

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Teori

1. Timbal (Pb)

Timbal atau *plumbum* (Pb) termasuk unsur logam golongan IV pada periode 6 dalam tabel periodik. Unsur logam yang mempunyai berat jenis 11,4 g/cm³ dengan titik didih 1725°C dan titik leleh 327,4°C serta massa atom 207,2 g/mol dan nomor atom 82. Secara alami timbal memiliki warna biru kelabu, dan umumnya ditemukan dalam bentuk mineral yang berikatan dengan unsur lain, seperti oksigen (PbCO₃) atau Belerang (PbS, PbSO₄) (Handayanto *et al.*, 2017).

Timbal (Pb) termasuk salah satu logam berat yang lazim ditemukan di alam seperti pada bebatuan, tanah, air maupun udara. Sebagian besar timbal sering dijumpai dalam batuan beku hasil dari endapan, baik primer ataupun sekunder. Timbal sendiri dapat ditemukan secara alami berada pada batuan penyusun kulit bumi sebesar ±13 mg/kg batuan (Sukandarrumidi *et al.*, 2017).

Menurut Nurhamiddin and Ibrahim (2018) sifat-sifat yang dimiliki timbal adalah:

1. Merupakan logam yang lunak
2. Pencampuran dengan logam lain akan menghasilkan logam campuran yang lebih bagus dari logam murni
3. logam yang tahan akan peristiwa korosi
4. Penghantar listrik yang buruk
5. Memiliki titik lebur rendah

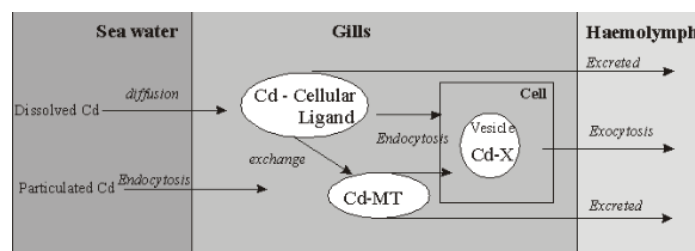
a. Bioakumulasi Timbal (Pb) pada Biota Perairan

Laut menjadi salah satu perairan yang rentan terkena pencemaran. Hal ini dikarenakan berbagai saluran air yang tercemar akan bermuara di laut. Apabila saluran air tersebut mengandung bahan pencemaran maka laut otomatis menjadi tempat akumulasi bahan pencemaran tersebut. Sebagian besar pencemaran di lingkungan perairan disebabkan karena tingginya aktivitas masyarakat. Berbagai aktivitas masyarakat menghasilkan bermacam-macam

limbah seperti limbah industri, limbah rumah tangga, kegiatan pertanian serta aktivitas transportasi berpotensi sebagai sumber pencemaran (Siaka *et al.*, 2016).

Timbal menjadi logam berat yang sering ditemui di lingkungan perairan akibat pembuangan limbah. Keberadaan logam berat di lingkungan perairan dapat menimbulkan efek berbahaya bagi biota perairan. Logam berat yang sulit terdegradasi akan dengan mudah mengalami akumulasi pada biota seperti ikan dan kerang (Handayani *et al.*, 2020).

Mekanisme akumulasi dan detoksifikasi logam berat (Cd) oleh kekerangan dapat dilihat pada Gambar 2.1. Logam berat salah satunya berupa timbal memasuki sel lewat lapisan lemak pada membran sel secara endositosis. Timbal yang masuk kedalam kerang hijau akan berikatan dengan protein sebagai ligan membentuk senyawa kompleks methallothionin. Mekanisme reaksi ikatan timbal oleh protein umumnya merusak ikatan sulfida. Timbal pada ikatan sulfida akan menyebabkan kerusakan protein. Timbal yang berikatan dengan biomolekul ini selanjutnya akan terakumulasi di hepatopankreas atau didetoksifikasi. Timbal memodifikasi enzim, mengganggu serta menggantikan ion kalsium (Ca^{2+}) sehingga mempengaruhi proses oksidasi (Salman, 2020).



Sumber: (Salman, 2020)

Gambar 2.1 Mekanisme Akumulasi Logam Berat Pada *Bivalvia*

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7389:2009 mengenai batas maksimum cemaran logam berat terhadap bahan pangan, ditetapkan nilai batas maksimum kadar timbal pada kerang yaitu 1,5 mg/kg (BSN, 2009)

b. Efek Toksik Timbal (Pb)

Sifat toksik logam berat timbal (Pb) berikatan dengan gugus sulfhidril (-SH) pada enzim seperti karboksil, histidil, sisteinil, hidroksil, dan fosfatil dari

protein dan purin. Hal tersebut dapat menimbulkan inaktivasi enzim yang selanjutnya dapat mempengaruhi fungsi fisiologis pada tubuh (Nurmalasari & Zaenab, 2015).

Toksisitas akut timbal (Pb) terjadi apabila timbal (Pb) masuk ke dalam tubuh secara tidak langsung melalui saluran inhalasi atau kontak fisik, maupun secara langsung melalui konsumsi makanan atau minuman yang terakumulasi timbal. Gejala yang ditimbulkan apabila mengalami toksisitas akut adalah gangguan fungsi ginjal, sistem reproduksi, dan gangguan neurologi (*Collin et al.*, 2022).

2. Belimbing Wuluh

a. Klasifikasi

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Phylum	: <i>Tracheophyta</i>
Class	: <i>Magnoliopsida</i>
Order	: <i>Oxalidales</i>
Famili	: <i>Oxalidaceae</i>
Genus	: <i>Averrhoa</i>
Spesies	: <i>Averrhoa bilimbi L.</i> (GBIF.org)



Sumber: (GBIF.org)

Gambar 2.2 Belimbing Wuluh

b. Morfologi Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*)

Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) termasuk jenis tanaman dengan ketinggian hingga 15 m serta bercabang sedikit. Belimbing wuluh (*Averrhoa*

bilimbi L.) mempunyai daun majemuk, berbulu, bentuknya menyirip dimana masing-masing berjumlah 24 buah dengan panjang hingga 5-10 cm. Pohonnya bersifat *Cauliflorous* dengan jumlah buah tiap 18-68 pada tiap malainya yang berada terletak dibatang dan cabang lainnya. Bunga belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) memiliki sifat *Heterotristil* dengan panjang kelopak mencapai 10-30 cm, berwarna hijau kekuningan hingga ungu kemerahan. Buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) mempunyai rasa asam dengan warna kehijauan, berdaging keras dan berair, menjadi lunak ketika matang (Alhassan & Ahmed, 2016).

c. Ekologi Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*)

Asal dari Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) adalah dari Asia bagian Tenggara, dan diklaim sebagai tanaman asli Maluku Indonesia dan Malaysia Barat. Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) sering dibudidayakan di banyak negara negara seperti Indonesia, Malaysia, Filipina, Thailand, Myanmar, Bangladesh, dan India. Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) memiliki penamaan berbeda disetiap negara, seperti kamias, camias, dan pias (Filipina), huang gua shu (China), ta ling pling (Thailand), belimbing asam dan belimbing wuluh (Malaysia), irumpanpuli dan bilimbi (India), bilimbim, azedinha dan limao de caiena (BraziL.) (Alhassan & Ahmed, 2016).

d. Kandungan Asam pada Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*)

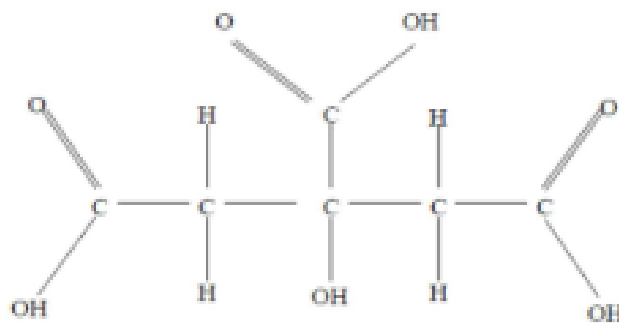
Pemeriksaan jenis dan kadar asam organik pada Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) menggunakan *high performance liquid chromatography* (HPLC) diantaranya terdapat : asam oksalat, asam sitrat, asam laktat, asam malat, asam askorbat (Muzaifa, 2018). Berikut kadar berbagai asam organik yang terdapat dalam belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*):

Tabel 2.1 Analisis Asam Organik pada Belimbing Wuluh (Muzaifa, 2018)

Jenis Asam Organik	Kadar Asam Organik (ppm)
Asam Oksalat	825,12
Asam Sitrat	46,76
Asam Laktat	19,44
Asam Malat	41,82
Asam Askorbat	112,68

1) Asam Sitrat

Asam sitrat adalah asam yang berasal dari bahan organik dapat larut dalam air. Asam sitrat mampu membentuk senyawa kompleks bersama logam karena bersifat menarik logam (pengkhelat logam) sehingga mampu membebaskan bahan pangan dari cemaran logam (Galih *et al.*, 2016). Rumus kimia pada asam sitrat yakni $C_6H_8O_7$. Struktur asam ada pada nama IUPAC nya asam 2-hidroksi-1,2,3-propanatrikarboksilat (Ovelando *et al.*, 2010).

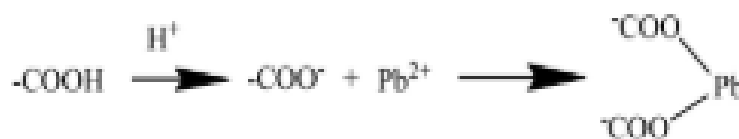


Sumber: (Ovelando *et al.*, 2010)

Gambar 2.3 Struktur Kimia Asam Sitrat

e. Mekanisme Penurunan Kadar Timbal (Pb) Menggunakan Asam Sitrat

Proses pengikatan ion logam diawali dari asam sitrat yang memiliki tiga gugus karboksil COOH. Gugus karboksil ini dapat melepas proton di dalam larutan membentuk suatu ion yang disebut ion sitrat. Ion sitrat dapat bereaksi dengan ion logam membentuk garam sitrat (Saputri *et al.*, 2015). Gugus fungsional karboksil -COOH berikatan dengan makromolekul yang terkandung pada *agen pengkhelat* akan terionisasi akibat adanya perubahan konsentrasi dan membentuk muatan negatif, yang menyebabkan gugus fungsional tersebut akan bersifat aktif. Atom hidrogen pada gugus karboksil COOH dapat dilepaskan sebagai ion H^+ atau mengalami deprotonasi, sehingga mempunyai peluang membentuk kompleks dengan ion logam yang disebut khelasi. Oleh karena itu, ion logam Pb^{2+} dalam biota yang tercemar mampu berikatan bersama gugus -COO- dari *agen pengkhelat* (Ilyasa *et al.*, 2016).



Sumber: (Ilyasa *et al.*, 2016)

Gambar 2.4 Reaksi Gugus Karboksil dengan Ion Pb²⁺

3. *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)*

Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) merupakan salah satu teknologi yang digunakan untuk menentukan ion logam dalam berbagai sampel yang berbeda. Instrumen ICP-OES pertama kali diperkenalkan yang kemudian tersedia secara komersial pada tahun 1974 (Hou & Jones, 2000). Instrumen ini menggunakan plasma yang digabungkan secara induktif untuk menghasilkan atom dan ion tereksitasi yang memancarkan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang dari elemen tertentu dengan bantuan argon sebagai gas pembawa. Intensitas emisi inilah yang digunakan untuk menunjukkan konsentrasi unsur pada sampel yang diperiksa. Instrumen ICP-OES dipilih karena memiliki batas deteksi yang rendah untuk hampir seluruh elemen, yaitu 0,1-10 ppb, selektivitas yang sangat tinggi, serta memiliki akurasi dan presisi yang baik, dan waktu pengukuran yang relatif singkat (Indrawijaya *et al.*, 2019).

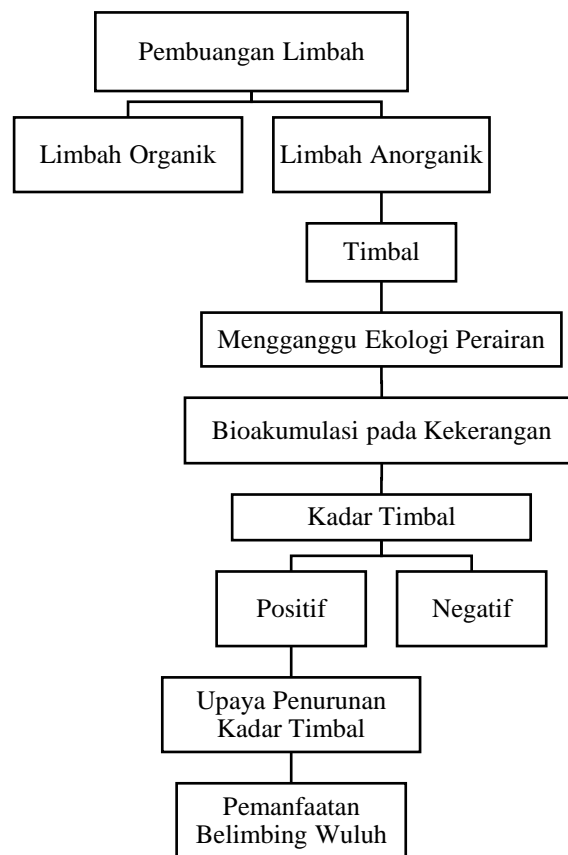
Prinsip utama dari ICP-OES adalah atomisasi suatu elemen logam sehingga logam tersebut akan memancarkan cahaya pada panjang gelombang tertentu yang kemudian dapat diukur. Logam akan tereksitasi dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang tinggi. Suatu logam pada kondisi tereksitasi memiliki kestabilan yang rendah sehingga akan cepat kembali ke keadaan tingkat energi rendah. Saat logam kembali ke keadaan tingkat energi rendah akan terpancar suatu energi yang dapat diukur secara kuantitatif dengan adanya detektor (Nusyura *et al.*, 2023).



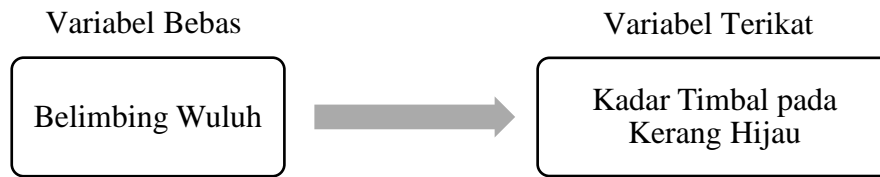
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Gambar 2.5 ICP-OES merk Varian 720-ES

B. Kerangka Teori



C. Kerangka Konsep



D. Hipotesis

H₀: Tidak ada pengaruh perendaman variasi konsentrasi filtrat Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) terhadap penurunan kadar Timbal (Pb) pada Kerang Hijau (*Perna viridis*)

H₁: Ada pengaruh perendaman variasi konsentrasi filtrat Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) terhadap penurunan kadar Timbal (Pb) pada Kerang Hijau (*Perna viridis*)