional *World Health Organization* (WHO) dan *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food*

Additive (JECFA) dalam laporan pertemuan ke 73 tentang bahan tambahan makanan (2011). Persamaan perhitungan PTWI yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada metode FAO/WHO (2010) sebagai berikut :

$$\text{MWI} = \text{Berat badan manusia} \times \text{PTWI} \quad (1)$$

Keterangan:

MWI = Maksimum konsumsi perminggu (mg/minggu);

PTWI = Angka torelansi batas konsumsi maksimum perminggu (mg/kg bb/minggu);

Menurut FAO/WHO (2011) Nilai *Provisional Tolerable Weekly Intake* (PTWI) timbal (Pb) = 0,025 mg/kg

Setelah mengetahui nilai MWI dan mengetahui konsentrasi logam berat pada biota uji, maka dapat dihitung berat maksimal dalam mengkonsumsi kerang dalam setiap minggunya. Nilai *Maximum Tolerable Intake* (MTI) dihitung dengan rumus (Turkmen *et al.*, 2008):

$$\text{MTI} = \frac{\text{MWI}}{\text{Ct}} \quad (2)$$

Keterangan:

MTI = Maksimum toleransi konsumsi (kg/minggu);

Ct = Konsentrasi logam berat yang terkandung dalam daging kerang hijau (mg/kg).

Setelah batas konsumsi perminggu (MWI) ditemukan, maka batas toleransi maksimum konsumsi bahan pangan (MTI) dapat diketahui. Tujuan dari perhitungan MTI adalah untuk mengetahui banyaknya bahan pangan terkontaminasi logam berat yang dapat ditoleransi dalam tubuh manusia.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai konsentrasi logam berat timbal (Pb) total pada kerang hijau (*Perna viridis*) (Linnaeus, 1758) yang dibudidayakan di perairan Pesisir Laut Utara Jawa dapat disimpulkan, yaitu:

1. konsentrasi logam berat timbal (Pb) total pada tubuh kerang hijau di perairan Karangantu, Kota Serang; perairan Muara Angke, Kota Jakarta Utara; dan perairan Ujungpangkah, Kabupaten Gresik berada dibawah ambang batas maksimum baku mutu sanitasi kekerangan Indonesia sesuai dengan KEP.17/MEN/2004.
2. nilai persentase tutupan lahan pesisir yang berkontribusi menghasilkan pencemaran memiliki korelasi yang positif dengan konsentrasi logam berat timbal (Pb) total pada kerang hijau.
3. berdasarkan perhitungan *Maximum Tolerable Intake* (MTI), kerang hijau yang berasal dari ketiga perairan tidak menunjukkan resiko yang tinggi terhadap kesehatan karena kerang hijau masih dalam batas aman dikonsumsi dengan batasan tertentu. Namun, perlu mewaspadaai konsumsi kerang hijau yang di budidayakan di perairan Muara Angke, Jakarta karena nilai MTI untuk dikonsumsi adalah 1 kg/minggu untuk anak dengan BB 30 kg.

5.2 Saran

Penelitian ini masih terdapat beberapa kekurangan. Untuk menyempurnakan penelitian ini ada beberapa hal yang perlu ditambahkan, yaitu:

1. perlu dilakukan pengawasan dan monitoring secara berkala oleh pemerintah terhadap kualitas perairan dan kualitas kerang hijau di wilayah kawasan budi daya kerang hijau agar tetap aman untuk dikonsumsi masyarakat.
2. perlu dilakukan dan ditambahkan pengujian logam berat timbal (Pb) total pada air dan sedimen agar dapat digunakan sebagai data pendukung untuk mengetahui tingkat pencemaran atau kualitas lingkungan tersebut.
3. perlu ditambahkan data beban limbah industri yang masuk ke perairan di sekitar lokasi penelitian agar dapat mendukung keakuratan data sumber pencemar logam berat timbal (Pb).
4. perlu analisis lanjutan untuk mengklasifikasikan industri yang potensial dan non-potensial penyumbang logam berat timbal (Pb) di setiap lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Ghitarina, & Surayana Irma. 2023. Analisis Kandungan Cadmium (Cd), Tembaga (Cu), dan Timbal (Pb) Pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Pulau Tihi-Tihi, Kecamatan Bontang Selatan, Kalimantan Timur. *Jurnal Aquarine*, 10(1): 10-19.
- Amalia, R. 2016. *Analisis Hubungan Kadar Timbal (Pb), Zinc Protoporphyrin dan Besi (Fe) dalam Sampel Darah Operator SPBU di Kota Semarang*. (Thesis). Universitas Negeri Semarang: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Andayani, A., Koesharyani, I., Fayumi, U., Rasidi, R., & Sugama, K. 2020. Akumulasi Logam Berat Pada Kerang Hijau di Perairan Pesisir Jawa. *OLDI (Oseanologi dan Limnologi di Indonesia)*, 5(2): 135-144. DOI: 10.14203/oldi.2020.v5i2.279
- Andriyani, A. 2019. Kajian Literatur pada Makanan dalam Perspektif Islam dan Kesehatan. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*, 15(2): 178-198. DOI: <https://doi.org/10.24853/jkk.15.2.178-198>.
- Anggraini, Y., & Munandar, A. 2017. Potensi Pesisir Utara Banten Sebagai Penghasil Garam. *Jurnal Kebijakan Pembangunan Daerah*, 1(1): 71-86. DOI: <https://doi.org/10.56945/jkpd.v1i1.7>.
- Apriadi, D. 2005. *Kandungan logam berat Hg, Pb dan Cr pada air, sedimen dan kerang hijau (Perna viridis L.) di perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta*. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan.
- Arifin, A. A., Suryono, C. A., & Setyati, W. A. 2021. Amankah Mengonsumsi Kerang Hijau *Perna viridis* Linnaeus, 1758 (*Bivalvia: Mytilidae*) yang ditangkap di Perairan Morosari Demak?. *Journal of Marine Research*, 10(3): 377-386. DOI: <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i3.31650>.
- As-Syakur, A. R., & Wiyanto, D. B. 2016. Studi Kondisi Hidrologis Sebagai Lokasi Penempatan Terumbu Buatan di Perairan Tanjung Benoa Bali. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 9(1): 85-92. DOI: <https://doi.org/10.21107/jk.v9i1.1293>.

- Astuti, Y. S. D. L. P., & Lismining, P. 2018. Respon Oksigen Terlarut Terhadap Pencemaran dan Pengaruhnya Terhadap Keberadaan Sumber Daya Ikan di Sungai Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2): 203.
DOI: <http://dx.doi.org/10.29122/jtl.v19i2.2488>.
- Badan Pengawasan Obat Dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI). 2015. Pengujian Pangan Berbahaya Dan Pangan Yang Di Duga Mengandung Bahan Berbahaya. BPOM RI. Jakarta.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI). 2022. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2022 tentang Persyaratan Cemaran Logam Berat dalam Olahan Pangan. BPOM RI: Jakarta. 18 hal.
- Balqis., Emiyarti., & Takwir, M. 2021. Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Sedimen dan Kerang (*Polymesoda erosa*) di Desa Totobo Sulawesi Tenggara. *Jurnal Sapa Laut*, 6(1): 297-303. DOI: <http://dx.doi.org/10.33772/jsl.v6i4.21854>.
- Barokah, S.Pi, G. R., Dwiyitno, D., & Nugroho, I. 2019. Kontaminasi Logam Berat (Hg, Pb, dan Cd) dan Batas Aman Konsumsi Kerang Hijau (*Perna viridis*) dari Perairan Teluk Jakarta di Musim Penghujan. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 14(2): 95-106. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jpbkp.v14i2.611>.
- Bella, & Erlani. 2020. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Jajanan Gorengan di Kota Makassar. *Jurnal Sulolipu : Media Komunikasi Sivitas Akademika Dan Masyarakat*, 20(1): 135-143. DOI: <https://doi.org/10.32382/sulolipu.v20i1.1441>.
- Belton, B., Little, D. C., Zhang, W., Edwards, P., Skladany, M., & Thilsted, S. H. 2020. Farming fish in the sea will not nourish the world. *Nature Communications*, 11(1): 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1038/s4146702019679-9>.
- Budiastuti, P., Rahadjo, M., & Dewanti, N. A. Y. 2016. Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(5): 119-118. DOI: <https://doi.org/10.14710/jkm.v4i5.14489>.
- Budiyanto, F. 2017. Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry Sebagai Metode Analisis Logam Berat. *Oseana*, 42(3): 9-20. DOI: <http://dx.doi.org/10.14203/oseana.2017.Vol.42No.3.80>.
- Cappenberg & Hendrik A.W. 2008. Beberapa Aspek Biologi Kerang Hijau *Perna viridis* Linnaeus 1758. *Oseana*. 33(1): 33 – 40.

- Costello, C., Cao, L., Gelcich, S., Cisneros-Mata, M. Á., Free, C. M., Froehlich, H. E., Golden, C. D., Ishimura, G., Maier, J., & Macadam-Somer, I. 2020. The future of food from the sea. *Nature*, 588(7836): 95–100. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19679-9>.
- Dharmawibawa, D. I. 2019. Struktur Komunitas Annelida Sebagai Bioindikator Pencemaran Sungai Ancar Kota Mataram. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 7(1): 42-58. DOI: <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v7i1.2384>.
- Dewan Ketahanan Pangan. 2012. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012. Pangan. Jakarta: Dewan Ketahanan Pangan.
- Dewanti, L. P. P., Putra, I. D. N. N., & Faiqoh, E. 2018. Hubungan Kelimpahan dan Keanekaragaman Fitoplankton Dengan Kelimpahan dan Keanekaragaman Zooplankton di Perairan Pulau Serangan. Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(2): 324-335. DOI: <https://doi.org/10.24843/jmas.2018.v4.i02.324-335>.
- Dewi, E. R. 2022. Analisis Cemaran Logam Berat Arsen, Timbal, dan Merkuri Pada Makanan di Wilayah Kota Surabaya Dan Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. *IKESMA*, 18(1): 1-9. DOI: <https://doi.org/10.19184/ikesma.v18i1.20529>.
- Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. 2022. Produksi Komoditas Utama. Lampung, Indonesia: Author.
- Eddy, S., Mulyana, A., Ridho, M. R., & Iskandar, I. 2017. Dampak aktivitas antropogenik terhadap degradasi hutan mangrove di Indonesia. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, 1(3): 240-254. DOI: <https://doi.org/10.31219/osf.io/xd9cb>.
- Emaliana, S. U., & Lesmana, I. 2016. Pengaruh Perbedaan Suhu Terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Mas Koi (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Aquacoastmarine*, 4(3): 1-10. DOI: <https://doi.org/10.29303/jp.v12i3.328>.
- Ernaningsih, D., Patanda, M., Rahmani, U., & Telussa, R. F. 2023. Kandungan Logam Berat pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) yang Dibudidayakan di Desa Ketapang, Kabupaten Tangerang. *Journal of Tropical Fisheries Management*, 7(1): 36-44. DOI: <https://doi.org/10.29244/jpvt.v7i1.45094>.
- Fahira, S. M., Dwi Ananto, A., & Hajrin, W. 2021. Analisis Kandungan Hidrokuinon Dalam Krim Pemutih Yang Beredar di Beberapa Pasar Kota Mataram dengan Spektrofotometri Ultraviolet-Visibel. *Spin Jurnal Kimia & Pendidikan Kimia*, 3(1): 75–84. DOI: <https://doi.org/10.20414/spin.v3i1.3299>.

- Falah, S., Purnomo, P. W., & 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. DOI: <https://doi.org/10.14710/marj.v7i2.22545>.
- Falah, F., Suryono, C.A., & Riniatsih, I. 2020. Logam Berat (Pb) pada Lamun *Enhalus acoroides* (Linnaeus F.) Royle 1839 (*Magnoliopsida: Hydrocharitaceae*) di Pulau Panjang dan Pulau Lima Teluk Banten. *Journal of Marine Research*. 9(2): 193–200. DOI: <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i2.27440>.
- Fathiyah, N., Pin, T. G., & Saraswati, R. 2017. Pola spasial dan temporal Total Suspended Solid (TSS) dengan citra SPOT di estuari Cimandiri, Jawa Barat. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 8: 518-526. DOI: <https://doi.org/10.35313/irwns.v8i3.600>.
- Febrianti, N., Ilham, Muh., Hazzah, N. A., Andriana, A., Erwing, E., Irfandi, R., Rijal, S., & Ruslang, R. 2023. Fitoremediasi Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) pada Tanah Tercemar Logam Berat Timbal (Pb) dari Limbah Batubara. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 6(1): 300–305. DOI: <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v6i1.4155>.
- Fendjalang, S. N., Krisye, K., & Rupilu, K. 2023. Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen di Perairan Pantai Kupa-Kupa Kabupaten Halmahera Utara. *Journal of Coastal and Deep Sea*, 1(1): 13-21. DOI: <https://doi.org/10.30598/jcads.v1i1.11196>.
- Fitri, Y., Siregar, Y. I., & Amin, B. 2021. Analysis of Metal Pb and Cu Content in Seagrass (*Sargassum*) in Bayur Bays of West Sumatera Province. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 4(1): 36-43.
- Froehlich, H. E., Runge, C. A., Gentry, R. R., Gaines, S. D., & Halpern, B. S. 2018. Comparative terrestrial feed and land use of an aquaculture-dominant world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(20): 5295–5300. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1801692115>.
- Gemilang, W.A., dan Kusumah, G. 2017. Status indeks pencemaran perairan kawasan mangrove berdasarkan penilaian fisika-kimia di pesisir Kecamatan Brebes Jawa Tengah. *EnviroScienteeae*, 13(2): 171-180. DOI: <http://dx.doi.org/10.20527/es.v13i2.3919>.
- Gultom, E., & Sijabat, S. 2020. Analisis Logam Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Pada Kopi Bubuk Tidak Bermerek Yang Beredar Di Pasar Tradisional Dengan Metode Spektrofotometri. *Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan*, 4(2): 1-4.

- Hadinata, F. W., Yulianda, F., & Yonvitner, Y. 2020. Studi Kesesuaian Kawasan Budidaya Kerang Mutiara Di Pesisir Kabupaten Lombok Utara. *Journal of Aceh Aquatic Sciences*, 3(1): 39-57. DOI: <https://doi.org/10.35308/v3i1.1712>.
- Hakim, G. H., Taufiq-Spj, N., & Redjeki, S. 2024. Variasi Ukuran Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Pesisir Tambak Lorok, Semarang. *Journal of Marine Research*, 13(4): 617-624. DOI: <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i4.43127>.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H., Maury, H. K., & Alianto. 2018. Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1): 35–43. DOI: <https://doi.org/10.14710/jil.16.135-43>.
- Harahap, M. K. A., Rudiyaniti, S., & Widyorini, N. 2020. Analisis kualitas perairan berdasarkan konsentrasi logam berat dan indeks pencemaran di sungai banjir kanal timur Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 4(2): 108-115. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpl.2020.33691>.
- Haryanti, R., Fahrudin, A., Handoko Adi Susanto. 2019. Kajian Kesesuaian Lahan Budidaya Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Laut Utara Jawa, Desa Ketapang Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten. In *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 8(3): 184-190. DOI: <http://dx.doi.org/10.20473/jafh.v8i3.15131>.
- Haryanti, E. T., & Martuti, N. K. T. 2020. Analisis Cemar Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Dalam Daging Ikan Kakap Merah (*Lutjanus sp.*) Di TPI Kluwut Brebes. *Life Science*, 9(2): 149-160. DOI: <https://doi.org/10.15294/lifesci.v9i2.47158>.
- Heny, D. K. N., Dhanti, K. R., & Wardani, D. P. K. 2022. Analisis Kandungan Timbal (Pb) Pada Air Sumur Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Kalipancur Kabupaten Purbalingga. *Jurnal Analis Medika Biosains (JAMBS)*, 9(1): 01–08. DOI: <https://doi.org/10.32807/jambs.v9i1.224>.
- Herrero, M., Wirsenius, S., Henderson, B., Rigolot, C., Thornton, P., Havlík, P., De Boer, I., & Gerber, P. J. 2015. Livestock and the environment: what have we learned in the past decade. *Annual Review of Environment and Resources*, 40: 177-202. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-031113-093503>.
- Hertika, A. M. S., Putra, R. B. D. S., & Arsad, S. 2022. Kualitas Air dan Pengelolaannya. Universitas Brawijaya Press. Malang. 133 halaman.

- Hidayat, T. 2019. *Analisis Kontribusi Budidaya Kerang Hijau Terhadap Pendapa-tan Masyarakat Perspektif Ekonomi Islam (Studi di Pulau Pasaran Kelura-han Kota Karang Kecamatan Teluk Betung Timur Kota Bandar Lampung)*. (Dissertation). UIN Raden Intan Lampung.
- Hutasoit, D. P. 2020. Pengaruh sanitasi makanan dan kontaminasi bakteri *Escherichia coli* terhadap penyakit diare. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 12(2): 779-786. DOI: 10.35816/jiskh.v10i2.399.
- Idrus, S. W. 2018. Analisis Pencemaran Air Menggunakan Metode Sederhana Pada Sungai Jangkuk, Kekalik Dan Sekarbela Kota Mataram. *Paedagogia FKIP UMMat*, 5(2): 8. DOI: <https://doi.org/10.31764/paedagogia.v5i2.85>.
- Indirawati S.M., 2017, Pencemaran Logam Berat Pb Dan Cd dan Keluhan Kesehatan Pada Masyarakat Di Kawasan Pesisir Belawan, *Jurnal JUMANTIK*, 2: 54-60. DOI: <http://dx.doi.org/10.30829/jumantik.v2i2.1165>.
- Irnidayanti, Y., Soegianto, A., Brabo, A. H., Abdilla, F. M., Indriyasari, K. N., Rahmatin, N. M., ... & Payus, C. M. 2023. Microplastics in green mussels (*Perna viridis*) from Jakarta Bay, Indonesia, and the associated hazards to human health posed by their consumption. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(7): 884. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11535-9>.
- Isnaeni, N. 2021. Perbandingan Teknik Spektrometri Atom (AAS Nyala, AAS Tanpa Nyala, AES, ICP-AES dan ICP-MS). Depok: Universitas Indonesia. 12 halaman.
- Istri, A. A., Dharmadewi, M., Agung, G., Wiadnyana, G. 2019. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Pada Kerang Hijau (*Perna viridis L.*) Yang Beredar di Pasar Badung. *Jurnal Emasains: Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*. 8(2): 161-162. DOI: <https://doi.org/10.59672/emasains.v8i2.337>.
- Irianti, T. T., & Kuswandi, Nuranto S, Budiyaniti A. 2017. Logam Berat & Kesehatan. Yogyakarta: CV Grafika Indah. 129 halaman.
- Jati, I. S. A., & Kuntjoro, S. 2023. Hubungan Keanekaragaman Jenis Bivalvia dengan Kadar Timbal (Pb) Air dan Sedimen di Pantai Joko Moersodo, Lamongan. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 12(3): 446-456. DOI: <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v12n3.p446-456>.
- Joesidawati, M. I., & Suwarsih. 2022. Gambaran Kualitas Air dan Keberlanjutan Budidaya Kerang Hijau di Karamba Jaring Apung di Perairan Laut Banyuurip Melalui Studi Literatur dan Lokakarya Pemangku Kepentingan. *Jurnal Miyang (J.Miy) : Ronggolawe Fisheries and Marine Science Journal*, 2(1): 31–37. DOI: <http://dx.doi.org/10.55719/j.miy.v2i1.419>.

- Juharna, F. M., Widowati, I., & Endrawati, H. 2022. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kromium (Cr) Pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Morosari, Sayung, Kabupaten Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(2): 139-148. DOI: <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i2.-41617>.
- Juniardi, E., Sulistiono, S., Hariyadi, S., & Kamal, M. M. 2021. *Heavy metal content of Pb and Cd in bandik grouper (Cephalopholis boenak) in Banten Bay, Indonesia. Jurnal Biologi Tropis*, 21(3): 1047–1055. DOI: <https://dx.doi.org/10.29303/jbt.v21i3.2830>.
- Katherina, L. K. 2017. Trend Urbanisasi Pada Secondary Cities di Indonesia Periode Tahun 1990-2010. *Jurnal Kependudukan Indonesia*, 9(2): 71-80.
- Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor KEP.17/MEN/2004 Tentang Sistem Sanitasi Keperikanan Indonesia.
- Kunah, B., Nastiti, K., & Dan Diah, A. 2021. Analisa Cemaran Logam Berat (Pb, Cd, Zn) Pada Makanan Dan Minuman Kemasan Kaleng Dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Surabaya : The Journal of Muhammadiyah Medical Laboratory Technologist*, 1(4): 100–110. DOI: <https://doi.org/10.30651/jmlt.v4i1.7604>.
- Kusuma, A. H. 2019. Sebaran Kualitas Air Pantai Utara Jakarta Pasca Reklamasi di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 10(2): 149-160. DOI: <https://doi.org/10.24319/jtpk.10.149-160>.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.31781>.
- Lestari, T. R. P. 2020. Keamanan Pangan Sebagai Salah Satu Upaya Perlindungan Hak Masyarakat Sebagai Konsumen. *Aspirasi: Jurnal Masalah-masalah Sosial*, 11(1): 57–72. DOI: <https://doi.org/10.46807/aspirasi.v11i1.1523>.
- Malik, D. P., Yusuf, S., & Willem, I. 2021. Analisis kandungan logam berat timbal (Pb) pada air laut dan sedimen di Perairan Tanggul Soreang Kota Parepare. *Jurnal Ilmiah Manusia Dan Kesehatan*, 4(1): 135-145. DOI: <https://doi.org/10.31850/makes.v4i1.517>.
- Mangalik, G. C. A., Asmawi, S., & Sofarini, D. 2023. Analisis Logam Berat Besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu) Pada Perairan Sungai Negara, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Provinsi Kalimantan Selatan. *AQUATIC Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 6(1): 24-45. DOI: <https://doi.org/10.20527/jstk.v14i1.6480>.

- Ma'rifah, A., Aries Dwi S. dan Agus Romadhon. 2016. Karakteristik dan Pengaruh Arus Terhadap Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen. *Seminar Nasional Kelautan*. 8(1): 82–88.
- Marsondang, A.T., Muntalif, B.S., Sudjono, P. 2016. Probabilitas Terperangkapnya Sampah Non-Organik Di Kawasan Mangrove Studi Kasus: Pantai Karangantu, Kota Serang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 22(1): 11-20. DOI: <https://doi.org/10.5614/j.tl.2016.22.1.2>.
- Maulina, D. R. A., Pringgenies, D., & Haryanti, D. 2024. Kandungan Logam Berat Pb dan Cd dalam Sedimen di Pantai Trimulyo dan Pantai Tirang, Semarang. *Journal of Marine Research*, 13(1) 20-28. DOI: <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i1.35038>.
- Miranda, F., Kurniawan, & Adibrata, S. 2018. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Sedimen di Perairan Sungai Pakil Kabupaten Bangka. *Akuatik Jurnal Sumber Daya Perairan*, 84–92. DOI: <https://doi.org/10.33019/akuatik.v12i2.704>.
- Mirawati, F., Supriyantini, E., & Nuraini, R. A. T. 2016. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Trimulyo Dan Mangunharjo Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 5(2): 121-126. DOI: <http://dx.doi.org/10.14710/buloma.-v5i2.15731>.
- Mokalu, T. N., Sondakh, R. C., & Akili, R. H. 2017. Perbandingan kandungan timbal (Pb) pada minyak sebelum dan sesudah penggorengan yang dilakukan oleh pedagang gorengan di kawasan pantai malalayang Manado. *KESMAS*, 6(3): 1-7.
- Monica, T. 2015. Pengaruh Pemberian Ekstrak Etanol 70% Herba Kemangi (*Ocimum Americanum L.*) Terhadap Kualitas Sperma Tikus *Sprague-Dawley* Jantan Yang Diberi Paparan Timbal. (*Thesis*). UIN Syarif Hidayatullah Jakarta: Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan.
- Mubarok & Wibowo, F. M. C. 2016. Pengendalian Salinitas Pada Air Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*. *Journal of Control and Network Systems*. 5(1): 73–86. DOI: <http://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/3394>.
- Muna, N. 2021. *Enumerasi dan Uji Patogenitas Vibrio Sp. Pada Kerang Hijau (Perna viridis) Dari Kawasan Krueng Cut Aceh Besar (Dissertation)*. UIN Ar-Raniry. DOI: <https://repository.arraniry.ac.id/-id/eprint/22794>.
- Nasir, M. 2020. *Spektrometri Serapan Atom*. Syiah Kuala University Press. Banda Aceh. 89 halaman.

- Ningrum, S. O. 2018. Analisis Kualitas Badan Air Dan Kualitas Air Sumur di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1): 1-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.37887/epj.v6i1.22595>.
- Ningsih, R.S., Anda. P., & Irawati. 2021. Analisis Suseptibilitas Magnetik Dan Kandungan Logam Berat Pada Tanah Perkebunan Jambu Mete di Kecamatan Puriala Kabupaten Konawe. *Jurnal Rekayasa Geofisika Indoensia*, 3(2): 43-53.
- Nuraini, R.A.T., Endrawati, H., & Maulana, I.R. 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Pada Air, Sedimen Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Trimulyo Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(1): 48–55. DOI: <https://doi.org/10.14710/jkt.v20i1.1104>.
- Nurhayati, D., Putri, D. A., Perikanan, F., & Kelautan, I. 2019. Bioakumulasi Logam Berat Pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Cirebon Berdasarkan Musim Yang Berbeda. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 4(1): 6-10. DOI: <https://doi.org/10.24198/jaki.v4i1.23484>.
- Nurjannah, N. A. 2017. Analisis Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) Dalam Kerang Darah (*Anadara granosa*) Dan Kerang Patah (*Meretrix lyrata*) Di Muara Angke Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 9(2): 9-18. DOI: <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v9i2.155>.
- Nusantara, S. D., Muhammad, F., Maryono, M., & Halim, M. A. R. 2023. Tantangan Pengelolaan Wilayah Pesisir Di Kabupaten Halmahera Selatan. *Indonesian Journal of Fisheries Community Empowerment*, 3(2): 216-225. DOI: <https://doi.org/10.29303/jppi.v3i2.2539>.
- Pangestu, R., Riani, E., & Effendi, H. 2017. Estimasi beban pencemaran point source dan limbah domestik di sungai kalibaru timur Provinsi DKI Jakarta, Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 7(3): 219–226. DOI: <https://dx.doi.org/10.19081/jpsl.2017.7.3.%p>.
- Patty, S. I., Rizki, M. P., Rifai, H., & Akbar, N. 2019. Kajian kualitas air dan indeks pencemaran perairan laut di teluk manado ditinjau dari parameter fisika-kimia air laut. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 2(2): 1-13. DOI: <https://doi.org/10.33387/jikk.v2i2.1387>.
- Pawitra, D. M., Indrayanti, E., Yusuf, M., & Muhammad Zainuri. 2022. Sebaran Sedimen Dasar Perairan dan Pola Arus Laut Di Muara Sungai Loji, Pekalongan. *Indonesia Journal of Oceanography*, 4(3): 22-32. DOI: <https://doi.org/10.14710/ijoce.v4i3.13443>.
- Peraturan Pemerintah RI Nomer 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

- Permana, R., Andhikawati, A. 2022. *Metallotionein* Pada Tanaman Akuatik Dan Peranannya Dalam Akumulasi Logam Berat: *REVIEW*. In *Jurnal Akuatek*, 3(1): 1-8. DOI: <https://doi.org/10.24198/akuatek.v3i1.40407>.
- Prabowo, R., Purwanto, P., & Sunoko, H. R. 2016. Akumulasi Cadmium (Cd) Pada Ikan Wader Merah (*Puntius Bramoides Cv*), Di Sungai Kaligarang. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 39(1): 1-10. DOI: <https://doi.org/10.15294/ijmns.v39i1.7693>.
- Prasadi, O., Setyobudiandi, I., Butet, N. A., & Nuryati, S. 2016. Karakteristik Morfologi Famili *Arcidae* di Perairan yang Berbeda (Karangantu dan Labuan, Banten). In *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 17(1): 29-36. DOI: <https://dx.doi.org/10.29122/jtl.v17i1.1462>.
- Prima, C., Hartoko, A., & Muskananfola, M. R. 2016. Analisis Sebaran Spasial Kualitas Perairan Teluk Jakarta. *Diponegoro Journal Of Maquares Management Of Aquatic Resources*, 5(2): 51–60. DOI: <https://doi.org/10.14710/marj.v5i2.11646>.
- Priyani, D. A., Moody, S. D., & Yuliana, T. 2019. Karakteristik fisik, kandungan mineral dan cemaran logam tepung komposit (tepung bonggol pisang, ubi jalar, dan kecambah kedelai hitam). *Jurnal Triton*, 10(2): 21-37.
- Purwanto, H. 2018. Problematika Penetapan Hukum Pada Poin Kritis Bahan Olahan dan Laboratorium Produk Halal. *Syariati: Jurnal Studi Al-Qur'an dan Hukum*, 4(02): 191-202. DOI: <https://doi.org/10.32699/syariati.-v4i02.1176>.
- Puspasari, R. 2017. Logam dalam ekosistem perairan. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 1(2): 43-47. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/bawal.1.2.2006.43-47>.
- Puspitasari, R. L., Elfidasari, D., Aulunia, R., & Ariani, F. 2017. Studi Kualitas Air Sungai Ciliwung Berdasarkan Bakteri Indikator Pencemaran Pasca Kegiatan Bersih Ciliwung. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 3(3): 156-162. DOI: <http://dx.doi.org/10.36722/sst.v3i3.222>.
- Putra, I. S. 2019. Dampak pulau reklamasi terhadap sedimentasi dan potensi perkembangan mangrove di pesisir Teluk Jakarta (Muara Angke). *Jurnal Sumber Daya Air*, 15(2): 81-94. DOI: <https://doi.org/10.32679/jsda.v15i2.587>.
- Radita, D. R., Trihadiningrum, Y., Anisa, E. D. K. P., Kalimantanoro, T. T., Andriati, S. C., & Iswatie, M. 2023. Identifikasi Permasalahan Lingkungan di Wilayah Pesisir dan Laut Kabupaten Gresik. *Jurnal Purifikasi*, 22(2): 49-59. DOI: <https://doi.org/10.12962/j25983806.v22.i2.451>.

- Rahmah, S., Maharani, H. W., & Efendi, E. 2019. Konsentrasi logam berat Pb dan Cu pada sedimen dan kerang darah (*Anadara granosa* Linn, 1758) di Perairan Pulau Pasaran, Kota Bandar Lampung. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 6(1): 22-27. DOI: <https://doi.org/10.29103/aa.v6i1.887>.
- Rahmat, S. L. J., Purba, N. P., Agung, M. U. K., & Yuliadi, L. P. S. 2019. Karakteristik sampah mikroplastik di Muara Sungai DKI Jakarta. *Depik*, 8(1): 9–17. DOI: <https://doi.org/10.13170/depik.8.1.12156>.
- Rahmawati, A., & Nurdin, H. S. 2018. Waste Disposal Rate of Small Fishing Vessel (< 5GT) in PPN Karangantu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 8(2): 180-184. DOI: <https://dx.doi.org/10.33512/jpk.v8i2.6725>.
- Ramadhan, R. A., Maharani, N. M. S., Ling, M. G., Al Fauzan, A., Utami, D. A., Sasongko, A. S., ... & Cahyarini, S. Y. 2024. Analisis Konsentrasi Merkuri (Hg) Pada Sampel Sedimen Di Perairan Pulau Panjang Banten. *Journal of Marine Research*, 13(1): 127-136. DOI: <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i1.40868>.
- Ramli, R., Rahmi, & Abidin Djalla. 2018. Uji Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Wilayah Pesisir Parepare. *Jurnal Ilmiah Manusia Dan Kesehatan*, 1(3): 255-264. DOI: <https://doi.org/10.31850/makes.v1i3.111>.
- Rayyan, M. F., Yona, D., & Sari, S. H. J. 2019. Health Risk Assessments Of Heavy Metals Of *Perna Viridis* From Banyuurip Waters In Ujung Pangkah, Gresik. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 3(2): 135-143. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2019.003.02.2>.
- Ridho, M.G., Supriharyono, S., & Rahman, A. 2018. Analisis hubungan jarak dan kedalaman dengan struktur komunitas lamun di Pantai Pancuran, Kepulauan Karimunjawa. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 7(4): 352-360. DOI: <https://doi.org/10.14710/marj.v7i4.22569>.
- Rifai, A., Rochaddi, B., Fadika, U., Marwoto, J., & Setiyono, H. 2020. Kajian pengaruh angin musim terhadap sebaran suhu permukaan laut (studi kasus: perairan Pangandaran Jawa Barat). *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(1): 98-104. DOI: <https://doi.org/10.14710/ijoce.v2i1.7499>.
- Rizkiana, L., Sofyatuddin, K., & Nurfadillah, N. 2017. Analisis Logam 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.
- Republik Indonesia. 1996. Undang Undang Republik Indonesia No.7 Tahun 1996 tentang Pangan.

- Republik Indonesia. 2019. Peraturan Pemerintah Nomor 86 Tahun 2019 Tentang Keamanan Pangan.
- Republik Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah RI Nomer 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Royandi, E., & Keiya, R. 2019. Kontestasi aktor dalam pengelolaan sumber daya pesisir di wilayah pembangunan reklamasi Teluk Jakarta. *TEMALI: Jurnal Pembangunan Sosial*, 2(1): 77-98. DOI: <https://doi.org/10.15575/jt.v2i1.3619>.
- Sagita, A., Kurnia, R., & Sulistiono, D. 2017. Budidaya Kerang Hijau (*Perna viridis L.*) Dengan Metode Dan Kepadatan Berbeda Di Perairan Pesisir Kuala Langsa, Aceh. *Jurnal Riset Akuakultur*, 12(1): 57–68. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jra.12.1.2017.57-68>.
- Sagita, A., Kurnia, R., & Sulistiono, S. 2018. Penilaian Kondisi Ekologi Perairan Untuk Pengembangan Budidaya Kerang Hijau (*Perna viridis L.*) Di Pesisir Kuala Langsa, Aceh. *Bawal Widya Riset Perikanan Tangkap*, 10(1): 57-67. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/bawal.10.1.2018.57-67>.
- Saleha, A. N., Cahyadi, F. D., & Sasongko, A. S. 2023. Perubahan Lahan Mangrove di Pesisir Utara Teluk Banten. *Journal of Marine Research*, 12(4): 727-736. DOI: <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i4.40294>.
- Salman, S. 2020. Survei Parameter Fisika-Kimia Perairan Dan Konsentrasi Logam Berat Pada Kerang Hijau di Pulau Reklamasi C Dan D, Teluk Jakarta. *In Jurnal Pendidikan Biologi*, 7(2): 122-129. DOI: <https://doi.org/10.31849/bl.v7i2.4697>.
- Sanadi, T., Schadu, J., Tilaar, S., Mantiri, D., Bara, R., & Pelle, W. 2018. Analisis logam berat timbal (Pb) pada akar mangrove di Desa Bahowo dan Desa Talawaan Bajo Kecamatan Tongkaina. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 6(2): 9-18. DOI: <https://doi.org/10.35800/jplt.6.2.2018.21382>.
- Sanjaya, P. K. A. 2020. Hutan Lestari Aspek Sosial Ekonomi yang Mempengaruhinya. Unhi Press. Denpasar. 191 halaman.
- Santoso, T. B. 2023. *Pemanfaatan Serbuk Cangkang Kerang Dalam Depurasi Kerang Hijau (Perna viridis) Terhadap Logam Timbal, Total Bakteri dan Bahan Organik (Dissertation)*. Universitas Muhammadiyah Gresik. DOI: <http://eprints.umg.ac.id/id/eprint/8286>.

- Sari, S. H. J., Kirana, J. F. A., & 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. DOI: <https://citeus.um.ac.id/jpg/vol22/iss1/1/10.17977/um017v22i12017p001>.
- Sari, D. M., & Saidah, S. 2021. Dampak degradasi hutan mangrove terhadap kehidupan nelayan Di Desa Secanggang Kabupaten Langkat, Sumatera Utara. *Seminar Nasional Peningkatan Mutu Pendidikan*, 2(1): 54-59.
- Sasongko, A. S., Cahyadi, F. D., Yonanto, L., Islam, R. S., & Destiyanti, N. F. 2020. Kandungan Logam Berat di Perairan Pulau Tunda Kabupaten Serang Banten. *Manfish Journal*, 1(2): 90-95. DOI: <https://doi.org/10.31573/manfish.v1i02.132>.
- Samusamu, A.S., Rachmawati, P.F., Puspasari, R., & Hartati, S.T. 2019. Mitigasi dan penanganan bencana lingkungan di Teluk Jakarta. *JURNAL Riset JAKARTA*, 12(2): 77-88. DOI: <https://doi.org/10.37439/jurnaldrd.v12i2.9>.
- Septriani, M., Adzidzah, H. Z. N., Apriyanti, H., Pauziah, S., & Sulistiyorini, D. 2023. Cemaran Merkuri (Hg) Dan Timbal (Pb) Pada Produk Perikanan: Studi Literatur. *Jurnal Masyarakat Sehat Indonesia*, 2(01): 7-16. DOI: <https://doi.org/10.70304/jmsi.v2i01.29>
- Setiyanto, D., Sumantadinata, K., Riani, E., & Yunizar Ernawati, dan. 2016. Akumulasi Logam Berat dan Pengaruhnya Terhadap Spermatogenesis Kerang Hijau (*Perna viridis*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 3(1): 43-52. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jra.3.1.2008.43-52>.
- Shinta, D. Y., & Mayaserli, D. P. 2020. Hubungan Kadar Timbal dan Kadar Hemoglobin Dalam Darah Perokok Aktif. *Prosiding Seminar Kesehatan Perintis*, 3(1): 134-139.
- Sidabutar, E. A., Sartimbul, A., & 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. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2019.003.01.6>.
- Simbolon, T. G. L., Simanungkalit, D. B., Marpaung, R., Sihombing, F. T., Siallagan, A. P., Silalahi, M. M., ... & Ramadhan, T. 2024. Analisis Dampak dan Strategi Pengendalian Kerusakan Mangrove Pesisir Sumatera Utara. *Jurnal Relasi Publik*, 2(2): 10-20. DOI: <https://doi.org/10.59581/jrp-widyakarya.v2i2.3079>.

- Siringoringo, V. T., Pringgenies, D., & Ambariyanto, A. 2022. Kajian Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg), Tembaga (Cu), dan Timbal (Pb) pada *Perna viridis* di Kota Semarang. *Journal of Marine Research*, 11(3): 539-546. DOI: <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i3.33864>.
- SNI 2354.5.2011. 2011. Cara Uji Kimia Bagian 5: Penentuan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Produk Perikanan. Badan Standar Nasional. Jakarta.
- Sofian, A., Kusmana, C., Fauzi, A., & Rusdiana, O. 2019. Evaluasi kondisi ekosistem mangrove Angke Kapuk Teluk Jakarta dan konsekuensinya terhadap jasa ekosistem. *JURNAL KELAUTAN NASIONAL*, 15(1): 1-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/jkn.v15i1.7722>.
- Sulvina, Noor, N. M., Wijayanti, H., & Hudaidah, S. 2015. Pengaruh Perbedaan Jenis Tali Terhadap Tingkat Penempelan Benih Kerang Hijau. *Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Budidaya Perairan*, 4(1): 471-478. DOI: <https://dx.doi.org/10.23960/jrtbp.v4i1.1353p471-478>.
- Sumarno, D., & Rudi, A. 2016. Kadar Salinitas di Beberapa Sungai yang Bermuara di Teluk Cempi, Kabupaten Dompu-Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Buletin Teknik Litkayasa Sumber Daya Dan Penangkapan*, 11(2): 75-81. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/btl.11.2.2013.75-81>.
- Suriandari, A. 2016. *Identifikasi Perubahan Tutupan Lahan Dan Garis Pantai di Jakarta Utara Dari Tahun 2002 Sampai Tahun 2015 Menggunakan Citra Satelit Landsat. (Dissertation)*. Universitas Gadjah Mada.
- Suryono, C. A. 2016. Kontaminasi Logam Berat pada Kerang Bulu *Anadara inflata* Secara Laboratorium. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(3): 184-188. DOI: <https://doi.org/10.14710/jkt.v18i3.532>.
- Susenas. 2014. Pengeluaran Untuk Konsumsi Penduduk Indonesia. Badan Pusat Statistik. Jakarta. 162 halaman.
- Tampubolon, D. S., & Utomo, B. 2020. Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Pada Mangrove *Avicenia marina* dan Pengaruhnya Terhadap Kualitas Air Laut di Kawasan Pesisir Belawan Sumatera Utara. In *Talenta Conference Series: Agricultural and Natural Resources (ANR)*, 3(1): 130-139. DOI: <https://doi.org/10.32734/anr.v3i1.843>.
- Temmy, T., Anggoro, S., & Widyorini, 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): 164-172. DOI: <https://doi.org/10.14710/marj.v6i2.19825>.

- Triantoro, D. D., Suprpto, D., & Rudiyantri, 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.
DOI: <https://doi.org/10.14710/marj.v6i3.20573>.
- Turkmen M, Turkmen A, Tepe Y. 2008. Metal contaminations in five fish species from black, marmara, aegean, and Mediteranean Sea, Turkey. *Journal Chil Chem Soc*, 53(1): 1435-1439.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S071797072008000100021>.
- Utami, R., Rismawati, W., & Sapanli, K. 2018. Pemanfaatan mangrove untuk mengurangi logam berat di perairan. *Seminar Nasional Hari Air Sedunia*. 1(1): 141-153.
- Vianna, A. S., Matos, E. P., Jesus, I.M., Asmus, C. I. R. F., & Camara, V. M. 2019. Human Exposure to Mercury and Its Hematological Effects: a Systematic Review. *Cad. Saude Publica*. 35(2): 1-22.
DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311x00091618>.
- Wardani, I., Ridlo, A., & Supriyantini, E. 2018. Kandungan kadmium (Cd) dalam air, sedimen, dan kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan Trimulyo Semarang. *Journal of Marine Research*, 7(2): 151-158.
DOI: <https://doi.org/10.14710/jmr.v7i2.25904>.
- Wardani, H. S., Suhartono, E., & Isnasyauqiah, I. 2024. Karakteristik logam berat pada limbah cair rsd idaman kota banjarbaru. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 10(2): 22-33.
DOI: <http://dx.doi.org/10.20527/jukung.v10i2.20680>.
- WHO. 2011. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. Seventy-third Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives; *WHO Technical Report Series*; WHO: Geneva, Switzerland.
- Wicaksono, A., Lazuardi, W., Astuti, A. P., Maitela, T., Estigade, A. P., Aziz, M. H., ... & Widyatmanti, W. 2019. Coastal Water Environment Suitability Studies For Green Mussel Cultivation In Pasaran Island, Lampung Bay. In *Sixth Geoinformation Science Symposium*, 11311: 103-110.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1117/12.2548485>.
- Winata, A., & Yuliana, E. 2016. Tingkat keberhasilan penanaman pohon mangrove (kasus: pesisir Pulau Untung Jawa Kepulauan Seribu). *Jurnal Matematika Sains dan Teknologi*, 17(1): 29-39.
- Winarno, E. K., Andayani, W., & Sumartono, A. 2009. Metil merkuri dalam kerang hijau (*Mytilus viridis* L.) dari pasar pelelangan ikan muara angke: sebelum dan setelah pemasakan. *Indonesian Journal of Chemistry*, 9(1), 77-83. DOI: <https://doi.org/10.22146/ijc.21565>

- Wiratama, S., Sitorus, S., & Kartika, R. 2018. Studi Bioakumulasi Ion Logam Pb Dalam Rambut Dan Darah Operator Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum, Jalan Sentosa, Samarinda. *Jurnal Atomik*, 3(1): 1-8.
- Wirawan, M. 2019. Kajian Kualitatif Pengelolaan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta. *Jurnal Riset Jakarta*, 12(2): 57-68.
DOI: <https://doi.org/10.37439/jurnaldrd.v12i2.12>.
- Yusuf, D. N., Prasetyo, L. B., & Kusmana, C. 2017. Geospatial approach in determining anthropogenic factors contributed to deforestation of mangrove: A case study in Konawe Selatan, Southeast Sulawesi. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 54(1): 012049.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/54/1/012049>.