

**KAJIAN KANDUNGAN DAN BIOKONSENTRASI LOGAM BERAT
TIMBAL (Pb), MERKURI (Hg), DAN KADMIUM (Cd) PADA KERANG
HIJAU *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) DENGAN UKURAN DAN UMUR
YANG BERBEDA DI PULAU PASARAN**

(Tesis)

**Oleh
BELLA KRISMONITA
NPM 2020041001**



**PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN WILAYAH PESISIR DAN LAUT
PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**KAJIAN KANDUNGAN DAN BIOKONSENTRASI LOGAM BERAT
TIMBAL (Pb), MERKURI (Hg), DAN KADMIUM (Cd) PADA KERANG
HIJAU *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) DENGAN UKURAN DAN UMUR
YANG BERBEDA DI PULAU PASARAN**

Oleh

BELLA KRISMONITA

Tesis

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

Pada

**Program Studi Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut
Pascasarjana Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN WILAYAH PESISIR DAN LAUT
PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

KAJIAN KANDUNGAN DAN BIOKONSENTRASI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb), MERKURI (Hg), DAN KADMIUM (Cd) PADA KERANG HIJAU *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) DENGAN UKURAN DAN UMUR YANG BERBEDA DI PULAU PASARAN

Oleh

BELLA KRISMONITA

Kerusakan ekosistem pesisir saat ini semakin meningkat, salah satunya diakibatkan oleh pencemaran logam berat. Hal tersebut memberikan efek negatif pada lingkungan karena sulit terdegradasi, mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi, serta bersifat toksik ketika melewati batas tertentu yang kemudian dapat diserap oleh biota perairan terutama kerang-kerang, termasuk kerang hijau (*Perna viridis*). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kandungan dan biokonsentrasi logam berat (Pb, Hg, dan Cd) pada kerang hijau (*Perna viridis* L) dengan ukuran dan umur yang berbeda di Pulau Pasaran. Pengambilan sampel kerang hijau dilakukan dengan 2 ulangan, menggunakan kerang hijau berumur 3, 5, 7 hingga 9 bulan. Konsentrasi logam berat dianalisis menggunakan *atomic absorption spectrofotometry* (AAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh kandungan logam berat terhadap umur dan ukuran kerang hijau (*Perna viridis*) yang berbeda. Variasi kandungan logam berat teramati pada umur dan ukuran yang berbeda dimana variasi kandungan logam berat Pb tertinggi pada umur 9 bulan (8,0-10,0 cm), sedangkan logam berat Hg dan Cd pada umur 3 bulan (1,5-3,0 cm). Kandungan biokonsentrasi tertinggi logam berat Pb dan Hg diperoleh pada saat daging kerang hijau berumur 9 bulan, sedangkan biokonsentrasi tertinggi logam berat Cd di daging kerang hijau pada umur relatif lebih muda (3 bulan). Adapun pola hubungan antara umur dan ukuran kerang hijau terhadap kandungan logam berat Pb digambarkan melalui kurva polinomial linier, sedangkan Hg dan Cd digambarkan melalui kurva polinomial kuadratik.

Kata kunci: kerang hijau, biokonsentrasi, logam berat, Pulau Pasaran, ukuran, umur.

ABSTRACT

STUDY OF CONTENT AND BIOCONCENTRATION OF HEAVY METALS OF LEAD (Pb), MERCURY (Hg), AND CADMIUM (Cd) IN GREEN MUSSELS *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) BASED ON DIFFERENT SIZES AND AGES IN PASARAN ISLAND

By

BELLA KRISMONITA

Coastal ecosystems damage has currently increased, one of the causes by heavy metal pollution. This condition has a negative effect on the ecosystem since it is difficult to degrade, undergoes bioaccumulation and biomagnification, as well as toxic when it exceeds certain limit, which can then absorbed by aquatic biota particularly shellfish, such as the green mussels (*Perna viridis*). Therefore, this study aimed to evaluated heavy metals content and the bioconcentration of lead (Pb), mercury (Hg), and cadmium (Cd) in green mussels *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) based on different sizes and ages Pasaran Island. The study was conducted on Pasaran Island, Lampung, Indonesia, and used green mussels aged 3, 5, 7 to 9 months as samples, with 2 replications. Heavy metal concentrations were analyzed using atomic absorption spectrofotometry (AAS). The result showed that variations in heavy metal content were observed at different ages and sizes where the variation in heavy metal content Pb was highest at 9 months of age (8.0-10.0 cm), while heavy metals Hg and Cd were at 3 months of age (1.5-3, 0 cm). The highest bioconcentrations of heavy metals Pb and Hg were obtained when green mussel meat was 9 months old, while the highest bioconcentration of heavy metal Cd was observed in green mussel meat at a relatively younger age (3 months). The pattern of relationship between age and size of green mussels with content of heavy metal Pb is described by means of a linear polynomial curve, while Hg and Cd are described by means of a quadratic polynomial curve.

Key words: green mussels, bioconcentration, heavy metal, Pasaran Island, size, age.

Judul Tesis : **KAJIAN KANDUNGAN DAN BIOKON-
SENTRASI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb),
MERKURI (Hg), DAN KADMIUM (Cd)
PADA KERANG HIJAU *Perna viridis* (Lin-
naeus, 1758) DENGAN UKURAN DAN UMUR
YANG BERBEDA DI PULAU PASARAN**

Nama Mahasiswa : Bella Krismonita

Nomor Pokok Mahasiswa : 2020041001

Program Studi : Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut

Fakultas : Pascasarjana Multidisiplin



Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.
NIP. 197008151999031001

Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D
NIP. 198309232006042001

2. Ketua Program Studi Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut
Universitas Lampung

Dr. Supono, S.Pi., M.Si.
NIP. 197010022005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.



Sekretaris

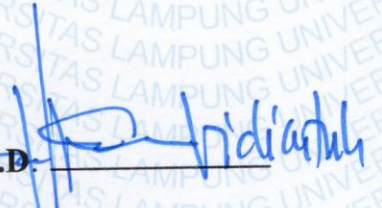
: Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.



Penguji

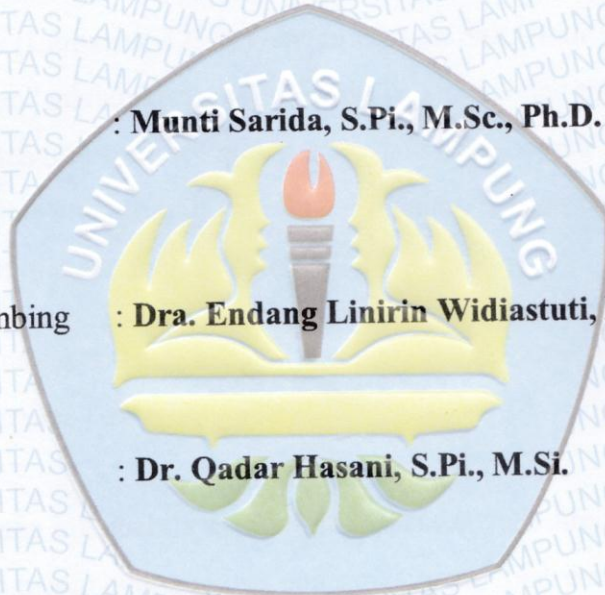
Bukan pembimbing

: Dra. Endang Linirin Widiastuti, M.Sc., Ph.D.



Anggota

: Dr. Qadar Hasani, S.Pi., M.Si.



2. Direktur Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S. T., M.T.

NIP. 197104151998031005

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 11 Januari 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul: “Kajian Kandungan dan Biokonsentrasi Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg), dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) Dengan Ukuran dan Umur yang Berebda di Pulau Pasaran” adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut dengan plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya, saya bersedia dan sanggup dituntut dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 04 April 2023
Yang membuat pernyataan,



Bella Krismohita
NPM. 2020041001

RIWAYAT HIDUP



Bella Krismonita lahir di Bandar Lampung pada tanggal 11 Maret 1998 anak dari Bapak Hi. Sorimin dan Ibu Dr. Hj. Agus Setiawati.,S.Sos.,S.E.,M.M. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal dari Sekolah Dasar Islam Muhammadiyah 1, Bandar Lampung pada tahun 2003-2009, dilanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama di SMP Ar-Raihan Bandar Lampung pada tahun 2009-2012, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 7 Bandar Lampung pada tahun 2012-2015. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang Perguruan Tinggi di Jurusan Perikanan dan Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2015 dan lulus pada tahun 2019 dengan judul tugas akhir “Studi Penggunaan Hormon Per-tumbuhan Rekombinan Kerapu Kertang (r-ElGH) terhadap Performa Pertumbuhan dan Deferensiasi Kelamin Ikan Bandeng *Chanos chanos* (Forsskal,1775).”

Pada tahun 2020 penulis melanjutkan studi pada Program Studi Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut Fakultas Pascasarjana Multidisiplin Universitas Lampung melalui jalur penerimaan reguler. Pada tahun 2022 untuk mencapai gelar Magister Sains (M.Si), penulis melaksanakan penelitian dan menyelesaikan tugas akhir dalam bentuk tesis di Pulau Pasaran, Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung dengan judul “Kajian Kandungan dan Biokonsentrasi Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg), dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) Dengan Ukuran dan Umur yang Berebda di Pulau Pasaran.”

PERSEMBAHAN

Kepada Ayahanda dan Ibunda Tercinta

MOTTO

“Jika kamu tidak mengejar apa yang kamu inginkan, maka kamu tidak akan mendapatkannya. Jika kamu tidak bertanya maka jawabannya adalah tidak. Jika kamu tidak melangkah maju, kamu akan tetap berada di tempat yang sama”

(Nora Roberts)

Raihlah ilmu. Dan untuk meraih ilmu, belajarlah untuk tenang dan sabar.

(Umar bin Khattab)

"Yakinlah, ada sesuatu yang menantimu setelah banyak kesabaran (yang kau jalani), yang akan membuatmu terpana hingga kau lupa betapa pedihnya rasa sakit"

(Ali bin Abu Thalib)

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas kelimpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Kajian Kandungan dan Biokonsentrasi Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg), dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) Dengan Ukuran dan Umur yang Berebda di Pulau Pasaran” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Dr. Supono, S.Pi., M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut Universitas Lampung.
4. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si., selaku Pembimbing Pertama yang juga telah memberikan banyak ilmu, arahan, masukan, dan waktunya untuk selalu membimbing dalam penyelesaian tesis.
5. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D., selaku Pembimbing Kedua yang juga telah memberikan banyak ilmu, arahan, masukan, dan waktunya untuk selalu membimbing dalam penyelesaian tesis.
6. Dra. Endang Linirin Widiastuti, M.Sc., Ph.D., selaku Penguji Utama yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan dalam penyelesaian tesis.
7. Dr. Qadar Hasani, S.Pi., M.Si., selaku Penguji Anggota, yang juga telah memberikan kritik, saran, dan masukan dalam penyelesaian tesis.

8. Seluruh dosen Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat.
9. Kedua orangtua, Bapak Hi. Sorimin dan Ibu Dr.Hj.Agus Setiawati.,M.M serta kedua adik dan anakku yang selalu memberikan semangat, dukungan, doa, dan motivasi dalam menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.
- 10.Suami terkasih Brigpol. Danoe Arya Utama, S.H yang selalu menemani, memberikan bantuan, semangat, dukungan, doa, motivasi dalam membantu menyelesaikan tesis ini.
- 11.Teman-teman Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut 2020 yang telah memberikan bantuan dalam membantu menyelesaikan tesis ini.
12. Bapak dan Ibu staf Pascasarjana Universitas Lampung.
13. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Bandar Lampung, 04 April 2023

Bella Krismonita

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Manfaat Penelitian	4
1.4 Kerangka Pikir Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pencemaran Logam Berat.....	6
2.2 Biologi dan Morfologi Kerang Hijau (<i>Perna viridis</i> L)	7
2.3 Fisiologi Kerang Hijau	9
2.4 Sistem Budi Daya Kerang Hijau	10
2.5 Pencemaran Logam Berat Pada Kerang Hijau.....	11
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat	15
3.2 Alat dan Bahan.....	15
3.3 Rancangan Penelitian	16
3.4 Prosedur Penelitian.....	17
3.4.1 Pengambilan Sampel Air dan Kerang Hijau	17
3.4.2 Analisis Logam Berat (Pb, Hg, dan Cd)	18
3.4.3 Faktor Biokonsentrasi (BCF)	19
3.5 Parameter Penelitian.....	19
3.6 Analisis Data.....	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pengukuran Konsentrasi Logam Pb, Hg dan Cd	21
4.2 Kandungan Logam Berat Pb pada Kerang Hijau Berdasarkan Umur yang Berbeda	22
4.3 Kandungan Logam Berat Hg pada Kerang Hijau Berdasarkan Umur yang Berbeda	23
4.4 Kandungan Logam Berat Cd pada Kerang Hijau Berdasarkan Umur yang Berbeda	25
4.5 Biokonsentrasi Logam Pb, Hg dan Cd pada Kerang Hijau	27

V. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	39

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat yang digunakan	15
2. Bahan yang digunakan	16
3. Panjang kerang hijau hasil percobaan	21
4. Ukuran dan bobot tubuh kerang hijau umur 3 bulan	40
5. Ukuran dan bobot tubuh kerang hijau umur 5 bulan	41
6. Ukuran dan bobot tubuh kerang hijau umur 7 bulan	42
7. Ukuran dan bobot tubuh kerang hijau umur 9 bulan	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian	5
2. Jenis kelamin kerang hijau	8
3. Anatomi bagian dalam kerang hijau.....	9
4. Sistem budi daya kerang hijau metode rakit	11
5. Lokasi pengambilan sampel	17
6. Sistem budi daya metode rakit	17
7. Variasi ukuran kerang hijau	21
8. Kandungan logam Pb pada daging kerang hijau berdasarkan umur dan ukuran yang berbeda	22
9. Kandungan logam Hg pada daging kerang hijau berdasarkan umur dan ukuran yang berbeda	24
10. Kandungan logam Cd pada daging kerang hijau berdasarkan umur dan ukuran yang berbeda	26
11. Nilai faktor biokonsentrasi (BCF) logam Pb, Hg dan Cd pada kerang hijau pada umur 3 dan 9 bulan	28
12. Kurva linier polinomial orthogonal logam Pb	45
13. Kurva kuadratik polinomial orthogonal logam Pb	45
14. Kurva kubik polinomial orthogonal logam Pb	46
15. Kurva linier polinomial orthogonal logam Hg	48
16. Kurva kuadratik polinomial orthogonal logam Hg	48
17. Kurva kubik polinomial orthogonal logam Hg	49
18. Kurva linier polinomial orthogonal logam Cd	51
19. Kurva kuadratik polinomial orthogonal logam Cd.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Ukuran tubuh dan bobot kerang hijau.....	40
2. Uji polinomial ortogonal terhadap logam timbal (Pb)	44
3. Uji polinomial ortogonal terhadap logam merkuri (Hg)	47
4. Uji polinomial ortogonal terhadap logam kadmium (Cd)	50
5. Data konsentrasi logam berat pada kerang hijau	53
6. Nilai biokonsentrasi kerang hijau	55
7. Sampling kerang hijau	56
8. Hasil cek plagiarism	57

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kerusakan ekosistem pesisir saat ini semakin meningkat, salah satunya diakibatkan oleh pencemaran logam berat. Pencemaran logam berat terjadi jika polutan melewati batas toleransi dan menyebabkan kerusakan pada makhluk hidup (Mohammed *et al.*, 2011). Beberapa wilayah pesisir di Indonesia yang terdampak logam berat yaitu, pesisir Kota Makassar di perairan Metro Tanjung Bunga yang tercemar logam timbal (Pb) sebesar 0,11 mg/l (Setiawan *et al.*, 2014). Selanjutnya, Rahayu (2022) melaporkan bahwa sungai Krueng Sabee yang terletak di Aceh Jaya telah tercemar logam berat merkuri (Hg) sebesar 0,76 mg/l. Pencemaran logam berat cadmium (Cd) juga teramati di Perairan Matras, Kabupaten Bangka sebesar 0,04 mg/l (Nugraha *et al.*, 2022).

Keberadaan logam berat di wilayah pesisir dapat berasal dari proses alami berupa pelapukan batuan dan aktivitas vulkanik (Peng *et al.*, 2018), maupun masukan dari daratan seperti aktivitas industri, pertanian, pertambangan, dan rumah tangga (Duodu *et al.*, 2017). Dampak dari kegiatan tersebut diduga meningkatkan jumlah limbah yang mengalir ke badan air melalui sungai dan bermuara di laut dan kemudian diserap oleh biota perairan. Hal tersebut memberikan efek negatif pada lingkungan karena sulit terdegradasi, mengalami bioakumulasi (Saher & Siddiqui, 2019) dan biomagnifikasi (Vandecasteele *et al.*, 2004), serta bersifat toksik ketika melewati batas tertentu (Rosado *et al.*, 2016), yang kemudian dapat diserap oleh biota perairan terutama kerang-kerang termasuk kerang hijau (*Perna viridis*). Kerang hijau *Perna viridis* merupakan salah satu kelas bivalvia yang banyak

dikonsumsi oleh manusia karena memiliki nilai ekonomis dengan harga jual sekitar Rp 5.000,00/kg berat kotor (Warli, 2016; Putri *et al.*, 2018) serta memiliki kandungan gizi yang tinggi sebagai berikut: kadar protein 11,84 %, kadar lemak rendah 0,70 %, kadar air 78,86 %, kadar abu 3,60 %, dan karbohidrat 4,70 % (Mahasri *et al.*, 2014). Selain itu, kerang hijau juga memiliki kandungan asam lemak dan omega-3 yang bermanfaat untuk kesehatan manusia (Yona *et al.*, 2021). Namun demikian, kerang hijau memiliki sifat *filter feeder* (Pratikto, 2013) yang artinya untuk mendapatkan makanannya dengan cara memompa air melalui rongga-rongga mantel sehingga semua partikel-partikel yang ada di air ikut masuk ke dalam tubuh kerang hijau (Cardova *et al.*, 2016). Selain itu, kerang hijau bersifat menetap (*sessile*) dan tidak dapat bergerak bebas untuk berpindah tempat, sedangkan dalam waktu yang sama pencemaran di perairan berlangsung terus menerus (Fernanda, 2012).

Berdasarkan kebiasaan makannya yang merupakan *filter feeder* dan cara hidupnya yang *sessile*, maka komponen makanan utama kerang hijau di perairan ialah plankton dan bahan-bahan organik. Apabila makanannya tersebut terakumulasi logam berat maka dapat mengontaminasi kerang hijau. Menurut Haryono *et al.* (2017), konsentrasi logam berat pada kerang hijau di perairan Lekok, Kabupaten Pasuruan lebih tinggi sebesar 3,5 kali dibandingkan dengan konsentersasi logam berat pada plankton. Hal ini mengindikasikan bahwa kerang hijau mampu mengakumulasi logam berat, baik dari perairan maupun sedimen (Maharani *et al.*, 2019), sehingga kerang hijau direkomendasikan sebagai biofilter logam berat. Jenis logam berat yang ditemukan pada ikan hidup di pesisir Kota Bandar Lampung ialah timbal (Pb), merkuri (Hg), dan kadmium (Cd). Kandungan logam Pb pada daging kerang hijau di perairan Pulau Pasaran memiliki konsentrasi hingga 8,45 mg/kg, nilai ini telah melebihi ambang baku mutu menurut Kepmen LH No.51/2014 yaitu 0,08 mg/kg (Sagada, 2018). Selanjutnya, menurut Romandhoni, (2021) bahwa perairan Pulau Pasaran tercemar oleh logam berat Hg sebesar 0,004-0,009 mg/l yang telah melebihi standar baku mutu sebesar 0,001 mg/l menurut Kepmen LH No.51/2014. Hal serupa juga teramati kandungan logam Cd pada sedimen sebesar 7,41 mg/kg di wilayah pesisir Kota Bandar Lampung (Pratiwi *et al.*, 2016) dimana nilai ini telah melewati ambang baku mutu

sedimen yang ditetapkan oleh Kepmen LH No.51 tahun 2014 sebesar 1,5 mg/kg. Berdasarkan kajian tentang kandungan logam berat Pb, Hg, dan Cd dapat dikategorikan bahwa perairan pesisir Kota Bandar Lampung telah tercemar logam berat. Dengan demikian, perlu kehati-hatian dalam menyikapi fenomena ini karena sifat logam berat yang dapat terakumulasi pada kerang hijau dan berdampak pada konsumen kerang hijau. Studi lain juga menyatakan bahwa ada korelasi yang signifikan antara kerang dan konsentrasi Pb, Hg dan Cd dalam sedimen di Teluk Paria, Trinidad, dan Venezuela (De Astudillo *et al.*, 2005), serta kandungan Cd dan Pb di pesisir barat perairan Semenanjung Malaysia (Yap *et al.*, 2004).

Kemampuan kerang hijau dalam menyerap logam berat dapat dibedakan menjadi dua kriteria, yaitu berdasarkan ukuran dan umur. Menurut Singh (2017), ukuran cangkang memengaruhi kandungan logam, semakin besar ukuran cangkang kerang menandakan umur dari kerang tersebut semakin tinggi, sehingga waktu akumulasi logam berat telah berlangsung lebih lama. Selain itu, kemampuan menyerap dan mengakumulasi logam berat pada kerang hijau juga memiliki korelasi terhadap tahap reproduksi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Assaduzaman *et al* (2019) bahwa pada saat fase reproduksi (berumur ± 6 bulan), kerang hijau akan lebih banyak menyerap plankton sebagai sumber energi dan nutrisi untuk gametogenesis. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi terhadap kandungan logam berat Pb, Hg, dan Cd pada kerang hijau dengan ukuran dan umur yang berbeda untuk mengetahui waktu yang tepat untuk memanen kerang hijau yang aman untuk dikonsumsi sehingga dapat meminimalisir terjadinya keracunan akibat mengkonsumsi kerang hijau.

Berdasarkan pemaparan di atas diketahui bahwa belum ada kajian terkait evaluasi kontaminasi logam berat Pb, Hg, dan Cd pada kerang hijau dengan ukuran dan umur yang berbeda. Penelitian ini perlu dilakukan untuk dijadikan landasan evaluasi kandungan logam berat (Pb, Hg, dan Cd) berdasarkan ukuran dan umur pada kerang hijau. Penelitian ini dapat digunakan sebagai monitoring pencemaran lingkungan dan juga keamanan pangan, serta pemaparan logam berat (Pb, Hg, dan Cd) pada kerang hijau yang banyak dikonsumsi masyarakat.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kandungan dan biokonsentrasi logam berat (Pb, Hg, dan Cd) pada kerang hijau (*Perna viridis l*) dengan ukuran dan umur yang berbeda di Pulau Pasaran.

1.3 Manfaat Penelitian

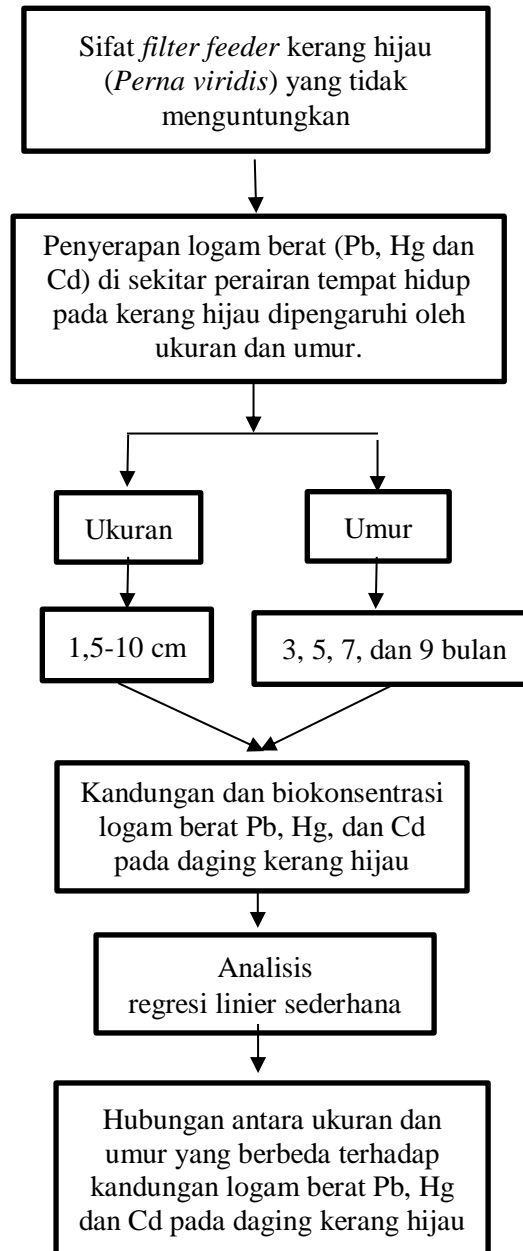
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi praktisi budi daya kerang hijau (*Perna viridis l*) di Pulau Pasaran, serta dampak akumulasi logam berat pada kerang hijau.

1.4 Kerangka Pikir Penelitian

Kerang hijau merupakan salah satu organisme *filter feeder* yang mendapatkan makanan dengan cara memindahkan air melalui struktur yang berfungsi sebagai saringan. Hal tersebut dapat memberikan dampak positif bagi ekosistem perairan di sekitarnya karena kerang hijau menghisap dan menyaring partikel kecil bahkan racun-racun yang sudah mencemari suatu ekosistem perairan tersebut. Saat menyaring air, kerang hijau juga menyerap beberapa bahan kimia dan patogen yang ada. Selain itu, kerang hijau bersifat *sessile* atau menetap dan memiliki kebiasaan hidup dengan melekatkan dirinya secara tetap pada benda-benda keras yang ada di dalam kolom air dan tetap melekat pada benda-benda tersebut. Berdasarkan kondisi tersebut, dapat diketahui bahwa kerang hijau juga mampu mengakumulasi logam berat di sekitar perairan, seperti logam Pb, Hg, dan Cd, bahkan dalam konsentrasi tinggi.

Kerang hijau menyerap logam berat Pb, Hg, dan Cd melalui insang kemudian masuk ke dalam filamen-filamen insang, selanjutnya akan disaring dan terakumulasi di dalam *silia* (bulu-bulu halus) yang terdapat pada insang. Akan tetapi, kemampuan kerang hijau dalam menyerap serta mengakumulasi logam berat diduga bervariasi berdasarkan ukuran dan umur. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan analisis regresi linier sederhana kandungan logam berat Pb, Hg, dan Cd pada kerang hijau untuk melihat hubungan antara umur dan ukuran yang berbeda

terhadap kandungan logam berat Pb, Hg, dan Cd pada daging kerang hijau. Kerangka pikir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Logam Berat

Menurut Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 perihal perlindungan serta pengelolaan lingkungan hidup pasal 1 ayat 14 menjelaskan bahwa, pencemaran lingkungan hidup merupakan masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup akibat aktivitas manusia sehingga melampaui standar mutu lingkungan hidup yang sudah ditetapkan (Santosa, 2013). Salah satu pencemaran lingkungan hidup ialah pencemaran yang terjadi di kawasan pesisir dan laut. Pencemaran pesisir dan laut didefinisikan sebagai peristiwa masuknya partikel kimia, limbah industri, pertanian serta perumahan, kebisingan atau penyebaran organisme asing yang masuk ke dalam laut, yang berpotensi memberi dampak berbahaya. Dalam masalah pencemaran, banyak bahan kimia seperti logam berat berbahaya masuk ke dalam lingkungan perairan.

Pencemaran perairan dapat ditimbulkan oleh polutan organik maupun anorganik. Polutan organik yang tak jarang mencemari perairan di antaranya DDT, PAH, pestisida, insektisida, deterjen, serta limbah rumah tangga lainnya. Adapun polutan anorganik yang dijumpai di perairan, contohnya ialah logam kadmium (Cd), timbal (Pb), dan merkuri (Hg). Pencemaran logam berat di perairan dapat ditimbulkan terutama oleh meningkatnya skala sektor perindustrian yang tidak disertai dengan proses penanggulangan limbah yang dihasilkan (Darmono, 2001). Kandungan logam berat di perairan dapat berasal dari berbagai sumber, seperti batuan, tanah, dan dari aktivitas manusia termasuk pembuangan limbah cair, baik yang sudah diolah maupun yang belum diolah yang masuk ke perairan, kemudian secara langsung dapat mencemari air permukaan (Akoto *et al.*, 2008).

Pencemaran logam berat dapat merusak perairan dalam hal stabilitas dan keanekaragaman ekosistem. Dari aspek ekologis, kerusakan ekosistem perairan akibat pencemaran logam berat dipengaruhi oleh kadar dan sumber zat pencemar yang masuk ke dalam perairan, sifat toksisitas, dan bioakumulasi. Pencemaran logam berat dapat menyebabkan terjadinya kerusakan ekosistem perairan laut (Darmono, 2001). Logam dinyatakan sebagai polutan atau pencemar yang sangat toksik karena logam bersifat tidak mudah terurai. Banyak bahan pencemar logam yang digunakan oleh industri, seperti raksa atau hydragyrum (Hg), kromium (Cr), arsen (As), kadmium (Cd), tembaga atau kuprum (Cu), timbal atau plumbum (Pb), seng atau zinc (Zn), dan nikel (Ni) (Damaianto & Masduqi, 2014).

2.2 Biologi dan Morfologi Kerang Hijau (*Perna viridis* L)

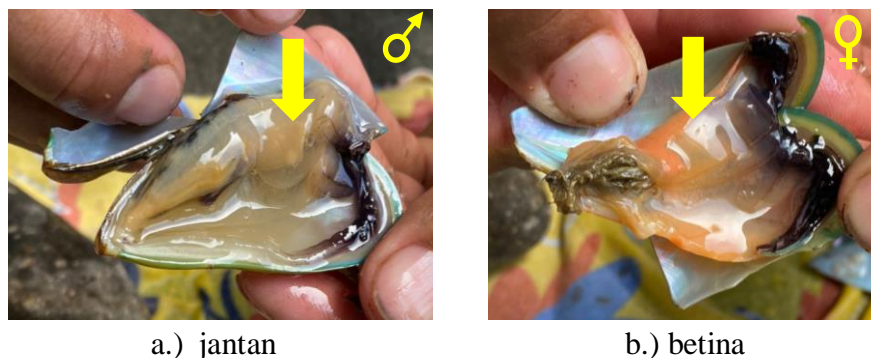
Kerang hijau merupakan organisme yang termasuk dalam kelas Pelecypoda. Kelas ini selalu mempunyai dua cangkang katup yang disebut sebagai bivalvia, dan termasuk dalam golongan biota bertubuh lunak (moluska). Kerang hijau dapat tumbuh pada perairan teluk, estuari, sekitar mangrove, dan muara, dengan kondisi perairan yang memiliki substrat pasir berlumpur, arus, serta kadar garam yang tidak terlalu tinggi (Setyobudiandi, 2000). Menurut Cappenberg (2008), klasifikasi *Perna viridis* (Linnaeus 1758) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Phylum : Mollusca
Kelas : Bivalvia
Subkelas : Lamellibranchia
Ordo : Anisomyria
Family : Mytilidae
Genus : *Perna*
Spesies : *Perna viridis* (Linnaeus, 1758)

Faktor lingkungan yang memengaruhi kelangsungan hidup kerang hijau adalah suhu, salinitas, tipe dasar perairan, kedalaman, kekeruhan, arus, dan oksigen terlarut (Setyobudiandi, 2000). Kerang hijau biasanya hidup di perairan laut tenang, mempunyai kadar salinitas berkisar 27-34 ppt, suhu 27-32 °C, pH 6-8, kecerahan

3,5-4 m, dan hidup pada kedalaman 3-10 m di daerah *estuarine* (Ismail *et al.*, 2002). Kerang hijau hidup sebagai *filter feeder* yang berarti menyaring partikel-partikel yang ada di perairan tempat hidupnya. Di samping itu, kerang hijau adalah organisme yang mempunyai pergerakan yang minimal di perairan atau dikenal dengan *sedentary animal*, sehingga tidak dimungkinkan menghindari bahan pencemar yang mencemari lingkungan hidupnya (Yaqin *et al.*, 2015).

Kerang hijau memiliki alat kelamin yang terpisah atau dioecious, bersifat ovipora yaitu memiliki telur dan sperma yang berjumlah banyak dan mikroskopis. Induk kerang hijau yang telah matang kelamin mengeluarkan sperma dan sel telur ke dalam air sehingga bercampur dan kemudian terjadi pembuahan. Telur yang telah dibuahi tersebut setelah 24 jam kemudian menetas dan tumbuh berkembang menjadi larva, kemudian spat yang masih bersifat planktonik hingga berumur 15-20 hari dan selanjutnya benih atau spat tersebut menempel pada substrat dan setelah 5-6 bulan kemudian akan menjadi kerang hijau dewasa (induk) (Riani, 2009). Jenis kelamin kerang hijau dapat dilihat pada Gambar 2.

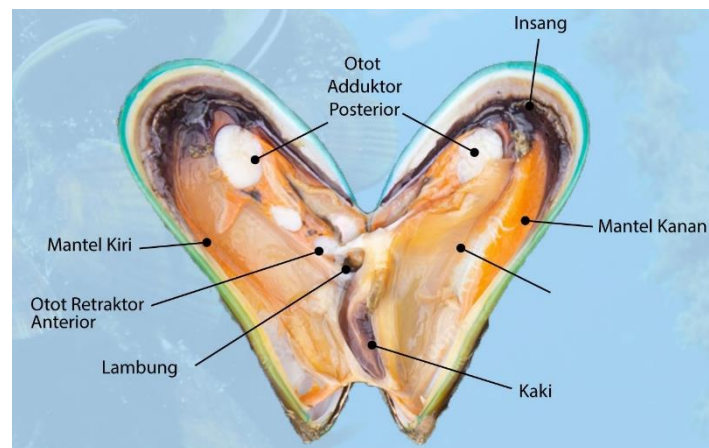


Gambar 2. Jenis kelamin kerang hijau (*Perna viridis* L)

Kerang hijau termasuk kerang bercangkang dua (*bivalvia*) dengan bentuk cangkang memanjang berwarna hijau kehitaman dengan panjang tubuh antara 6,5-8,5 cm dan bagian tubuh terdiri dari ginjal, jantung, mulut, dan anus. Fungsi dari cangkang terluar dari kerang adalah sebagai pelindung jaringan lunak dari tubuh kerang hijau, cangkang kerang terdiri dari jaringan yang bersifat tipis dan kuat sehingga dapat melindungi tubuh kerang. Pada bagian luar kerang hijau terdapat dua buah lubang yang disebut dengan sifon (Rusyana, 2011).

2.3 Fisiologi Kerang Hijau

Kerang hijau merupakan biota *filter feeder* yang mengambil makanannya dengan cara menyaring air. Cara makan yang demikian membuat berbagai komponen bahan-bahan akan masuk ke dalam tubuh kerang tersebut (Liliandari & Aunurohim, 2013), sehingga biota ini populer digunakan untuk mendeteksi pencemaran lingkungan karena hidupnya yang berasosiasi dengan sedimen, kebiasaan makannya sebagai *filter feeder*, dan kemampuannya mengakumulasi bahan pencemar. Kemampuan bioakumulasinya yang tinggi menyebabkan konsentrasi bahan kimia yang sebelumnya tidak terdeteksi dalam air dapat ditemukan dalam tubuh kerang hijau (Zuykow *et al.*, 2013). Anatomi kerang hijau dapat dilihat pada Gambar 3.



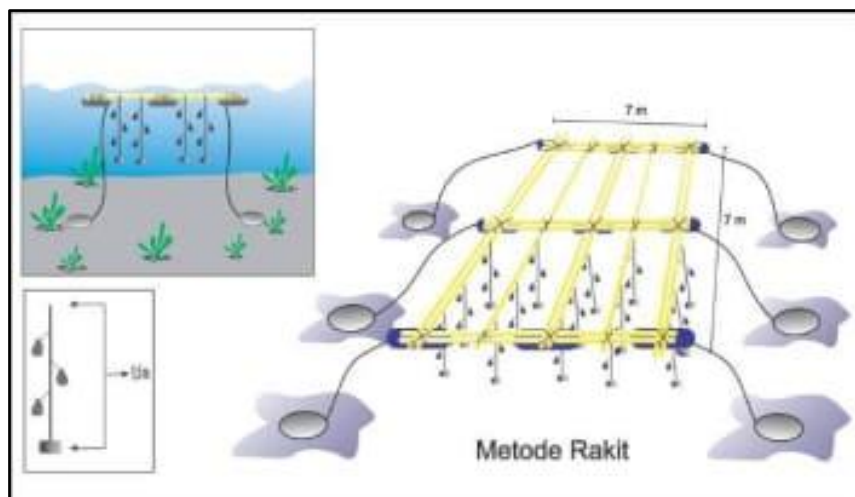
Gambar 3. Anatomi bagian dalam kerang hijau (*P. viridis*)
Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup (2022)

Kerang hijau tidak memiliki kepala dan otak, organ tubuh yang terdapat pada kerang hijau yaitu lambung, insang, kaki dan anus. Sistem pencernaan dimulai dari mulut, kerongkongan, lambung, usus, dan akhirnya bermuara pada anus. Anus ini terdapat di saluran yang sama dengan saluran untuk keluarnya air. Adapun makanan golongan hewan kerang ini adalah hewan-hewan kecil yang terdapat dalam perairan berupa protozoa, diatom dan lain-lain. Makanan ini dicerna di lambung dengan bantuan getah pencernaan dan hati, selanjutnya sisa makanan dikeluarkan melalui anus (Hilman *et al.*, 2009). Pada kerang, terdapat cilia khusus yang terletak di antara filamen insang yang berfungsi memindahkan aliran air ke dalam bagian *inhalant* pada *mantle cavity* (rongga *exhalent*). Partikel makanan atau

material tersuspensi lainnya yang berukuran lebih besar dari ukuran tertentu disaring dan air oleh cilia insang dihimpun pada bagian rongga *inhalant* berhadapan dengan lamellae insang. Material ini kemudian dipindahkan oleh cilia lainnya ke arah tepi bagian ventral insang atau di bagian dasar organ yang berbentuk seperti huruf “w” di mana terletak alur makanan (*food grooves*). Setelah berada di *food grooves*, makanan bergerak ke arah depan hingga mencapai *palps*, yang berada di sisi mulut. Partikel yang lebih besar dihimpun di tepi *palps* (Martin, 2005).

2.4 Sistem Budi Daya Kerang Hijau

Metode rakit digunakan pada lokasi yang dikhususkan untuk pembesaran kerang hijau, bukan lokasi sumber benih. Rakit dibuat dari bambu atau kayu atau kombinasi keduanya. Agar rakit tidak mudah rusak dan tenggelam pada waktu pembudi daya bekerja di atasnya, sebaiknya rakit disanggah oleh beberapa drum kosong yang sudah dicat anti karat atau dengan menggunakan drum plastik, kemudian rakit dilengkapi dengan jangkar. Dengan metode rakit ini benih-benih kerang hijau dapat dikumpulkan dengan menggunakan kolektor jaring atau tali. Keuntungan dengan menggunakan metode ini adalah mudah dalam proses pemanenannya. Rakit dapat berukuran 7x7 m², terbuat dari bambu dan drum plastik yang digunakan sebagai pelampungnya. Kolektor-kolektor yang digantungkan sebanyak 56 buah, terbuat dari tali PE berdiameter 2 cm dan panjang 1,5 m. Benih yang berasal dari kolektor tancap ditransplantasikan ke lokasi pembesaran. Penangkapan dilakukan dengan sistem kering atau tanpa air. Ketahanan teknis pemakaian rakit apung kira-kira 2-2,5 tahun (Malik *et al*, 2015). Sistem budi daya kerang hijau dengan keramba jaring apung metode rakit dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sistem budidaya kerang hijau metode rakit
Sumber: BMP (2015)

2.5 Pencemaran Logam Berat pada Kerang Hijau

Logam berat timbal (Pb) yang terdapat di perairan dapat membahayakan kehidupan organisme perairan baik, secara langsung maupun tidak langsung, mengancam kesehatan manusia melalui kontaminasi rantai makanan (Azizah *et al.*, 2018). Nasution & Siska (2011), menyatakan bahwa akumulasi logam berat timbal (Pb) yang terdapat di suatu lingkungan sangat erat kaitannya dengan jenis logam dan mekanisme detoksifikasi pada organisme. Hal ini disebabkan logam berat timbal (Pb) merupakan logam berat non esensial dan bersifat toksik atau racun sehingga tidak dapat digunakan dalam proses metabolisme dan pada akhirnya terjadi akumulasi dalam jaringan lunak kerang hijau.

Akumulasi timbal dalam tubuh organisme akan membentuk kurva linier dengan jumlah timbal terlarut (Haryono *et al.*, 2017). Kebanyakan organisme air mengakumulasi logam ini pada bagian insang dan mantel. Pada bivalvia yang sudah terkontaminasi logam timbal ternyata memiliki kemampuan untuk melepaskan logam ini kembali ke dalam perairan setelah dilepas pada daerah yang tidak terkontaminasi. Akumulasi logam dapat terjadi melalui rantai makanan, seperti *Capitela capitata* yang mengonsumsi detritus dan alga yang dimakannya dan konsentrasinya dalam tubuh akan semakin meningkat seiring dengan semakin banyak alga yang dimakannya. Menurut Neff (2002) pemaparan logam timbal

(Pb) dengan konsentrasi 476-758 $\mu\text{g/l}$ pada *Mytilus edulis*, *Crasostrea gigas*, dan *Cancer magister* menyebabkan pertumbuhan larva menjadi abnormal. Menurut Soetrisno (2008), timbal menjadi beracun dengan menggantikan kation-kation logam yang aktif biologis, seperti kalsium dan seng (Zn), dari protein-proteinnnya. Timbal menghambat total aktivitas enzim biosintetik *heme*, yakni asam *delta-aminolevulinat dehydratase* (delta-ALAD). Ketika logam ini menggantikan kation seng tunggalnya, maka akan mengganggu pembentukan darah dan menghasilkan anemia parah. Darmono (1995) menambahkan bahwa timbal dapat menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin yang dapat menyebabkan penyakit anemia. Gejala yang diakibatkan dari keracunan logam timbal adalah kurangnya nafsu makan, kejang, lesu dan lemah, muntah serta pusing-pusing. Timbal dapat juga menyerang susunan saraf, saluran pencernaan, serta dapat mengakibatkan terjadinya depresi pada manusia.

Logam merkuri (Hg) lebih cepat diakumulasi oleh kerang hijau melalui rantai makanan, seperti plankton yang dapat menyerap merkuri di perairan. Kebanyakan dari merkuri yang masuk ke dalam tubuh organisme ini akan diakumulasi dalam jaringan tubuh organisme. Cacing polychaeta *Capitula capitata* kebanyakan mendapat merkuri dari alga atau detritus yang dimakannya. Pada lobster *Nephrops norvegica* akumulasi merkuri terjadi di bagian insang dan hepatopankreas (Neff, 2002). Hasil penelitian Mance (1990) memperlihatkan bahwa pada embrio ikan *Fundulus heteroclitus* yang terpapar dengan merkuri 0,067 mg/l akan mengalami kematian populasi 50% (LC_{50}) setelah 4 hari percobaan, setelah 32 hari pemaparan didapatkan bahwa merkuri juga akan mengurangi tingkat kesuksesan penetasan dan proses setelah penetasan. Fase zoea pada krustasea juga memiliki respon yang sensitif terhadap merkuri seperti halnya pada ikan. Pada larva bivalvia spesies *Crassostrea gigas* dan *Mytilus edulis* setelah terpapar dengan Hg dengan median efek konsentrasi (EC_{50}) masing-masing sebanyak 0,0067 dan 0,0058 mg/l akan menunjukkan perkembangan larva yang tidak normal. Merkuri merupakan logam berat yang bersifat toksik bagi biota maupun manusia. Efek merkuri terhadap kesehatan manusia antara lain gangguan pada sistem saraf, kerusakan fungsi otak, kerusakan DNA, kerusakan kromosom, reaksi alergi, kelelahan, dan

sakit kepala; efek negatif reproduksi seperti kerusakan sperma, cacat lahir, dan keguguran (Jan *et al.*, 2015).

Sanusi (2006) juga melaporkan bahwa proses metilasi Hg pada kolom perairan dipengaruhi oleh bahan organik, ketersediaan logam berat donor, ukuran partikel sedimen, temperatur, kondisi reduksi-oksidasi dan aktivitas metabolik bakteri jenis *Clostridium*, *Methanobacter*, *Neurospora*, dan *Pseudomonas*. Pada perairan yang telah tercemar bahan organik, keberadaan Hg dapat memengaruhi kesuburan dan *trophic level*-nya. Konsentrasi merkuri jauh lebih tinggi di lingkungan pantai bila dibandingkan dengan laut terbuka. Pantai dan estuari yang belum tercemar mengandung kurang lebih 20 mg/l merkuri.

Logam kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah. Kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal. Logam berat kadmium merupakan logam berat yang berbahaya, logam ini tidak dapat didegradasi oleh organisme dan lingkungan. Keberadaan logam kadmium yang semakin banyak di perairan akan terakumulasi dan mengendap pada dasar perairan dan menyatu dengan sedimen. Selain itu, kandungan logam berat akan masuk ke dalam sistem rantai makanan dan memengaruhi kehidupan biota yang ada di dalamnya (Aarsad *et al.*, 2012).

Menurut Said (2008), konsentrasi Cd di perairan alami berkisar antara 0,29–0,55 mg/l dengan rata-rata 0,42 mg/l. Konsentrasi kadmium di kolom permukaan air laut terbuka antara 1-100 mg/l. Pada perairan pantai konsentrasinya kurang lebih 200 mg/l, namun konsentrasinya akan meningkat menjadi 5.000 mg/l di daerah estuaria yang berada di dekat daerah pertambangan. Konsentrasi kadmium di daerah sungai umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan daerah laut. Pada laut terbuka, konsentrasi kadmium terlarut akan semakin meningkat dengan meningkatnya kedalaman, namun sebaliknya konsentrasi partikulat kadmium akan tinggi di permukaan dan menjadi semakin berkurang dengan bertambahnya kedalaman (Said, 2008).

Kadmium termasuk logam berat yang sangat sulit didegradasi oleh organisme, sehingga jika terabsorpsi oleh tubuh organisme laut, maka konsentrasinya akan menjadi semakin meningkat seiring dengan waktu. Biokonsentrasi kadmium dalam tubuh fitoplankton sangat bergantung pada jumlah kadmium yang terlarut dalam kolom perairan. Kebanyakan dari kadmium ini akan terakumulasi pada bagian insang organisme dan beberapa organisme memiliki kemampuan untuk mentransfer kadmium ini ke dalam *epithelium* nya. Setelah masuk ke dalam tubuh, kadmium yang masuk ke dalam tubuh invertebrata, ikan, burung, dan mamalia akan membentuk ikatan dengan protein sebagai *metallothionin*. Pada kima *Crassostrea gigas*, kadmium kebanyakan diakumulasi pada bagian ginjal. Pada lobster, kadmium dengan jumlah yang paling banyak ditemukan pada organ hepatopankreas (Paasivirta, 2000). Sementara itu, dampak kadmium pada tubuh manusia, antara lain kerusakan pada metabolisme kalsium komponen penyusun tulang, disfungsi ginjal, iritasi usus, dan diare (Jaishankar *et al.*, 2014).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-Mei 2022. Pengambilan sampel dilakukan di perairan Pulau Pasaran pada rakit budi daya kerang hijau berukuran 6x6 m². Sampel yang diperoleh dianalisis kandungan logam berat timbal (Pb), merkuri (Hg), dan kadmium (Cd) yang dilakukan di laboratorium PT. Alam Les-tari, Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan bahan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Alat yang digunakan

No	Nama alat	Fungsi
1	GPS	Mengetahui lokasi pengambilan sampel.
2	Alat AAS	Mengetahui kandungan Pb, Hg, dan Cd.
3	Alat bedah	Membedah dan mengambil sampel.
4	Penggaris	Mengukur panjang dan lebar kerang hijau.
5	Timbangan digital	Menimbang bobot kerang hijau.
6	Plastik zip	Wadah sampel daging kerang hijau.
7	Botol film	Wadah sampel air.
8	Oven	Mengeringkan sampel kerang hijau.
9	Tabung <i>digestion</i>	Wadah sampel kerang hijau dan air saat analisis.
10	<i>Disgestion</i> blok	Memanaskan sampel.
11	Stirrer	Mengaduk sampel.
12	Termometer	Mengukur suhu air.

Tabel 1. Alat yang digunakan (lanjutan)

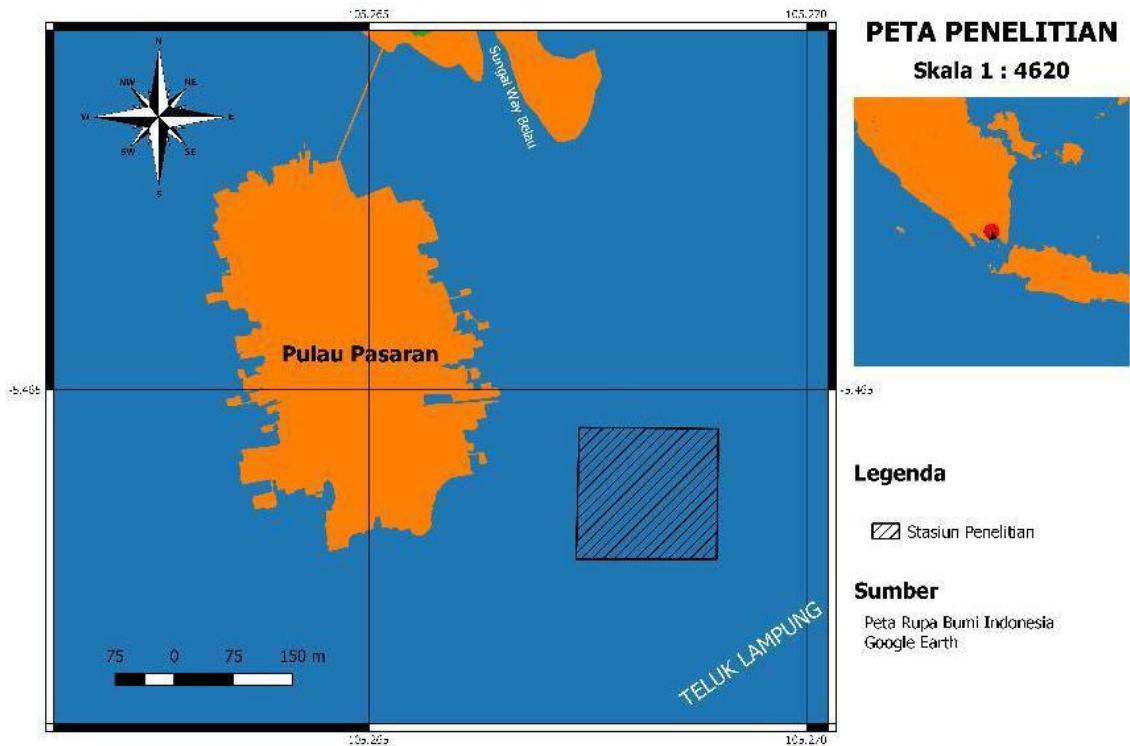
No	Nama alat	Fungsi
13	pH meter	Mengukur pH air budi daya.
14	<i>Secchi disk</i>	Mengukur kecerahan air.
15	Refraktometer	Mengukur salinitas air.
16	DO meter	Mengukur oksigen terlarut di air.
17	Kamera	Dokumentasi penelitian.

Tabel 2. Bahan yang digunakan

No	Nama bahan	Fungsi
1	Daging kerang hijau	Sampel yang digunakan untuk analisis kandungan logam berat (Pb, Hg, dan Cd).
2	Air budi daya kerang hijau	Sampel yang digunakan untuk analisis kandungan logam berat (Pb, Hg, dan Cd).
3	Asam nitrat (HNO ₃)	Melarutkan sampel kerang dan air.
4	Asam perklorat (HClO ₄)	Melarutkan sampel kerang hijau.
5	Akuades	Mengencerkan ekstrak daging kerang.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling* dan penanganan sampel mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-2412-1991 (SNI, 2008), dimana pengambilan sampel kerang dan air dilakukan pada rakit budi daya kerang hijau di bagian tenggara Pulau Pasaran. Jarak titik tersebut dari daratan berjarak 1 km tujuan pengambilan sampel pada titik tersebut yaitu karena pada titik tersebut biasa digunakan sebagai lokasi budi daya kerang hijau.

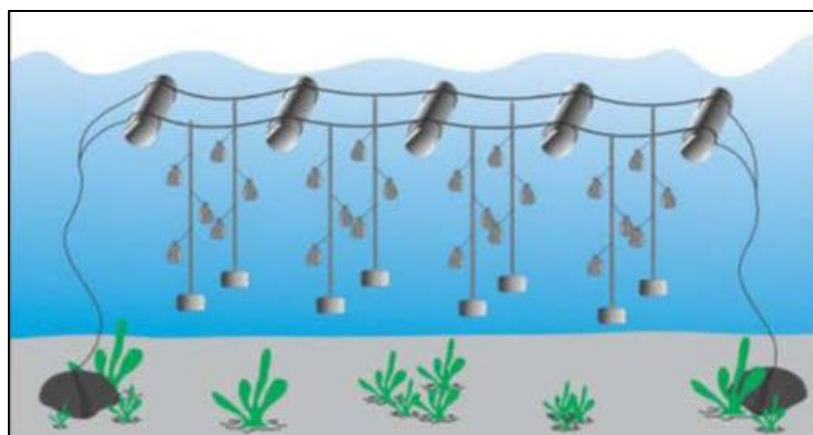


Gambar 5. Lokasi pengambilan sampel

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pengambilan Sampel Air dan Kerang Hijau

Pengambilan sampel kerang hijau dilakukan dengan 2 ulangan, sedangkan pengukuran kualitas air (suhu, pH, DO, kecerahan dan salinitas) dilakukan pada awal dan akhir penelitian, adapun kandungan bahan organik dilakukan tanpa ulangan. Pengambilan sampel menggunakan kerang hijau berumur 3, 5, 7 hingga 9 bulan. Sistem budi daya yang digunakan yaitu rakit apung (Gambar 6).



Gambar 6. Sistem budi daya metode rakit
 Sumber: BMP (2015)

Kerang hijau yang telah diambil kemudian dipisahkan daging dengan cangkangnya, kemudian dicincang hingga halus dan diambil sampel sebanyak 100 gram untuk selanjutnya dianalisis kandungan logam beratnya menggunakan metode AAS. Sampel air diambil pada setiap lokasi pengambilan kerang dengan menggunakan botol sample sebanyak 10 ml. Lokasi pengambilan sampel dipilih dengan pertimbangan lokasi terkena dampak limbah dari sumber masukan air, serta faktor kemudahan dari pengambilan sampel. Sampel kerang dan air dianalisis di laboratorium PT. Alam Lestari, Lampung.

3.4.2 Analisis Logam Berat (Pb, Hg, dan Cd)

Metode yang digunakan dalam analisis logam Pb, Hg, dan Cd adalah metode AAS (*atomic absorption spectrofotometry*). Prosedur analisis logam berat timbal (Pb), merkuri (Hg) dan kadmium (Cd) mengacu pada SNI 01-2354.6-2006, yaitu sebagai berikut:

1. Sampel daging kerang hijau sebanyak ± 20 sampel dicacah, kemudian ditimbang ± 100 g, kemudian dikeringkan menggunakan oven.
2. Setelah kering, 0,5 g sampel daging kerang dimasukkan ke dalam tabung *digestions*, kemudian ditambahkan 5 ml HNO_3 dan 0,5 ml HClO_4 , dibiarkan selama satu malam.
3. Selanjutnya sampel dipanaskan dalam *digestions* blok dengan suhu 100°C selama 1 jam, kemudian suhu ditingkatkan menjadi 150°C . Setelah uap kuning habis, suhu ditingkatkan lagi menjadi 200°C .
4. Destruksi selesai setelah keluar asap putih dan sisa ekstrak $\pm 0,5$ ml. Tabung *digestions* diangkat dan dibiarkan hingga dingin, kemudian ekstrak diencerkan dengan menggunakan akuades sebanyak 49,5 ml sehingga volume sampel menjadi 50 ml.
5. Setelah itu diaduk menggunakan stirrer selama 5 menit hingga homogen. Sampel ekstrak daging kerang hijau yang telah homogen diletakkan ke dalam alat AAS (*atomic absorption spectrofotometry*) untuk diukur konsentrasi logam berat (Pb, Hg dan Cd).

Analisis kandungan Pb, Hg, dan Cd pada air dilakukan dengan mengambil air sebanyak 25 ml pada lokasi budi daya kerang, dimasukkan ke dalam tabung *digestions*, dan ditambahkan HNO₃ sebanyak 5 tetes, dipanaskan dalam *digestions* blok dengan suhu 100 °C selama satu jam. Kemudian dilakukan pengukuran sampel dengan AAS dan dicatat nilai adsorbannya.

3.4.3 Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Faktor biokonsentrasi atau *bioconcentration factor* (BCF) diklasifikasikan menurut Van Esch (1978), yaitu akumulasi rendah (BCF<100), akumulasi sedang (100<BCF≤1000), dan akumulasi tinggi (BCF>1000). Faktor biokonsentrasi dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\mathbf{BCF} = \frac{C_{biota}}{C_{media}}$$

Ket:

C_{biota} adalah konsentrasi logam berat dalam biota (kerang) (mg/kg); C_{media} untuk kerang adalah konsentrasi logam berat dalam air (mg/l).

3.5 Parameter Penelitian

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah parameter utama dan pelengkap. Parameter utama yang diamati adalah kandungan logam berat Pb, Hg, dan Cd pada air dan kerang hijau. Parameter pelengkap yang diamati adalah kualitas air (pH, DO, salinitas, bahan organik dan suhu) di perairan sekitar lokasi budi daya.

3.6 Analisis Data

Penggunaan metode ortogonal kontras maupun polinomial dilakukan pada penelitian terencana, karena pengujian didasarkan pada teori atau sifat perlakuan dalam analisis ragam. Hanafiah (1995) menjelaskan bahwa metode orthogonal polinomial digunakan untuk menguji kecenderungan hubungan fungsional antara respons dan taraf perlakuan. Adapun Hubungan fungsional antara peubah respons

dan peubah prediktor (taraf perlakuan kuantitatif) secara polinomial dinyatakan melalui persamaan :

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \dots + \beta_{t-1} X_i^{t-1} + \epsilon_i$$

Keterangan :

$i = 1, 2, \dots, t$

t = banyaknya taraf perlakuan kuantitatif

β_0 = intersep

Y_i = respons ke- i

X_i = taraf perlakuan kuantitatif ke- i

Untuk mengetahui hubungan fungsional, maka pengaruh perlakuan diuraikan ke dalam tingkatan-tingkatan respons, yakni linier, kuadratik, kubik atau respons dengan tingkatan yang lebih tinggi. Karena respons merupakan fungsi dari perlakuan, maka metode ini didasarkan pada fungsi polinomial sampai derajat $t-1$ (Yitnosumarto, 1993). Di samping mencerminkan respons yang sesuai, setiap polinomial harus bebas dan ortogonal dengan polinomial lain. Oleh karena itu, diperlukan koefisien yang disesuaikan dengan polinomial setiap derajat dan dinamakan koefisien ortogonal polinomial.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hubungan antara umur dan ukuran kerang hijau terhadap kandungan logam berat Pb mengikuti pola polinomial linier, sedangkan Hg dan Cd memiliki pola polinomial kuadrat. Tidak terdapat pengaruh antara umur dan ukuran kerang hijau yang berbeda terhadap kandungan logam berat Hg dan Cd. Berdasarkan kategori nilai BCF logam Pb, Hg dan Cd pada kerang hijau yang dibudidayakan di Pulau Pasaran termasuk dalam kategori akumulasi rendah ($BCF < 100$).

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini yaitu pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan juga pengamatan terhadap kandungan logam berat pada cangkang kerang hijau dan sedimen perairan budi daya kerang hijau.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, R., & Husaini. 2017. *Logam Berat Sekitar Manusia*. Lambung Mangkurat University Press. Banjarmasin. 186 hlm.
- Akoto, O., Bruce, T. N., & Darko, D. 2008. Heavy metals pollution profiles in streams serving the Owabi Reservoir. *African Journal of Environmental Science and Technology*. 2(11): 354-359.
- Apriadi, D. 2010. *Kandungan Logam Berat Hg, Pb, dan Cd pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (Perna viridis L.) di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta*. (Thesis). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 94 hlm.
- Arnot JA, & Gobas FAPC. 2006. A review of bioconcentration factor (BCF) and bioaccumulation factor (BAF) assessments for organic chemicals in aquatic organisms. *NRC Research*, 14 (4): 257-297.
- Astudillo, L. R., Yen I. C., & Bekele, I. 2005. Heavy metals in sediments, mussels and oysters from Trinidad and Venezuela, *International Journal Tropic Biology*, 53(1):41-53.
- Asaduzzaman, M., Noor, A. R., Rahman, M. M., Akter, S., Hoque, N. F., Shakil, A., & Wahab, M. A. 2019. Reproductive biology and ecology of the green mussel *Perna viridis*: A multidisciplinary approach. *Journal of Biology*, 8 (4):88-103.
- Aunurohim, G., Radenac, & Fichect, D. 2006. Konsentrasi logam berat pada mikrofauna bentik di Kepulauan Kagean Madura. *Berkala Penelitian Hayati*, 12(1):78-85.
- Azizah, R., Malau, R., Susanto, A.B., Santosa, G.W., Hartati, R., Irwani, I., & Suryono, S. 2018. Kandungan timbal pada air, sedimen, rumput laut *Sargassum* sp. di perairan Jepara, Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(2):155-166.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). 2010. *Mengenal Logam Beracun*. Jakarta, Indonesia: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). 2018. *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 5 Tahun 2018 Tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Pangan Olahan*. Jakarta, Indonesia. 8 hlm.

- Cahyani, N., Batu, D.T.F.L., & Sulistiono, S. 2016. Kandungan logam berat Pb, Hg, Cd dan Cu pada daging ikan rejung (*Sillago sihama*) di estuari Sungai Donan, Cilacap, Jawa Tengah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(3):267-276.
- Cappenberg, H. A. W. 2008. Beberapa aspek biologi kerang hijau *Perna viridis* Linnaeus 1758. *Oseana*, 13(1):33-40.
- Cordova, M. R., Purbonegoro, T., Puspitasari, R., & Hindarti, D. 2016. Assessing contamination level of Jakarta Bay nearshore sediments using green mussel (*Perna viridis*) larvae. *Marine Research in Indonesia*, 41(2):67-76.
- Cotton, F.A., & Wilkinson, G. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. Penerjemah Suharto, S., Yarti, A., & Koestoer. Universitas Indonesia Press, Jakarta. 665 hlm.
- Damaianto, B. B., & Masduqi, A. A. 2014. Indeks pencemaran air laut pantai utara Kabupaten Tuban dengan parameter logam. *Jurnal Teknik ITS*. 3(1): D1-D4.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Penerbit UI-Press, Jakarta. 179 hlm.
- Dumalagam, H., Gonzales, A., & Hallare, A. 2010. Trace metal content in mussel *Perna viridis* L., obtained from selected seafood markets in a metropolitan city. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 84(4):492-496.
- Doudu, G. O., Goonetilleke, A., & Ayoko, G. A. 2017. Potential bioavailability assessment, source apportionment and ecological risk of heavy metals in the sediment of Brisbane River estuary, Australia. *Marine Pollution Bulletin*. 117(1-2): 523-531.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius, Yogyakarta. 257 hlm.
- Fahrudin., Lasut, M. T., & Kawung, N. J. 2010. Akumulasi merkuri (Hg) pada ikan di Teluk Manado. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 3(1): 8-14.
- Fardiaz S. 2005. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius, Yogyakarta. 190 hlm.
- Fernanda, L. 2012. *Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr), dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau (Perna viridis) dan Sifat Fraksionansinya pada Sedimen Laut*. (Skripsi). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia. Jakarta. 113 hlm.
- Hadinafta, R. 2009. *Analisis Kebutuhan Oksigen untuk Dekomposisi Bahan Organik di Lapisan Dasar Perairan Estuari Sungai Cisadane, Tangerang*. (Skripsi). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor. 69 hlm.

- Hanafiah, K.A. 1995. *Rancangan Percobaan: Teori dan Aplikasi*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta. 274 hlm.
- Haryono, G., Mulyanto & Kilawati, Y. 2017. Kandungan logam berat Pb air laut, sedimen, dan daging kerang hijau. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1):1-7.
- Hasani, Q., Pratiwi, N. T., Wardiatno, Y., Effendi, H., Martin, A. N., Pirdaus, P., & Wagiran, W. 2021. Phytoremediation of iron in ex-sand mining waters by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(2): 838-845.
- Herawati. 2022. *Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Cd, Cu) pada Kerang Hijau yang Berbeda di Pasar Pesisir Kota Bandar Lampung*. (Skripsi). Jurusan Pendidikan Biologi. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Bandar Lampung. 58 hlm.
- Hutagalung, H.P. 1984. *Logam Berat Dalam Lingkungan Laut*. Pewarta Oceana IX No, Jakarta. 7 hlm.
- Hutagalung, H.P., 1991, *Pencemaran Laut oleh Logam Berat. Puslitbang Oseanologi, Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Peman-tauannya*, LIPI, Jakarta.
- Irawati, Y., Lumbanbatu, D.T.F., & Sulistiono. 2018. Logam berat kerang totok (*Geloina erosa*) di timur Segara Anakan dan barat Sungai Donan, Cilacap. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indoesia*, 21(2):233-243.
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B.B., & Beeregowda, K.N. 2014. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2): 60-72.
- Jan, A.T., Azam, M., Siddiqui, K., Ali, A., & Choi, I. 2015. Heavy metals and human health: mechanistic insight into toxicity and counter defense system of anti oxidants. *Internasional Journal Molecular Science*, 16(12): 29.592-29.630.
- Januar, H., Dwiwitno, Hidayah, I., & Hermana. 2019. Seasonal heavy metals accumulation in the soft tissue of *Anadara granosa* mollusca from Tanjung Balai, Indonesia. *AIMS Environmental Science*, 6(5):356-366.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut. Deputi Menteri Lingkungan Hidup: Bidang Kebijakan dan Kelembagaan L.H. Jakarta. 11 hlm.
- Koropitan, A. F., & Cordova, M. R. 2017. Study of heavy metal distribution and hydrodynamic simulation in green mussel culture net, Cilincing water – Jakarta Bay. *Makara Journal of Science*, 21(2):89-96.
- Liliandari, R., & Aunurohim. 2013. Kecepatan filtrasi kerang hijau *Perna viridis*

- dis* terhadap *Chaetoceros* sp. dalam media logam tercemar kadmium. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(2):2337-3520.
- Lu, F.C. 2006. *Toksikologi Dasar: Asas, Organ Sasaran dan Penilaian Resiko*. Penerjemah Nugroho, E., Zunilda, S., Bustani., & Darmansyah, I. Universitas Indonesia Press, Jakarta. 428 hlm.
- Maharani, H.W., Nurulita., Yulianto, H., Efendi, E., & Delis, P.C. 2019. Bio-concentration of cadmium heavy metal (Cd) on green mussle *Perna viridis* Linn, 1758 cultivated in Pasaran Island waters, Lampung. Indonesia. *Aquasains*, 7(2): 685-692.
- Mahasri, G., Sudarno & Kusdarwati, R. 2014. IBM bagi petani benih udang windu skala rumah tangga (*backyard*) di Desa Kalitengah Kecamatan Tanggulangin Sidoarjo yang mengalami gagal panen berkepanjangan karena serangan penyakit. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 6(1):31-36.
- Malik, I., Yusuf, W., Subachri & Yusuf, C. 2015. *Budidaya Kerang Hijau (Perna viridis)*. Edisi 1-Better Management Practices (Seri Panduan Perikanan Skala Kecil). 40 hlm.
- Mohammed, A. S., Kapri, A., & Goel, R. 2011. Heavy metal pollution: source, impact, remedies. *In Biomanagement of Metal Contaminated Soils* (1-28). Springer, Dordrecht, 20:1-28.
- Narasiang, A. N., Lasut, M. T., & Kawung, N. J. 2015. Akumulasi merkuri (Hg) pada ikan di Teluk Manado. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 3(1): 8-14.
- Nasution, S. & Siska, M. 2011. Kandungan logam berat timbal (Pb) pada sedimen dan siput *Strombus canarium* di perairan pantai Pulau Bintan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 5(2):82-93.
- Neff, J. M. 2002. *Bioacumullation in Marine Organisme. Effect of Contaminants from Oil Well Produced Water*. Elsevier Ltd, Amesterdam. 468 hlm.
- Nugraha, M. A., Pamungkas, A., Syari, I. A., Sari, S. P., Umroh, U., Utami, & Priyambada, A. 2022. Penilaian pencemaran logam berat Cd, Pb, Cu, dan Zn pada sedimen permukaan perairan Matras, Sungailiat, Bangka. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(1): 70-78.
- Nurulita. 2018. *Biokonsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Kerang Hijau (Perna viridis Linn, 1758) yang Dibudidayakan di Perairan Pulau Pasaran*. (Skripsi). Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 44 hlm.
- Paasivirta, J. 2000. *Chemical Ecotoxicology*. Florida: Lewis Publishers. 232 hlm.

- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT. Rineka Cipta. Jakarta. 152 hlm.
- Phillips, D.J.H. 1980. Proposal for monitoring on the concern in metals pollution. *Dalam Vernberg, V.B (Ed.). Pollution and Physiology of Marine Organism*. Acad Press, London. Hal 185-302.
- Pechenik, J. A. 2014. *Biology of the Invertebrates*. 7th Edition. McGraw Hill company, New York, USA. 624 hlm.
- Peng, W., Li, X., Xiao, S., & Fan, W. 2018. Review of remediation technologies for sediments contaminated by heavy metals. *Journal of Soils and Sediments*, 18(4):1701-1719.
- Permanawati, Y., Zuraida, R. & Ibrahim, A. 2012. Kandungan logam berat (Cu, Pb, Zn, Cd dan Cr) dalam air dan sedimen di perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Geologi Kelautan*, 11(1):9-16.
- Pratikto, I. 2013. Filtrasi kerang hijau (*Perna viridis*) terhadap mikroalga pada jenis dan konsentrasi berbeda. *Bulletin Oseanografi Marina*, 2(2):35-40.
- Pratiwi, J. S. M., Ramang, M., & Liong, S. 2017. *Analisis Logam Pb dan Zn dalam Kerang Hijau (Perna viridis L) di Pesisir Pantai Makassar*. (Skripsi) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hasanuddin. 60 hlm.
- Prihati, S.R., Suprpto, D & Rudiyaniti, S. 2020. Kadar logam berat Pb, Fe dan Cd yang terkandung dalam jaringan lunak kerang batik (*Paphia undulata*) dari perairan Tambak Lorok, Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 4(2):116-123.
- Putri, B., Noor, N. N., & Ali, M. 2018. Pembinaan usaha budidaya kerang hijau dan ikan di Pulau Pasaran, Lampung. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1):30-35.
- Purba C., Ridlo, A & Suprijanto, J. 2014. Heavy metal contents of Cd in water, sediments, and green mussels (*Perna viridis*) meat in Tanjung Mas waters, North Semarang, *Journal of Marine Research* 3: 285-93.
- Rahayu, D. R., & Mangkoedihardjo, S. 2022. Kajian bioaugmentasi untuk menurunkan konsentrasi logam berat di wilayah perairan menggunakan bakteri (Studi Kasus: Pencemaran Merkuri di Sungai Krueng Sabee, Aceh Jaya). *Jurnal Teknik ITS*, 11(1): F15-F22.
- Riani, E. 2009. Kerang hijau (*Perna viridis*) ukuran kecil sebagai "vacuum cleaner" limbah cair kawasan industri yang masuk ke dalam perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Alami*, 14(3):24-30.

- Romandhoni, L. H. 2021. *Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) dan Kadmium (Cd) pada Air, Sedimen, dan Teripang Pasir (Holothuria scabra) Budi daya di Pulau Pasaran, Bandar Lampung*. (Tesis). Manajemen Sumber Daya Alam. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 67 hlm.
- Rosado, D., Usero, J., & Morillo, J. 2016. Assessment of heavy metals bioavailability and toxicity toward *Vibrio fischeri* in sediment of the Huelva Estuary. *Chemosphere*, 153:10-17.
- Rudiyanti, S. 2007. Biokonsentrasi kerang darah (*Anadara granosa*) terhadap logam berat Cd yang terkandung dalam media pemeliharaan yang berasal dari perairan Kaliwungu, Kendal. *Jurnal Penelitian. Universitas Diponegoro*. Semarang. 12 hlm.
- Rusyana, A. 2011. *Zoologi Invertebrata: Teori dan Praktik*. Alfabeta: Bandung. 282 hlm.
- Santosa. 2013. Dampak pencemaran lingkungan laut oleh perusahaan pertambangan terhadap nelayan tradisional. *Lex Administratum*, 1(2):65-78.
- Safitri, S. S., Efendi, E., & Yudha, I. G. 2018. Pencemaran Pb dan Cu pada kerang hijau di Pulau Pasaran, Lampung. *Jurnal Pengelolaan Perairan*, 1:10-18.
- Saher, N. U., & Siddiqui, A. S. 2019. Occurrence of heavy metal in sediment and their bioaccumulation in sentinel crab (*Macrophthalmus depressus*) from highly impacted coastal zone. *Chemosphere*, 221:89-98.
- Sanusi, H. S., & Putranto, S. 2009. *Kimia Laut dan Pencemaran. Proses Fisika Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan*. Institut Pertanian Bogor, Bogor. 88 hlm.
- Sanusi, H. S. 2006. *Kimia Laut, Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dalam Lingkungan*. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor, Bogor. 188 hlm.
- Setiawan, H. 2014. Pencemaran logam berat di perairan pesisir Kota Makassar dan upaya penanggulangannya. *Buletin Eboni*, 11 (1): 1-13.
- Singh, R. K., Kathirvelpandian, A., & Basheer, V. S. 2017. Population connectivity and genetic structure of Asian green mussel, *Perna viridis* along Indian waters assessed using mitochondrial markers. *Molecular Biology Reports*, 47:5061-5072.
- Soon, T. K. & Ransangan, J. 2014. A review of feeding behavior, growth, reproduction and aquaculture site selection for green-lipped mussel, *Perna viridis*. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 5:462-469.
- Sudrajat, A. 2008. *Budidaya 23 Komiditi Laut Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta. 171 hlm.

- Tan, W. H. 1977. *A Note on the Taxonomy of the Edible Green Mussels Perna viridis*. Dept of Zoology, University of Singapore, Singapore. 516 hlm.
- Tantanasarit, C., Babel, S., Englande, A.J., & Meksumpun, S. 2013. Influence of size and density on filtration rate modeling and nutrient uptake by green mussel (*Perna viridis*). *Marine Pollution Bulletin*, 68 (1-2):38-45.
- Tao, Y., Yuan, Z., Xiaona, H., & Wei, M. 2012. Distribution and bioaccumulation of heavy metals in aquatic organisms of different trophic levels and potential health risk assessment from Taihu Lake, China. *Ecotoxicology and Environment Safety*, 81:55-64.
- Testi EH, Soenardjo N, Pramesti R. 2019. Logam Pb pada *Avicennia marina* Forssk, 1844 (Angiosperms : Acanthaceae di lingkungan air, sedimen, di pesisir timur Semarang. *Journal Marine Resource*, 8 (2): 211-217.
- Triantoro, D. D., Suprpto, D., & Rudiyaniti, S. 2017. Kadar logam berat besi (Fe), seng (Zn) pada sedimen dan jaringan lunak kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan tambak Lorok Semarang. *Journal of Maquares*, 6(3):173-180.
- Tugiyono. 2007. Bioakumulasi logam Hg dan Pb di perairan Teluk Lampung, Propinsi Lampung. *Journal Sains MIPA*, 13(1): 44-48.
- Ulfah, E. S., Boedi, S., & Kustiawan, T. 2019. Studi kandungan logam berat kadmium (Cd) pada berbagai ukuran kerang darah (*Anadara granosa*) di perairan pantai Bancaran Kabupaten Bangkalan, Madura. *Marine Pollution Bulletin*, 68(1-2):38-45.
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). 2019. Learn about Lead. Diakses dari <https://www.epa.gov/lead/learn-about-lead-effects>.
- U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). 2020. *Health Effects of Exposure to Mercury*. Diakses dari <https://www.epa.gov/mercury/health-effects-exposures-mercury> U.S. Environmental Protection Agency.
- Usman K, Al-Ghouthi MA, Abu-Dieyeh MH. 2019. The assessment of cadmium, chromium, copper, and nickel tolerance and bioaccumulation by shrub plant *Tetraena qataranse*. *Scientific Reports*, 9 (1): 1- 11.
- Van Esch, G. J. 1978. *Aquatic Pollutant and Their Potential Biological Effects*. Pergamon Press: United States. 120 hlm.
- 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.
- Widowati, Sastiono & Jusuf. 2018. *Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Andi Offset. Yogyakarta. 410 hlm.

- Yap, C. K., Ismail, A., & Tan, S. G. 2004. Biomonitoring of heavy metals in the west coastal of peninsular malaysia using the green-lipped mussel *Perna viridis*, Present status and what next Pertanika, *Journal Tropic Agriculture*, 27(2):151-161.
- Yaqin, K., Fachruddin, L., & Rahim, N.F. 2015. Studi kandungan timbal (Pb) kerang hijau (*Perna viridis*) terhadap indeks kondisinya. *Jurnal Lingkungan Indonesia*, 3(6):309-317.
- Yestyani. 2010. Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cd dan Hg pada Kerang Darah *Anadara granosa* di Perairan Bojonegara, Kecamatan Bojonegara, Kabupaten Serang. (Skripsi). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Perta-nian Bogor. Bogor. 56 hlm.
- Yitnosumarto, S. 1993. *Percobaan: Perancangan, Analisis dan Interpretasinya*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 312 hlm.
- Yona, D., Sartimbul, A., Rahman, M.A., Sari, S.H.J., Mondaf, P., Hamid, A., & Humairoh, T. 2021. Bioaccumulation and health risk assessments of heavy metals in mussels collected from Madura Strait, Indonesia. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 13(1):20-28.
- Yudo, S. 2006. Kondisi pencemaran logam berat di perairan sungai DKI Jakarta. *Jurnal Air Indonesia*, 2(1):1-15.
- Zhang, R., Wilson, V. L., Hou, A., & Meng, G. 2015. Source of lead pollution, its influence on public health and the countermeasures. *International Journal of Health, Animal Science and Food Safety*, 2(1), 18-31.
- Zuykov, M., Pelletier, E., & Harper, D.A.T. 2013. Bivalve mollusks in metal pollution studies: from bioaccumulation to biomonitoring. *Chemosphere*, 93(2):201-208.