

**STUDI KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN KADMIUM  
(Cd) PADA KERANG DARAH (*Anadara granosa*) di PERAIRAN  
TAMBAK di KECAMATAN SEDATI, KABUPATEN  
SIDOARJO**

**SKRIPSI**



**UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A**

**Disusun Oleh  
ANDIKA KEESSA SAPUTRA  
NIM.H94218035**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSTAS ISLAM NEGRI SUNAN AMPEL  
SURABAYA**

**2022**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Andika Keessa Saputra

NIM : H94218035

Program Studi : Ilmu Kelautan

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "STUDI KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN KADMIUM (Cd) PADA KERANG DARAH (*Anadara granosa*) DI PERAIRAN TAMBAK DI KECAMATAN SEDATI, KABUPATEN SIDOARJO". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 22 Mei 2023

Yang menyatakan,



Andika Keessa Saputra

NIM H94218035

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING**  
**STUDI KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN KADMIUM (Cd) PADA**  
**KERANG DARAH (*Anadara granosa*) di PERAIRAN TAMBAK di KECAMATAN**  
**SEDATI, KABUPATEN**  
**SIDOARJO**

**DISUSUN OLEH :**

**ANDIKA KEESSA SAPUTRA (H94218035)**

Telah diperiksa dan disetujui

Pembimbing :

Pada tanggal :

**19 – Desember - 2022**

Dosen Pembimbing I



Asri Sawiji, MT  
NIP. 198706262014032003

Dosen Pembimbing II



Dian Sari Maisaroh, M.Si  
NIP. 198908242018012001

# PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Andika Keessa Saputra ini telah dipertahankan

di depan tim penguji skripsi

di Surabaya, 22 Desember 2022

Mengesahkan,

Dosen Penguji

Dosen Penguji I



(Asri Sawiji, M.T)  
NIP. 198706262014032003

Dosen Penguji II



(Dian Sari Maisaroh, M.Si)  
NIP. 198908242018012001

Dosen Penguji III



(Wiga Alif Violando M.P., M.Sc)  
NIP. 199203292019031012

Dosen Penguji IV



(Rizqi Abdi Perdanawati, M.T)  
NIP. 198809262014032002

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UTN Sunan Ampel Surabaya







**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA**  
**PERPUSTAKAAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300

E-Mail: [perpus@uinsby.ac.id](mailto:perpus@uinsby.ac.id)

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : ANDIKA KEESSA SAPUTRA  
NIM : H94218035  
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/ILMU KELAUTAN  
E-mail address : andikakeessa@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi    Tesis    Desertasi    Lain-lain (.....)

yang berjudul :

STUDI KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN KADMIUM (Cd) PADA

KERANG DARAH (*Anadara granosa*) DI PERAIRAN TAMBAK DI KECAMATAN

SEDATI, KABUPATEN SIDOARJO

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 22 Mei 2023

Penulis

(Andika Keessa Saputra)

## ABSTRAK

### STUDI KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN KADMIUM (Cd) PADA KERANG DARAH (*Anadara granosa*) di PERAIRAN TAMBAK di KECAMATAN SEDATI, KABUPATEN SIDOARJO

Oleh :

Andika Keessa Saputra

Kabupaten Sidoarjo sebagai salah satu penyangga Ibukota Propinsi Jawa Timur merupakan daerah yang mengalami perkembangan pesat. Namun, Dengan semakin meningkatnya perkembangan industri, baik industri migas, pertanian, maupun industri non migas lainnya, maka semakin meningkat pula tingkat pencemaran lingkungan yang meliputi perairan, udara dan tanah yang disebabkan oleh hasil buangan industri-industri tersebut. Logam berat merupakan salah satu kandungan dalam limbah domestik maupun limbah industri yang dapat berpengaruh terhadap penurunan kualitas air sungai dan dapat menyebabkan efek negatif bagi manusia maupun bagi lingkungan jika terkontaminasi logam tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Air, Sedimen, dan daging kerang darah, untuk Mengetahui batas maksimum konsumsi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada daging kerang darah, hubungan parameter perairan dengan kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd). Metode pengambilan sampel pada penelitian menggunakan random sampling. Pengujian logam berat Pb dan Cd menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Kandungan logam berat Pb dan Cd pada air, sedimen, biota kerang darah telah melampaui batas aman yang ditetapkan. Analisis korelasi pearson, tidak adanya hubungan yang signifikan antara air dan sedimen dengan biota kerang darah.

**Kata kunci:** Logam berat, *A. granosa*, AAS, Korelasi pearson

## ABSTRACT

### STUDY OF LEAD (Pb) AND CADMIUM (Cd) CONTENT OF HEAVY METALS IN BLOOD CLAM (*Anadara granosa*) IN POND WATERS IN SEDATI DISTRICT, SIDOARJO REGENCY

By :

Andika Keessa Saputra

Sidoarjo Regency as one of the pillars of the Capital City of East Java Province is an area that is experiencing rapid development. However, with the increasing development of industry, both the oil and gas industry, agriculture and other non-oil and gas industries, the level of environmental pollution which includes water, air and soil is also increasing which is caused by the waste products of these industries. Heavy metals are one of the ingredients in domestic waste and industrial waste that can affect the quality of river water and can have a negative impact on humans and the environment if polluted by these metals. The purpose of this study was to determine the content of heavy metals lead (Pb) and cadmium (Cd) in water, sediment and blood clam meat, to determine the maximum consumption limit of heavy metals lead (Pb) and cadmium (Cd) in blood clam meat, the relationship between parameters of waters containing lead (Pb) and cadmium (Cd) heavy metals. The sampling method in this study used random sampling. Testing for heavy metals Pb and Cd using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The content of heavy metals Pb and Cd in water, sediment, blood clam biota has exceeded the established safe limits. Pearson correlation analysis, there was no significant relationship between air and sediment with blood clam biota.

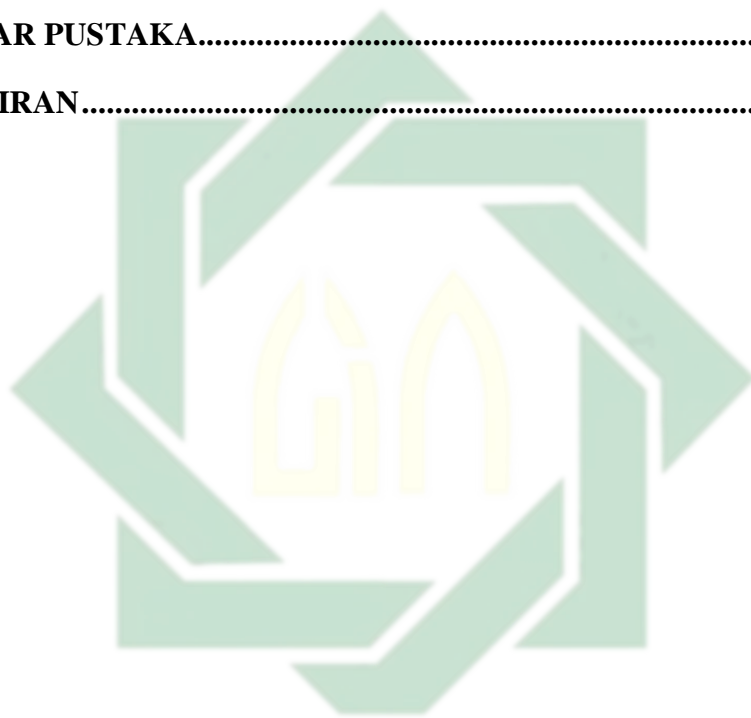
**Keywords:** Heavy metals, *A. granosa*, AAS, Pearson's correlation

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	<b>5</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1. Kerang Darah (<i>A. granosa</i>)</b> .....	<b>6</b>
2.1.1 Klasifikasi Kerang Darah ( <i>A. granosa</i> ) .....	<b>6</b>
2.1.2 Morfologi dan Anatomi Kerang Darah ( <i>A. granosa</i> ) .....	<b>7</b>
2.1.3 Karakteristik Kerang Darah ( <i>A. granosa</i> ).....	<b>9</b>
<b>2.2 Logam Berat</b> .....	<b>10</b>
2.2.1 Timbal (Pb) .....	<b>12</b>
2.2.2 Kadmium (Cd).....	<b>12</b>
2.2.3 Waktu Paruh logam berat.....	<b>13</b>
<b>2.3 Parameter Perairan</b> .....	<b>14</b>
2.3.1 Suhu .....	<b>14</b>

2.3.2	Salinitas.....	14
2.3.3	Ph.....	14
<b>2.4</b>	<b>Biomonitoring .....</b>	<b>15</b>
2.4.1	Bioindikator.....	16
2.4.2	Masuknya logam berat ke dalam biota kerang .....	17
2.4.3	Menurunkan kandungan logam berat pada biota kerang .....	18
<b>2.5</b>	<b><i>Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i> .....</b>	<b>20</b>
<b>2.6</b>	<b><i>Maximum Tolerable Intake (MTI)</i> .....</b>	<b>21</b>
<b>2.7</b>	<b>Integrasi Keislaman.....</b>	<b>23</b>
<b>2.8</b>	<b>Penelitian Terdahulu .....</b>	<b>25</b>
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>30</b>
<b>3.1</b>	<b>Waktu Dan Tempat Pelaksanaan.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2</b>	<b>Metode Penelitian .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3</b>	<b>Pengumpulan data .....</b>	<b>31</b>
3.3.1	Data primer.....	31
3.3.2	Data sekunder.....	34
<b>3.4</b>	<b>Alat dan Bahan .....</b>	<b>34</b>
3.4.1	Alat .....	34
3.4.2	Bahan .....	36
<b>3.5</b>	<b>Tahapan Penelitian .....</b>	<b>37</b>
<b>3.6</b>	<b>Parameter Penelitian .....</b>	<b>38</b>
<b>3.7</b>	<b>Analisis Data .....</b>	<b>38</b>
3.7.1	Kandungan logam berat Pb dan Cd .....	38
3.7.2	<i>Maximum Tolerable Intake (MTI)</i> biota kerang darah .....	39
3.7.3	Hubungan parameter perairan dengan kandungan Pb dan Cd ..	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>42</b>

4.1	Kandungan Logam Berat Pb dan Cd.....	42
4.2	<i>Maximum Tolerable Intake</i> (MTI) kerang darah.....	55
4.3	Hubungan antara air dan sedimen dengan biota kerang darah .....	57
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>63</b>
5.1	Kesimpulan .....	63
5.2	Saran .....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>64</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>72</b>



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat pengambil sampel air .....	34
Tabel 3. 2 Alat pengambil sampel sedimen.....	35
Tabel 3. 3 Alat pengambil sampel biota .....	35
Tabel 3. 4 Bahan pengambil sampel air .....	36
Tabel 3. 5 Bahan pengambil sampel sedimen.....	36
Tabel 3. 6 Bahan pengambil sampel sedimen.....	37
Tabel 3. 7 Baku mutu air .....	38
Tabel 3. 8 Baku mutu sedimen .....	39
Tabel 3. 9 Baku mutu biota kerang darah.....	39
Tabel 4. 1 Hasil kandungan logam berat Pb dan Cd pada air .....	42
Tabel 4. 2 Hasil parameter perairan .....	47
Tabel 4. 3 Hasil kandungan Pb dan Cd pada sedimen .....	49
Tabel 4. 4 Hasil kandungan Pb dan Cd pada Biota kerang darah .....	53
Tabel 4. 5 Hasil Maximum Weekly Intake Pb dan Cd pada Biota .....	56
Tabel 4. 6 Hasil maximum tolerable intake Pb dan Cd pada biota .....	56
Tabel 4. 7 Korelasi pearson antara air dengan kerang darah logam berat Pb .....	58
Tabel 4. 8 Korelasi pearson antara sedimen dengan kerang darah logam berat Pb .....	58
Tabel 4. 9 Korelasi pearson antara air dengan kerang darah logam berat Cd.....	59
Tabel 4. 10 Korelasi pearson antara sedimen dengan kerang darah logam berat Cd .....	60

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Biota kerang darah .....	7
Gambar 2. 2 Morfologi biota kerang darah .....	8
Gambar 2. 3 Anatomi kerang darah .....	9
Gambar 2. 4 Alat AAS .....	21
Gambar 3. 1 Peta Pengambilan sampel .....	30
Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian .....	37



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kabupaten Sidoarjo sebagai salah satu penyangga Ibukota Propinsi Jawa Timur merupakan daerah yang mengalami perkembangan pesat. Keberhasilan ini dicapai karena berbagai potensi yang ada di wilayahnya seperti industri dan perdagangan, pariwisata, serta usaha kecil dan menengah dapat dikemas dengan baik dan terarah (Pemda Kab. Sidoarjo, 2022). Namun, Dengan semakin meningkatnya perkembangan industri, baik industri migas, pertanian, maupun industri non migas lainnya, maka semakin meningkat pula tingkat pencemaran lingkungan yang meliputi perairan, udara dan tanah yang disebabkan oleh hasil buangan industri-industri tersebut, termasuk pencemaran di wilayah Kabupaten Sidoarjo (Mulyani & Rijal, 2018).

Perairan merupakan wilayah yang kaya akan sumber daya alam hayati dan non hayati, dimana keanekaragaman tersebut dapat memberikan dampak tersendiri bagi pertumbuhan dan pembangunan ekonomi daerah atau nasional. Namun, alokasi sumber daya air dalam skala besar juga dapat menyebabkan tingginya tingkat pencemaran di badan air, yang mengakibatkan kerusakan ekosistem (Utami, *et al.*, 2018). Bahan pencemar yang berbahaya bagi lingkungan antara lain limbah yang mengandung logam berat. Pencemaran logam berat dapat terjadi di badan air dan juga dalam bentuk zat padat di dalam air, seperti sedimen. Pencemaran logam berat di ekosistem perairan berkaitan erat dengan pelepasan logam berat dari limbah domestik, industri, dan aktivitas manusia lainnya (Budiastuti, *et al.*, 2016).

Logam berat merupakan bagian dari komponen limbah rumah tangga dan air limbah Industri yang dapat berkontribusi terhadap penurunan kualitas air sungai. Logam berat merupakan salah satu dari sekian banyak unsur logam berbahaya yang dapat menimbulkan dampak negatif bagi manusia dan lingkungan jika logam tersebut terkontaminasi. Efek negatif logam berat

terhadap lingkungan terdiri dari timbulnya polusi dan oleh karena itu harus diperhatikan agar tidak membahayakan manusia, hewan atau lingkungan (Rohmawati & Kuntjoro, 2021). Logam berat dapat berpotensi mencemari di perairan, salah satunya di perairan tambak di Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo. Logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) ialah jenis logam berat yang dapat berpotensi mencemari di perairan tambak Kecamatan Sedati, yang bisa berasal dari kegiatan industri, berupa industri plastik merupakan salah satu industri yang dapat menghasilkan limbah logam berat kadmium (Cd), sedangkan untuk logam berat timbal (Pb) dapat berasal dari limbah industri kertas, aktivitas nelayan, aktivitas bandara dan limbah domestik.

Dalam agama Islam tidak membolehkan membahayakan diri sendiri dan orang lain. Dari Abu Said Al-Khudri: Rasulullah Shallallahu ‘Alahi Wasallam bersabda :

لَا ضَرَرَ وَلَا ضِرَارَ

Artinya: “Tidak boleh membahayakan diri sendiri dan orang lain.” (HR. Ahmad, Ibnu Majah, dan at-Thabarani).

مَنْ ضَارَّ أَضَرَ اللَّهُ بِهِ وَمَنْ شَاقَّ شَاقَّ اللَّهُ عَلَيْهِ

Artinya: “Siapa yang membahayakan orang lain maka Allah akan menimpakan bahaya kepadanya, dan siapa yang menyulitkan orang lain maka Allah akan menyulitkan dirinya.” (HR. Abu Dawud).

Dharar adalah kebalikan dari manfaat, artinya seseorang menjerumuskan bahaya kepada diri sendiri atau orang lain, padahal Rasulullah shallallahu ‘alaihi wa sallam melarang menjerumuskan pada bahaya, dengan sabdanya: “Tidak boleh membahayakan diri sendiri dan orang lain.” Karena kata nakirah dalam konteks negatif dalam hadits menunjukkan cakupan yang umum. Adapun dharar alias membahayakan orang lain, adalah seseorang yang memberikan bahaya kepada orang yang membahayakan, atau pendapat lain

dharar adalah kondisi yang sangat bahaya, dan kedua arti tersebut masih tercakup makna dharar alias bahaya itu sendiri.

Salah satu menilai kualitas air di suatu wilayah, dapat juga dengan melakukan biomonitoring. Sebagai bagian dari biomonitoring, diperlukan hewan bioindikator untuk penentuan logam berat, salah satunya kerang yang termasuk hewan bioindikator di suatu perairan. Bioindikator adalah elemen biotik yang bertindak sebagai petunjuk, kehadiran bioindikator ini dapat menampilkan perubahan kualitas air yang disebabkan oleh aktivitas manusia atau kerusakan alam (Aulia, *et al.*, 2020). Secara ekologis, kerang memegang peranan penting sebagai bioindikator kualitas ekosistem perairan. Ekosistem perairan yang tercemar dapat mempengaruhi kelangsungan hidup organisme yang menghuninya, termasuk kerang-kerangan yang mobilitasnya terbatas dan mengendap di sedimen perairan, rentan terhadap keberadaan polutan seperti masuknya logam berat di badan air (Indrawan, *et al.*, 2018). Kerang darah (*A. granosa*) merupakan salah satu spesies bivalvia yang paling umum ditemukan di perairan Sedati dan dijadikan masyarakat setempat sebagai hasil tangkapan.

Salah satu jenis logam berat yang memasuki perairan dan bersifat toksik adalah Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb). Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) merupakan logam berat yang sangat berbahaya karena tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup dan dapat terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik. Organisme perairan yang dapat menerima dampak langsung pencemaran logam berat adalah diantaranya hewan kerang. Salah satu pencemar yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia adalah logam berat, WHO (Organisasi Kesehatan Dunia) dan FAO (Organisasi Pangan dan Pertanian) menyarankan untuk tidak mengonsumsi makanan laut yang terkontaminasi logam berat. Logam berat sering menyebabkan efek khusus pada makhluk hidup. Logam berat dapat menyebabkan racun bagi makhluk hidup apabila kandungannya melebihi batas ambang yang diizinkan. Bagaimanapun juga, sebagian dari logam berat ini memang dibutuhkan oleh kelompok makhluk hidup dalam jumlah tertentu, yang walaupun mungkin

tidak sepenuhnya terpenuhi akan mematikan bagi keberadaan makhluk hidup tersebut (Sarie, 2019).

Berdasarkan uraian tersebut, maka dianggap penting untuk mengetahui kandungan jenis logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada kerang darah (*A. granosa*) di Perairan tambak Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo. Keracunan logam berat Pb dan Cd dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis. Keracunan Pb akut ditandai dengan rasa terbakar di mulut dan iritasi pada saluran pencernaan dengan diare, dan gejala keracunan kronis ditandai dengan mual, anemia dan sakit perut dan dapat menyebabkan kelumpuhan. Sementara itu, efek kronis keracunan logam Cd biasanya mengakibatkan kerusakan ginjal, kerusakan sistem saraf, dan kerusakan sebagian tubulus ginjal (Munandar & Eurika, 2016).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air, sedimen, dan daging kerang darah (*A. granosa*) di tambak Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo ?
- b. Berapakah batas maksimum toleransi aman konsumsi daging kerang darah (*A. granosa*) dalam waktu satu minggu?
- c. Bagaimana hubungan kandungan Pb dan Cd antara air dan sedimen dengan biota kerang darah di tambak Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Air, Sedimen, dan daging kerang darah (*A. granosa*) di tambak Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo.

- b. Untuk Mengetahui batas maksimum konsumsi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada daging kerang darah (*A. granosa*) di tambak Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo.
- c. Untuk mengetahui hubungan kandungan Pb dan Cd antara air dan sedimen dengan biota kerang darah di tambak Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan data kepada masyarakat luas tentang kandungan logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang terkandung dalam kerang darah (*A. granosa*). Data ini juga diharapkan dapat membantu pemerintah daerah dalam menangani lingkungan perairan Sedati di kemudian hari.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut :

- a. Kandungan logam berat yang akan dianalisis adalah timbal (Pb) dan kadmium (Cd).
- b. Hewan yang diuji kadar Logam Berat Timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dari kerang darah (*A. granosa*).
- c. Tempat penelitian dilakukan pada stasiun perairan tambak Cemandi dan tambak Banjar Kemuning, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Kerang Darah (*A. granosa*)

Kerang darah (*A. granosa*) merupakan salah satu sumberdaya perikanan yang bernilai ekonomis dan memiliki kandungan protein tinggi. Permintaan yang tinggi dari masyarakat terhadap komoditi ini menyebabkan produksi kerang darah berfluktuasi namun cenderung meningkat sepanjang tahun. Kerang darah sebagai salah satu hasil perikanan yang memiliki tingkat produktivitas cukup baik dan dapat diolah menjadi berbagai macam variasi makanan serta banyak digemari oleh masyarakat, dapat dilihat pada gambar 2.1. Sudah banyak dari masyarakat yang mengetahui bahwa kerang darah memiliki kandungan protein dan nilai gizi yang tinggi. Kerang sangat baik untuk dikonsumsi baik untuk anak-anak maupun orang dewasa. Tingginya tingkat konsumsi kerang darah oleh masyarakat di Indonesia, dapat dilihat dari kenaikan rata-rata produksi kerang darah di Indonesia pada tahun 2000 hingga 2010 sebesar 5,18% (Sari, *et al.*, 2019).

##### 2.1.1 Klasifikasi Kerang Darah (*A. granosa*)

Menurut Linnaeus (1978) dalam (Arita, *et al.*, 2014), kerang darah dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Filum : *Moluska*

Kelas : *Pelecypoda*

Ordo : *Arcoida*

Famili : *Arcidae*

Genus : *Anadara*

Spesies : *A. granosa*.





Gambar 2. 1 Biota kerang darah  
(Sumber : Dokumentasi pribadi 2022)

### 2.1.2 Morfologi dan Anatomi Kerang Darah (*A. granosa*)

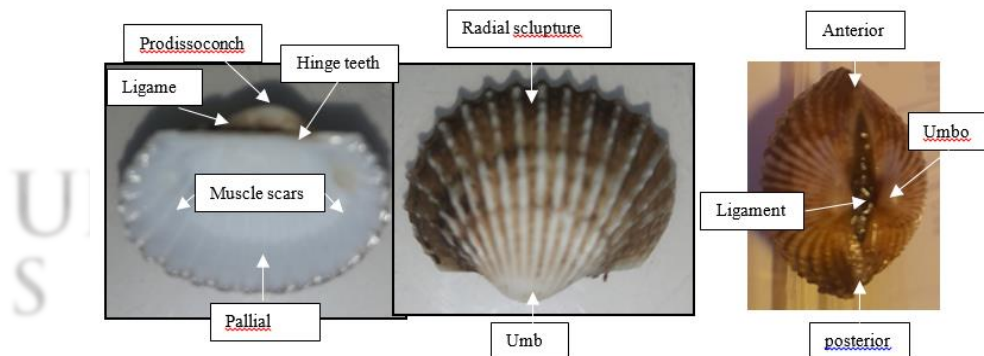
Kerang ialah salah satu biota lunak di ordo Filum *Mollusca*, kelas *Bivalvia* atau *Pelecypoda*. Secara garis besar, tubuh kerang dibedakan oleh lima bagian, yaitu: kaki (*foot byssus*), kepala (*head*), alat pencernaan dan reproduksi (*visceral mass*), selaput (*mantle*), cangkang (*shell*). Pada anggota kepala mempunyai organ saraf sensorik dan mulut. Warna dan bentuk cangkang kerang sangat bermacam-macam tergantung oleh spesies, habitat, dan makanannya. Cangkang umumnya berbentuk simetris dan memiliki daun telinga atau mantel berbentuk jubah dan cangkang simetris. Mantel melekat di cangkang dengan kumpulan otot yang menyisakan bekas melengkung yang disebut dengan garis mantel. Permukaan luar mantel memiliki guna untuk mengeluarkan bahan organik dari cangkang dan menumpuk kalsit atau kristal batu gamping. Cangkangnya terdiri dari 3 bagian, yaitu :

1. Lapisan luar tipis, sebagian besar kulit dan dianggap sebagai periostracum pelindung;
2. Lapisan tebal kedua, yang terbuat dari kalsium karbonat; dan
3. Lapisan dalam terbuat dari mother of pearl dan dibentuk oleh selaput mantel berupa lapisan tipis (A'yuni, *et al.*, 2019).

*A. granosa* sering disebut sebagai kerang darah karena adanya warna merah kecoklatan dari daging Anadara, dan merupakan salah satu jenis kerang yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan umumnya sebagai sumber makanan laut di wilayah Asia Tenggara dan

beberapa wilayah (Eoh, 2021). Ciri-ciri kerang darah ini yaitu mempunyai dua keping cangkang yang tebal, elips, dan kedua sisinya yang sama kurang lebih dua puluh rib. Cangkang berwarna putih dan ditutupi periostrakum yang berwarna kuning kecoklatan sampai coklat kehitaman. Ukuran kerang dewasa yaitu sekitar 6-9 cm (Nurjanah, *et al.*, 2021).

Kerang darah memiliki cangkang simetris bilateral dengan mantel lunak yang memadati antar dua cangkang lateral yang secara dorsal berhimpitan. Cangkang yang melindungi tubuh berbentuk bulat yang ditandai dengan garis pertumbuhan konsentrik yang berputar memusat ke arah tempat yang lebih besar (umbo) dekat dengan ujung anterior bagian dorsal, dapat dilihat pada gambar 2.2. Sendi ligamen menahan cangkang bagian dorsal secara bersama-sama dan membentang untuk membuat kedua belah cangkang terpisah secara ventral. Permukaan interior pada masing-masing cangkang memiliki tanda yang menandakan dimana beberapa otot melekat. Otot ini berperan dalam membuka cangkang dan menggerakkan kakinya (Nurjanah, *et al.*, 2021).



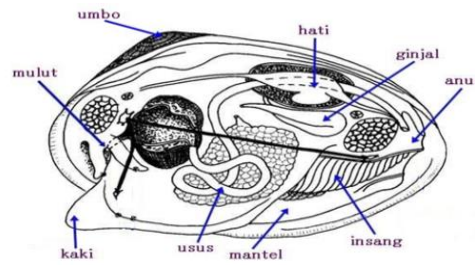
Gambar 2. 2 Morfologi biota kerang darah

(Sumber : Dokumentasi pribadi 2022)

*A. granosa* termasuk famili arcidae yang memiliki ciri cangkang berbentuk segitiga, persegi, atau oval yang umumnya sama sisi dan memiliki jari-jari yang kuat dan ornamen konsentris. Kerang darah termasuk ke dalam sub kelas lamellibranchia, di mana filamen insang memanjang dan melipat, seperti huruf W, antarfilamen dihubungkan



oleh cilia (*fillaranchia*) atau jaringan (*eulamellibranchia*), dapat dilihat pada gambar 2.3. *A. granosa* juga memiliki alur sebanyak dua puluh yang saling berhubungan dengan bintil yang berbentuk seperti persegi panjang. Warna cangkangnya putih kecoklatan hingga warna gelap ke daerah *periostakum* (lapisan zat tanduk cangkang). *Periostakum* pada kerang ini tipis dan lembut (Nurjanah, *et al.*, 2021).



Gambar 2. 3 Anatomi kerang darah

(Sumber: <https://cester20.wordpress.com/2012/01/01/>)

### 2.1.3 Karakteristik Kerang Darah (*A. granosa*)

Kerang darah hidup di daerah pasang surut, umumnya ditemukan pada lahan pantai yang berada di antara daerah rata pasang dan rata surut, tetapi hampir tidak ditemukan di atas garis rata pasang. Kerang darah hidup di daerah tropik pada lumpur halus atau kadang-kadang pasir berlumpur dan dilindungi atau berasosiasi dengan pohon-pohon bakau. *A. granosa* ditemukan juga pada lumpur berpasir, jumlah dan ukurannya tidak sebaik di lumpur halus yang payau dan habitat yang ideal bagi kerang darah adalah pada substrat dengan kandungan lumpur halus berukuran kurang dari 0,124 mm (diameter lumpur) sebanyak dari 90 % pada hamparan pasang yang terlindung dari ombak dan terletak di muara atau di luar dengan salinitas 18 sampai 30 per mil dengan kecerahan 0,5- 2,5 m dan pH 7,5 -8,4. Kerang darah terdapat di pantai laut pada substrat lumpur pasir dengan kedalaman 10 sampai 30 m. Kerang ini hidup dalam cekungan-cekungan dasar perairan di wilayah pantai pasir berlumpur (Nurjanah, *et al.*, 2021).

Kerang darah hidup pada substrat yang berlumpur ataupun berpasir yang mengandung hemoglobin untuk membantu sistem pernapasan. Bagian bawah tubuhnya dapat bergerak dan menempel pada substratnya, sehingga gerakannya lambat. *A. granosa* termasuk jenis hewan hermaprodit, artinya hewan yang memiliki kelamin ganda dimana alat kelamin jantan dan betina terdapat dalam satu individu. Ketika organisme ini siap untuk kawin, ia akan bermigrasi ke daerah pantai yang ber substrat lumpur dan ditumbuhi oleh tanaman alga atau rumput laut dan menyempatkan telur dan sperma sekaligus di sekitar bebatuan tersebut. Telur-telur tersebut akan dibiarkan melayang di sekitar bebatuan dengan menyempatkan telur dan sperma sekaligus di sekitar bebatuan tersebut. Telur-telur tersebut akan dibiarkan melayang di sekitar bebatuan dengan maksud agar terhindar dari predator dan dibiarkan telur menetas sendiri. Kerang darah termasuk jenis hewan herbivora. Makanan utamanya adalah plankton, alga, rumput laut, dan sponge. Juvenil *A. granosa* akan tumbuh menjadi populasi yang pesat apabila mendapatkan makanan yang melimpah di sekitar daerah ber substrat dan berlumpur. kerang darah hidup berkelompok dan umumnya banyak ditemukan pada substrat yang kaya kadar organik (Nurjanah, *et al.*, 2021).

## 2.2 Logam Berat

Perairan sering dikotori oleh komposit anorganik, termasuk logam berat berbahaya yang bervariasi terutama yang ditimbulkan oleh proses industri. Logam-logam ini dapat terakumulasi oleh organisme hidup dan tetap berada di dalam tubuh sebagai racun untuk waktu yang lama (Putri, *et al.*, 2012). Logam berat yang paling terkenal yang mencemari iklim adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd), arsenik (As), krom (Cr), nikel (Ni) dan besi (Fe). Logam berat dapat mempengaruhi kien air dan makhluk hidup laut. Kehadiran zat logam berat dalam entitas organik menunjukkan adanya sumber logam berat dari latihan biasa atau manusia. Kandungan logam berat di perairan biasa cukup rendah, namun aktivitas di lingkungan sekitar seperti industri, kehidupan keluarga, pertanian dan aktivitas lainnya akan dianggap

menyebabkan peningkatan kandungan logam berat dan menyebabkan kerusakan nyata pada perairan. Hal ini terjadi karena logam berat sulit untuk rusak secara nyata, artifisial dan organik. Aksesibilitas logam berat di iklim dapat menyebabkan dampak nyata pada makhluk hidup, misalnya, penyakit Minamata, celah bawaan, kerusakan sistem sensorik, menyerah pada anak-anak yang baru lahir, dan kemampuan daya tahan cacat. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa logam berat dapat berbahaya bagi tubuh jika dikumpulkan dalam jangka waktu yang lama (Putra & Mairizki, 2020).

Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar yang berbahaya karena bersifat toksik jika dalam jumlah besar dan dapat mempengaruhi berbagai aspek dalam perairan baik aspek ekologis maupun aspek biologi (Umar, 2001). Logam- logam yang mencemari perairan laut banyak jenisnya, diantaranya yang cukup banyak adalah kadmium (Cd) dan logam timbal (Pb). Kedua logam tersebut bergabung bersama dengan merkuri (Hg) sebagai the big three heavy metal yang memiliki tingkat bahaya tertinggi pada kesehatan manusia, selain itu ketiga logam tersebut yang paling sering ditemukan sebagai bahan pencemar logam yang ada di alam (Munandar & Alamsyah, 2016).

Logam berat adalah logam beracun, berbahaya jika memasuki tubuh melampaui batas yang diizinkan. Logam berat dapat berbahaya yang disebabkan bioakumulasi. Bioakumulasi berarti peningkatan kandungan unsur-unsur kimia ini dalam tubuh makhluk hidup menurut piramida makanan. Logam berat dapat terakumulasi melalui rantai makanan, organisme menempati tingkat yang lebih tinggi dalam rantai makanan, akumulasi logam berat dalam tubuhnya juga meningkat. Manusia sebagai konsumen utama akan mengalami bioakumulasi logam berat yang signifikan di dalam tubuhnya, menimbulkan efek negatif dalam kehidupan makhluk hidup, seperti mengganggu reaksi kimia, menghambat menyerap nutrisi penting (Hananingtyas, 2017 ).

### 2.2.1 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) adalah salah satu logam berat yang paling beracun. Titik leleh rendah, mudah dibentuk dan memiliki sifat kimia aktif karena logam ini sering digunakan untuk paduan logam lainnya. Timbal dapat ditemukan dalam minyak untuk meningkatkan angka oktan bahan bakar dan sebagai agen tahan api atau anti-ledakan di mesin pembakaran internal. Selain minyak bumi, timbal juga terdapat pada pewarna atau cat yang berfungsi sebagai pigmen yang menghasilkan warna cerah. Timbal juga digunakan sebagai agen anti korosi yang digunakan untuk menghambat korosi logam begitu banyak sehingga banyak digunakan sebagai cat bandan kapal (Sudarmawan, *et al.*, 2020).

Timbal adalah sebuah unsur yang biasanya ditemukan di dalam batu - batuan, tanah, tumbuhan dan hewan. Timbal 95% bersifat anorganik dan pada umumnya dalam bentuk garam anorganik yang umumnya kurang larut dalam air. Selebihnya berbentuk timbal organik. Timbal organik ditemukan dalam bentuk senyawa *Tetra Ethyl Lead* (TEL) dan *Tetra Methyl Lead* (TML). Jenis senyawa ini hampir tidak larut dalam air, namun dapat dengan mudah larut dalam pelarut organik misalnya dalam lipid. Waktu keberadaan timbal dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti arus angin dan curah hujan. Timbal tidak mengalami penguapan namun dapat ditemukan di udara sebagai partikel. Karena timbal merupakan sebuah unsur maka tidak mengalami degradasi (penguraian) dan tidak dapat dihancurkan (Tangio, 2013).

### 2.2.2 Kadmium (Cd)

Kadmium adalah logam putih berkilauan, halus, berkilau, tidak larut dalam basa yang merespon dengan cepat dan menghasilkan oksida saat dipanaskan. Kadmium (Cd) adalah logam yang ketika masuk ke dalam tubuh akan disimpan dan dikumpulkan dalam jangka waktu tertentu. Akibatnya itu, akan menyebabkan kerusakan tidak hanya pada tulang dan ginjal tetapi juga pada testis, sistem kardiovaskular, hati,

otak dan sistem darah. Kadmium juga dapat menyebabkan penyakit psikologis karena sifat sintetisnya seperti seng (Indirawati, 2017).

Logam kadmium adalah bahan yang tidak lepas dari proses industri. Logam kadmium mempunyai penyebaran yang sangat luas di alam. Pada kegiatan pertambangan biasanya kadmium ditemukan dalam bijih mineral. Sumber-sumber logam berat Cd di laut, berasal dari sumber yang bersifat alami dari lapisan kulit bumi. Logam berat Cd juga dapat berasal dari aktifitas manusia, seperti limbah pasar dan limbah rumah tangga, aktivitas transportasi laut dan akitivitas perbaikan kapal laut (Noviarini & Ermavitalini, 2015).

### 2.2.3 Waktu Paruh logam berat

Logam berat dapat terakumulasi di dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam jangka waktu lama sebagai racun. Logam tersebut dapat terdistribusi ke bagian tubuh manusia dan sebagian akan terakumulasikan melalui berbagai perantara salah satunya adalah melalui makanan yang terkontaminasi oleh logam berat. Jika keadaan ini berlangsung terus menerus dalam jangka waktu lama dapat mencapai jumlah yang membahayakan kesehatan manusia. Manusia dan hewan mengakumulasi logam berat dari air yang diminum, udara, tanah yang terkontaminasi logam berat.

Logam berat dalam perairan mempunyai waktu paruh  $32 \times 10^3$  tahun dan sedimen  $2,5 \times 10^8$  tahun lebih lama dibandingkan dengan logam berat yang berada di daratan dan di udara. Karena waktu tinggal logam berat pada sedimen sangat lama, maka sedimen yang tercemar dengan logam berat seperti Pb, Cd dan Cu akan berpotensi berperan sebagai sumber pelepasan kembali ke air laut dan pelepasan ini tergantung pada pH air laut (Handayani, *et al.*, 2016).

Pencemaran logam berat di badan air, termasuk ekosistem laut, telah menjadi masalah global. Ekosistem air laut merupakan sumber utama pencemaran logam berat yang dihasilkan oleh industri, lahan

pertanian dan limbah rumah tangga. Faktor yang mempengaruhi konsentrasi logam dan laju akumulasinya oleh organisme hidup adalah ketersediaan logam berat di lingkungan, musim tahun, hidrodinamika lingkungan, ukuran, jenis kelamin, perubahan komposisi jaringan dan siklus reproduksi (Rumahlatu, 2012).

## 2.3 Parameter Perairan

### 2.3.1 Suhu

Suhu air mungkin merupakan elemen utama bagi keberadaan makhluk laut. Suhu adalah salah satu elemen luar yang paling mudah dipelajari dan diputuskan. Pergerakan metabolisme dan apropriasi bentuk kehidupan laut sangat dipengaruhi oleh suhu air. Suhu juga sangat mempengaruhi kehidupan dan perkembangan biota amfibi, suhu dalam air tidak sepenuhnya ditentukan oleh musim, ruang lingkup, musim, arus angin, tutupan mendung dan kelas serta kedalaman air. Suhu air berperan dalam mengendalikan kondisi lingkungan laut. Ekspansi suhu menyebabkan ekspansi kerusakan mikroba bahan alam. Peningkatan suhu dapat menyebabkan stratifikasi atau mantel air, stratifikasi air ini dapat mempengaruhi pengadukan air dan diperlukan untuk membubarkan oksigen dengan adanya mantel, air di lapisan bawah tidak anaerob (Hamuna, *et al.*, 2018).

### 2.3.2 Salinitas

Salinitas adalah kandungan seluruh larutan garam yang diperoleh dalam air laut, disini salinitas air mempengaruhi tekanan osmotik air, tinggi tekanan osmotik dipengaruhi oleh semakin tingginya salinitas. Perbedaan salinitas air dapat terjadi karena perbedaan evaporasi dan presipitasi (Hamuna, *et al.*, 2018).

### 2.3.3 Ph

Keasaman (pH) adalah logaritma negatif dari pemusatan partikel hidrogen yang dikirim dalam cairan dan merupakan tanda betapa



beruntung atau tidaknya air tersebut. PH air merupakan salah satu batasan zat utama dalam mengontrol kekuatan air. Perubahan pH air sangat mempengaruhi biota di dalam air. Demikian juga, nilai pH yang tinggi sangat menentukan dominasi fitoplankton, akibatnya mempengaruhi tingkat efisiensi perairan esensial di mana keberadaan fitoplankton dibantu oleh aksesibilitas suplemen fitoplankton di air laut. (Hamuna, *et al.*, 2018).

## 2.4 Biomonotoring

Teknik biomonotoring merupakan teknik yang dapat digunakan untuk mengetahui perubahan kualitas perairan. Biomonotoring adalah metode penilaian lingkungan berdasarkan analisis jaringan dan molekul organisme yang terpapar logam berat. Definisi biomonotoring sebagai spesies yang informatif status pencemaran lingkungan oleh polutan tertentu. Biomonotoring adalah serangkaian prosedur untuk menilai kualitas air dengan mengukur keberadaan polutan tertentu dalam matriks lingkungan atau dalam rongga tubuh organisme tertentu yang dapat memberikan informasi tentang keadaan / kualitas lingkungan (Kumaji, *et al.*, 2019).

Penggunaan kerang sebagai organisme sentinel dalam biomonotoring lingkungan perairan adalah penting, hal ini dimungkinkan karena kerang memiliki karakteristik ekologi dan ekonomi yang dapat menggambarkan status pencemar di lingkungan dan merupakan makanan yang bernilai ekonomis, sehingga ekstrapolasi data dari hewan moluska ke manusia sangat dimungkinkan (Kabangnga, *et al.*, 2020).

Kerang darah (*A. granosa*) merupakan jenis kerang yang memiliki nilai ekonomis dengan harga jual mencapai Rp 20.000/kg. *A. granosa* juga dapat digunakan sebagai bioindikator pencemaran air laut karena bersifat filter feeder non selective. *A. granosa* dapat mengakumulasi logam berat dalam tubuhnya jika hidup pada perairan yang terkontaminasi logam berat. *A. granosa* tersebar di kawasan IndoPasifik dan Pantai Afrika Timur hingga ke Polinesia. Komposisi kimia *A. granosa* adalah air 83%, lemak 0.91%, protein 10.33% dan kadar abu 1.84%. *A. granosa* yang telah dewasa yang berukuran diameter 4 cm

dapat memberikan energi sebesar 59 kalori serat mengandung 8 gram protein, 1.1 gram lemak, 3.6 gram karbohidrat, 133 mg kalsium, 170 mg fosfor, 300 SI vitamin A dan 0.01 mg vitamin B1 (Wulandari, *et al.*, 2019).

Kerang digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk sebagai sumber protein yang berasal dari makanannya, karena sifatnya yang tidak banyak bergerak, kerang mengakumulasi lebih banyak logam daripada hewan air lainnya, menyaring makanannya (*filter feeder*), dan membutuhkan waktu lebih lama untuk menghindari efek polusi. Oleh karena itu, kerang merupakan indikator yang sangat baik untuk memantau kontaminasi logam di lingkungan perairan.

Kerang pada dasarnya adalah "*filter feeder*" yang mengakumulasi zat yang disaring di insangnya. Bakteri dan mikroba lain terakumulasi di sekitar dan dapat mencapai tingkat yang tidak aman untuk dikonsumsi. Jenis kerang-kerangan adalah filter feeder dan sangat tahan terhadap tekanan ekologis yang tinggi, menjadikannya bioindikator polusi yang efisien untuk memprediksi polusi logam berat (Wulandari, *et al.*, 2019).

#### 2.4.1 Bioindikator

Bioindikator adalah organisme (atau bagian dari suatu organisme ataupun suatu komunitas organisme) yang memiliki informasi tentang kualitas suatu kondisi lingkungan atau sebagian dari komponen lingkungan yang digunakan untuk menjelaskan pengaruh-pengaruh perubahan lingkungan pada skala ruang dan waktu ataupun kondisi lingkungan sehingga sering diacu sebagai indikasi tekanan lingkungan yang bersifat antropogenik (Priyadi, 2014)

bioindikator merupakan sebagai spesies atau kelompok spesies yang secara cepat dapat menggambarkan kondisi lingkungan baik abiotik maupun biotik; atau menggambarkan dampak perubahan lingkungan dari sebuah habitat, komunitas atau ekosistem; atau mengindikasikan keragaman dari kelompok takson, atau keragaman secara keseluruhan di dalam suatu habitat. Bioindikator adalah



organisme yang menunjukkan sensitivitas atau toleransi terhadap kondisi lingkungan sehingga memungkinkan untuk digunakan sebagai alat penilai kondisi lingkungan. Spesies indikator adalah spesies keragaman hayati. Sehingga indikator keanekaragaman hayati dapat digunakan untuk penilaian habitat dalam biologi konservasi. Indikator biodiversitas dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu kelompok referensi, kelompok kunci dan kelompok focal.

Kriteria umum untuk menetapkan suatu organisme digunakan sebagai bioindikator adalah (1) takson yang lebih tinggi dan/atau dipilih takson yang telah diketahui secara rinci dan taksonominya jelas serta mudah untuk diidentifikasi; (2) sifat-sifat biologi organisme tersebut diketahui dengan baik dan memiliki tanggapan yang baik terhadap faktor-faktor tekanan atau perubahan habitat; (3) organisme tersebut tersedia secara melimpah, mudah disigi dan dimanipulasi (dilakukan perlakuan tertentu) tertentu; (4) organisme tersebut tersebar dalam ruang dan waktu atau bersifat kosmopolitan; dan (5) berkorelasi kuat dengan keseluruhan komunitas dan/atau dengan faktor-faktor tekanan lingkungan (Pribadi, 2014)

#### 2.4.2 Masuknya logam berat ke dalam biota kerang

Hewan atau organisme air yang dapat mengakumulasi logam berat salah satunya yaitu kerang darah (*A. granosa*). Menurut Filipus *et al.* (2018) bahwa jenis kerang molusca (bivalvia) dan makro algae termasuk juga kerang darah atau tiram merupakan bioindikator yang paling tepat dan efisien. Kerang darah menyerap makanan tanpa menyaring lagi termasuk bahan pencemar yang terdapat pada air dan sedimen. Perpindahan bahan pencemar dari sedimen dan air terhadap organisme atau biota dikenal dengan bioakumulasi. Kerang darah yang telah tercemar atau terakumulasi logam berat, maka akan berdampak pada manusia yang mengkonsumsi daging kerang. Salah satu dampak dari mengkonsumsi kerang yang terakumulasi logam berat yaitu gangguan ginjal, hati bahkan kematian.

Kerang yang dikenal sebagai bivalvia menyaring atau mengakumulasi makanan seperti protozoa, larva, telur dan detritus dari substrat sekitarnya. Makanan, yang dikumpulkan oleh tentakel, kemudian diangkut ke mulut dalam alur Ciliata. Cilia terletak di rongga mantel menghasilkan arus air yang menyedot ke dalam rongga mantel dan keluar melalui siphon pencernaan. Partikel dicerna dikumpulkan dan diangkut ke pembukaan mulut. Makanan yang telah difiltrasi masuk ke dalam tubuh dengan jumlah yang sangat besar biasanya terdapat pada air yang membuat kerang rentan yaitu seperti partikel atau zat-zat berbahaya dalam air yang tercemar oleh limbah industri dan pupuk pertanian, Sehingga tubuh kerang menumpuk zat-zat berbahaya yang dan menjadikan racun masuk kedalam tubuh kerang (Filipus, *et al.*, 2018).

Menurut Filipus *et al.* (2018) proses masuknya dan terakumulasi bahan pencemar atau logam berat dari air ke dalam tubuh kerang melalui beberapa cara yaitu melalui saluran pernapasan (insang), saluran pencernaan dan difusi permukaan kulit, namun bahan pencemar atau logam berat yang paling banyak terakumulasi di dalam tubuh kerang yaitu terdapat pada bagian ginjal. Akumulasi di air lebih tinggi dikarenakan diduga kerang darah dalam mencari atau mengakumulasi makanan yaitu dengan cara menyaring makanan di air lebih besar dari pada di sedimen (Filipus, *et al.*, 2018).

#### 2.4.3 Menurunkan kandungan logam berat pada biota kerang

Kerang darah hidup dengan cara membenamkan diri di pantai pada substrat lumpur dan pasir, merupakan makhluk *filter feeder* (memperoleh makanan dengan cara menyaring air) dan suka menetap di suatu tempat, karena pergerakannya yang lambat. Cara hidup yang menetap menyebabkan akumulasi kandungan logam berat di dalam tubuh kerang darah.

Logam berat yang sering ditemukan dalam kerang darah yaitu kadmium (Cd) dan Timbal (Pb). Cd dan Pb adalah bahan pencemar

dalam air yang berasal dari pembuangan limbah industri dan limbah pertambangan. Peningkatan kadar Cd dan Pb di dalam kerang darah semakin meningkat sejalan dengan proses industrialisasi yang semakin berkembang (Susanti & Priamsar, 2016).

Pada penelitian yang dilakukan Susanti dan Priamsari (2016) tentang Penurunan kadar logam berat Pb dan Cd dilakukan dengan perendaman kerang darah dalam filtrat tomat berdasarkan perbandingan filtrat tomat dan lama perendaman. Berdasarkan hasil analisa menunjukkan bahwa perendaman selama 30 menit menghasilkan penurunan terhadap logam berat Pb dan Cd lebih tinggi dibandingkan dengan perendaman selama 15 menit. Perbedaan mempengaruhi penurunan kadar Cd dalam daging kerang darah. Hasil menunjukkan bahwa lama perendaman, semakin banyak asam sitrat logam sehingga akan menurunkan kadar Cd dan Pb dalam kerang darah. Perlakuan dengan lama perendaman 30 menit lebih efektif menurunkan logam berat jika dibandingkan dengan lama perendaman 15 menit, karena semakin lama waktu kontak antara asam sitrat dengan logam berat, maka semakin banyak pula logam berat yang dapat berikatan dengan asam sitrat membentuk garam sitrat.

Penurunan logam berat Cd dan Pb menggunakan larutan tomat memberikan menurunkan logam berat, hal ini dipengaruhi oleh asam sitrat dalam tomat yang berikatan dengan logam Pb dan Cd dalam kerang darah membentuk garam sitrat. Asam sitrat sebagai sekuestran (zat pengikat logam) dapat menurunkan kadar logam berat dalam kerang darah dengan cara merusak ikatan logam protein. Ion logam yang terdapat dalam tubuh organisme hidup hampir semuanya berikatan dengan protein. Asam sitrat tiap molekulnya mengandung gugus karboksil (COOH) dan satu gugus hidroksil (-OH) yang terikat pada atom karbon. Gugus fungsional tersebut yang dapat menyebabkan ion sitrat bereaksi dengan ion logam membentuk garam sitrat. Ion sitrat akan mengikat logam sehingga dapat menghilangkan ion logam yang

terakumulasi pada kerang sebagai garam sitrat. Garam karboksilat apabila direaksikan dengan asam akan diperoleh kembali asam karboksilat yang disebut dengan reaksi kebalikan (Susanti & Priamsar, 2016).

## 2.5 Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

*Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) adalah perangkat yang digunakan dalam teknik ilmiah untuk mengukur komponen logam dan metaloid. Estimasi ini tergantung pada konsumsi cahaya dengan frekuensi tertentu oleh molekul logam keadaan bebas, dapat dilihat pada gambar 2.4. Teknik AAS bergantung pada penyerapan cahaya oleh partikel, yang menahan cahaya pada frekuensi tertentu bergantung pada jenis komponennya. Gelombang cahaya ini memiliki energi yang cukup untuk mengubah tingkat energi elektron sedikit pun. Spektrometri serapan atom (SSA) mencakup asimilasi cahaya oleh partikel nonpartisan dari komponen logam yang tetap dalam keadaan dasarnya. Aturan AAS pada dasarnya setara dengan retensi cahaya oleh partikel atau partikel campuran dalam pengaturan (Lolo, *et al.*, 2020).

*Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) merupakan suatu metoda yang digunakan untuk menentukan unsur-unsur dalam suatu sampel/ cuplikan yang berbentuk larutan. Prinsip dari analisis dengan AAS ini didasarkan proses penyerapan energi oleh atom-atom yang berada pada tingkat tenaga dasar (*ground state*). Penyerapan energi tersebut akan mengakibatkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat tenaga yang lebih tinggi (*excited state*). Akibat dari proses penyerapan radiasi tersebut elektron dari atom-atom bebas bereksitasi ini tidak stabil dan akan kembali ke keadaan semula disertai dengan memancarkan energi radiasi dengan panjang gelombang tertentu dan karakteristik untuk setiap unsur (Yulia, *et al.*, 2021).

*Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) telah lama diketahui yaitu sejak abad ke-19 dan teknik ini sebagian besar telah dikembangkan selama tahun 1950-an oleh Alan Walsh dan tim ahli kimia Australia yang bekerja di

Divisi Fisika Kimia *Commonwealth Science and Industry Research Organization* (CSIRO) di Melbourne, Australia. Dalam kimia analitik, AAS merupakan teknik yang sebagian besarnya digunakan untuk menentukan konsentrasi elemen logam-logam tertentu dalam suatu sampel. AAS dapat digunakan untuk menganalisis konsentrasi lebih dari 62 jenis logam berbeda dalam suatu larutan. Biasanya, teknik ini menggunakan nyala api untuk mengatomisasi sampel, atau juga biasanya menggunakan alat penyemprot lainnya, seperti tungku grafit (Wahab, *et al.*, 2022).



Gambar 2. 4 Alat AAS

(Sumber: <https://uptlabterpadu.uns.ac.id/alat-lab/atomic-absorption-spectrophotometer-aas-shimadzu>)

## 2.6 *Maximum Tolerable Intake* (MTI)

Kandungan logam dalam makanan laut yang belum melewati baku mutu mengindikasikan makanan laut tersebut masih aman untuk dikonsumsi. Sebaliknya, apabila telah melampaui baku mutu, perlu ada perhatian lebih lanjut berkaitan dengan konsumsi makanan laut tersebut. Untuk itu, diperlukan tahapan selanjutnya seperti penetapan jumlah maksimum makanan laut yang dapat dikonsumsi oleh masyarakat serta tahapan-tahapan lainnya (Purbonegoro, 2020).

*Maximum Weekly Intake* (MWI) adalah Penerimaan terbesar dari racun logam berat yang dapat ditanggung tubuh dalam seminggu (Edward, 2019). Pemusatan paling ekstrim dari sumber makanan logam berat yang dapat dimakan setiap minggu adalah (*Maximum Weekly Intake*) dengan

menggunakan angka tepi yang didistribusikan oleh asosiasi dan asosiasi makanan di seluruh dunia, *World Health Organization* (WHO) dan *Joint Expert of FAO / WHO Committee on Food Additive* (JECFA) (Caksana, *et al.*, 2021).

MTI adalah batas maksimum daging biota yang dapat ditoleransi manusia jika dikonsumsi dalam seminggu (Juniardi, *et al.*, 2021). Setelah mengetahui tingkat asupan nilai maximum weekly intake dan kandungan logam berat setiap biota, maka dapat menghitung berat maksimum yang dikonsumsi daging setiap biota setiap minggu (Caksana, *et al.*, 2021).

Keracunan akut dapat terjadi jika timbal (Pb) masuk ke dalam tubuh seseorang lewat makanan atau menghirup uap timbel dalam waktu yang relatif pendek dengan dosis atau kadar yang relatif tinggi. 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 (Pb) pada anak-anak dapat mengurangi kecerdasan. Bila dalam darah mereka ditemukan kadar timbel tiga kali batas normal (asupan normal sekitar 0,3 miligram per hari) menyebabkan penurunan kecerdasan intelektual (IQ) di bawah 80. Kelainan fungsi otak terjadi karena timbel secara kompetitif menggantikan peranan mineral-mineral utama seperti seng, tembaga, dan besi 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.

Didalam tubuh, kadmium (Cd) diangkut ke hati oleh darah. Selanjutnya akan membentuk ikatan dengan protein dan diangkut ke ginjal, dan terakumulasi di ginjal, jika terkontaminasi akan mengganggu fungsi ginjal dan kerusakan ginjal dampak lainnya adalah diare, sakit perut dan muntah-muntah, keretakan tulang, kegagalan reproduktif bahkan ketidaksuburan/kemandulan,



Kerusakan sistem syaraf pusat, kerusakan sistem imunitas, gangguan psikologis, kerusakan DNA atau kanker (Agustina, 2014).

## 2.7 Integrasi Keislaman

Kerusakan yang ditimbulkan oleh manusia seperti mencemari perairan berupa logam berat yang berasal dari limbah industri pabrik, sudah dijelaskan dalam firman Allah Al Qur'an Surah Ar Rum Ayat 41 yang berbunyi :

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي  
عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya : *“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah telah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).”*(QS. Ar Rum Ayat 41).

Dilihat dari ayat 41 surat asbab al-nuzul Ar-Rum, tafsir Ibnu Katsir menjelaskan bahwa ArRum ayat 41 adalah pedoman karena berkurangnya hasil panen dan buah-buahan Banyak perbuatan maksiat yang dilakukan oleh penduduknya. Abu Aliyah berkata bahwa barang siapa yg berbuat durhaka pada Allah pada bumi, berarti beliau sudah berbuat kerusakan pada bumi, lantaran terpeliharanya kelestarian bumi & langit dengan menggunakan ketaatan.

Allah menciptakan lautan dan isinya untuk digunakan manusia, sesuai dengan firman Allah dalam QS. AnNahl/16:14 sebagai berikut:

وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِتَأْكُلُوا مِنْهُ لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُوا مِنْهُ حِلْيَةً تَلْبَسُونَهَا  
وَتَرَى الْفُلْكَ مَوَاجِرَ فِيهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ

Artinya: *”Dan Dialah yang menundukkan laut (untukmu), agar kamu dapat memakan daging (ikan) yang segar darinya, dan darinya kamu jadikan hiasan*

*untuk dipakai, Kemurahan hatinya dan untuk Anda syukuri” (QS. AnNahl / 16: 14).*

(Juga, Dia telah menindas lautan) Dia telah menjinakkannya sehingga sangat baik untuk didaki dan dijatuhkan (supaya Anda dapat memakan daging baru darinya) khususnya ikan (dan Anda mengeluarkan dari lautan perhiasan yang Anda pakai) sebagai mutiara dan marjan (dan Anda lihat) melihat (bahtera) perahu (berlayar di atasnya) dapat melanjutkan di atas air; menyiratkan bahwa dapat membagi gelombang maju atau mundur hanya melewati satu arah angin (sehingga Anda mencari) artikulasi ini diubah menjadi lita'kuluu pengucapan, menyiratkan bahwa Anda mencari manfaat (dari keanggunan-Nya) kemahiran Allah SWT. melalui bisnis (dengan demikian kamu bersyukur) kepada Allah swt. untuk hadiah itu.

Allah melarang manusia untuk merusak alam ini. Hal ini sebagaimana firman Allah dalam QS. Al-A'raf/7: 56 sebagai berikut:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya: *“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik” (QS. Al-A'raf/7: 56).*

(Selanjutnya, jangan berbuat nakal dalam kerangka pikiran itu) dengan melakukan kemusyrikan dan demonstrasi yang tidak etis (setelah Allah memperbaikinya) dengan mengirim rasul-rasul (dan memohon kepada-Nya dengan ketakutan) melawan disiplin-Nya (dan dengan amanah) melawan keanggunannya. (Yang pasti, kebaikan Allah sangat dekat dengan orang-orang yang mengerjakan sesuatu yang bermanfaat) khususnya orang-orang yang taat. Pengucapan qariib adalah sebagai mudzakkar, meskipun merupakan berita yang menggembirakan dari artikulasi Rahmah, hal ini dengan alasan bahwa cara mengungkapkan Rahmah dikerjakan dengan artikulasi Allah.



## 2.8 Penelitian Terdahulu

Ada beberapa referensi pencarian yang digunakan dalam penelitian kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada kerang darah (*A. granosa*) pada tambak kerang di perairan Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo.

1. Judul "Analisis kandungan logam berat kromium (Cr) dalam air, sedimen dan kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Trimulyo, Semarang". (Ria Azizah Tri Nuraini, Hadi Endrawati dan Ivan Riza Maulana). 2017

- Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kandungan logam berat kromium (Cr) dalam air, sedimen dan kerang hijau (*Perna viridis*) serta menentukan pengakuan mingguan terbesar dan penggunaan yang tepat dari kerang hijau (*Perna viridis*) yang mengandung berat logam kromium (Cr) di wilayah lini produksi Trimulyo, Semarang..

- Metode

Metode yang digunakan dalam ujian ini adalah deskriptif. cara paling umum untuk menguji pengujian logam berat (Cr) dengan menggunakan strategi AAS (*Spektrofotometer Serapan Atom*). Batasi konvergensi paling ekstrim dari sumber makanan logam berbobot tinggi yang dapat dimakan setiap minggu (asupan mingguan maksimum) dengan memanfaatkan ambang batas yang didistribusikan oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) untuk logam berat chromium (Cr) adalah 23,3 µg/kg berat badan setiap minggu.

- Kesimpulan

Kandungan pada logam berat kromium (Cr) pada perairan Trimulyo Semarang berada di bawah 0,001 mg/L. Logam berat yang terkandung pada Cr dalam sedimen berkisar dengan rentan 20,49 - 45,78 mg/kg. Untuk sementara, zat kromium (Cr), logam berat, dari kerang hijau (*Perna viridis*) berfluktuasi antara <0,01 dan 0,20 mg/kg. Logam berat yang terkandung pada *Chromium* (Cr) di air

laut tetap di posisi dalam tidak seluruhnya, diatur oleh SK Men.LH. 51 pada tahun 2004 sebagai (0,005 mg/L). Kandungan logam berat kromium (Cr) dalam sedimen selalu lebih rendah dari baku mutu ditentukan oleh NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) pada tahun 1999, menjadi 52,3 mg/kg, dan kandungan krom (Cr) logam berat dalam kerang hijau masih memenuhi kriteria standar kualitas yang ditetapkan oleh Hong Kong *Food Permeation* (Kontaminasi Logam) wewenang pada tahun 1997 adalah 1 mg/kg.

2. Judul "Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Dalam Air, Sedimen Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Trimulyo, Semarang". (Murraya, Nur Taufiq-Spj, Endang falahni). 2018

- Tujuan

Pengkajian ini berencana guna memutuskan yang mengandung logam berat besi (Fe) dalam air, sedimen serta kerang hijau (*Perna viridis*) serta menentukan ambang kontaminasi jenis logam berat besi (Fe) di wilayah perairan Trimulyo, Semarang.

- Metode

Pengkajian ini menggunakan metode studi kasus dan metode pengumpulan sampel adalah *purposive sampling*. Prosedur pengujian sampel logam berat yang berjenis besi (Fe) di air, sedimen serta moluska hijau (*Perna viridis*) secara AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*)

- Kesimpulan

Nilai khas kandungan Fe di segmen air tidak melampaui norma kualitas sesuai undang-undang tidak resmi. 82 Tahun 2001 mengenai manajemen kualitas air serta pengendalian pencemaran air dengan baku mutu 0,3 mg/L. Ini menunjukkan bahwa perairan ini dianggap tidak berbahaya bagi keberadaan bentuk kehidupan laut. Berdasarkan baku mutu yang ditetapkan oleh departemen sumber daya alam Wisconsin pada tahun 2003, Substansi logam berat Fe dalam sedimen menunjukkan keadaan yang baik untuk

keberadaan biota. Standar kualitas yang telah ditentukan adalah 20 mg/kg. Sentralisasi logam berat Fe yang terkumpul dalam kerang hijau (*P. viridis*) melebihi nilai baku mutu menurut Badan Standar Nasional (BSN) 2009: Standar Nasional Indonesia (SNI) No.7387 terkait dengan Batas Maksimum Pencemaran Logam Berat pada makanan, adalah 1 mg/kg.

3. Judul "Studi Kandungan Logam Berat Pada Kerang Lokan (*Geloina Erosa*) Di Perairan Aceh Barat". (Nabila Ukhty, Hayatun Nufus, Anhar Rozi, Ikhsanul Khairi). 2020

- Tujuan  
Untuk menentukan yang mengandung logam berat dengan jenis Hg, Cd, Pb, Cu, As, serta Zn, dalam kerang mentah serta dimasak dianalisis untuk memutuskan sejauh mungkin untuk mengkonsumsi kerang diidentifikasi oleh logam berat.
- Metode  
Penelitian ini menggunakan teknik studi kasus untuk memilih lokasi pengambilan sampel berdasarkan *Purposive Sampling*. untuk mengetahui yang mengandung logam berat, antara lain: Hg, Cd, Pb, Cu, As, serta Zn dalam kerang lokan mentah dan rebus menggunakan *Atomic Absorbtion Spectrophotometry* (AAS). Untuk batas konsentrasi maksimum makanan tinggi logam berat yang dapat dikonsumsi per minggu (maksimum asupan mingguan), gunakan ambang batas angka yang ditetapkan, yang dikeluarkan oleh kelompok dan Organisasi Pangan Internasional, Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) dan FAO / Komite Ahli WHO untuk Bahan Tambahan Makanan (JECFA).
- Kesimpulan  
Moluska lokan mulai dari Laut Aceh Barat diketahui mengandung logam berat yang berbeda dari Meureubo (stasiun I), ditemukan zat logam berat antara lain Cu dan Zn, cangkang dari perairan Ujong Baroh (stasiun II) ditemukan mengandung logam berat antara lain: Hg, Cu, Cd dan Zn, serta yang berasal dari Perairan Samatiga

(stasiun III) memisahkan zat logam berat seperti Hg, Cu dan Zn. sedapat mungkin penggunaan lokan moluska untuk beban rata-rata 50 kg adalah 0,131 kg setiap minggunya.minggu.

4. Judul "Kandungan logam berat timbal (Pb) pada beragam jenis bivalvia di kawasan pantai Kabupaten Bangkalan" (Hidayati, Ika; Wiryanto; Setyawan, Ahmad Dwi). 2011

- Tujuan

Untuk mengetahui beragam jenis bivalvia yang ditemukan di Perairan Pantai Bangkalan Pulau Madura, dan menganalisis kandungan logam berat timbal (Pb) pada tubuh bivalvia yang ditemukan di kawasan tersebut.

- Metode

Untuk mengetahui kandungan logam berat timbal (Pb) pada sampel bivalvia dan sedimen pantai, maka dilakukan uji dengan menggunakan alat ukur Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Alat ini bekerja dengan menggunakan prinsip berdasarkan Hukum Lambert-Beert yaitu banyaknya sinar yang diserap berbanding lurus dengan kadar zat. Uji korelasi pearson dilakukan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel, dimana variabel yang diuji meliputi konsentrasi logam berat timbal (Pb) dengan variabel ukuran tubuh bivalvia.

- Kesimpulan

jenis bivalvia yang ditemukan adalah Lorjuk (*Solen sp.*), Kerang Darah (*Anadara granosa*), Kerang Manis (*Meretrix meretrix*), dan Kerang Batu (*Placamen isabellina*); dan terdapat kandungan logam berat timbal (Pb) pada keempat jenis bivalvia yang ditemukan berdasarkan hasil uji laboratorium, dan diketahui bivalvia tersebut dapat mengakumulasi logam berat timbal (Pb) dengan jumlah kandungan logam berat timbal (Pb) pada Lorjuk (0,166-0,208 ppm), Kerang Darah (0,152-0,231 ppm), Kerang Manis (0,161-0,288), dan Kerang Batu (0,161- 0,178 ppm).

5. Judul "Kadar logam kadmium pada kerang thothok (*Geloina erosa*) di Kawasan Mangrove Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah". (Yuliansari, Dewi). 2020

- Tujuan

Menentukan kadar logam Cd dalam daging kerang thothok, air, dan sedimen mangrove di Segara Anakan Cilacap. Menentukan perbedaan kadar logam Cd dalam daging kerang thothok, air, dan sedimen mangrove di Segara Anakan (Muara Dua dan Motean) dan Dermaga Lomanis Cilacap. Menentukan hubungan kadar logam Cd dalam daging kerang thothok, air, dan sedimen mangrove dengan parameter lingkungan.

- Metode

Secara statistik untuk mengetahui perbedaan kadar logam berat Cd di tiga stasiun dianalisis dengan menggunakan Analisis Variansi Searah (*One Way Anova*) dengan menggunakan program aplikasi komputer SPSS. Untuk mengetahui hubungan antara kadar logam Cd dalam daging kerang, air, dan sedimen mangrove dengan parameter lingkungan digunakan analisis Korelasi Pearson dilanjutkan dengan regresi.

- Kesimpulan

Secara statistik perbedaan kadar logam Cd dalam daging kerang thothok dan sedimen di Muara Dua, Motean, dan Dermaga Lomanis tidak menunjukkan beda yang nyata. Perbedaan kadar logam Cd dalam air di tiga stasiun (Muara Dua, Motean, dan Dermaga Lomanis) menunjukkan beda nyata  $\{p(0,02) < 0,05\}$ .

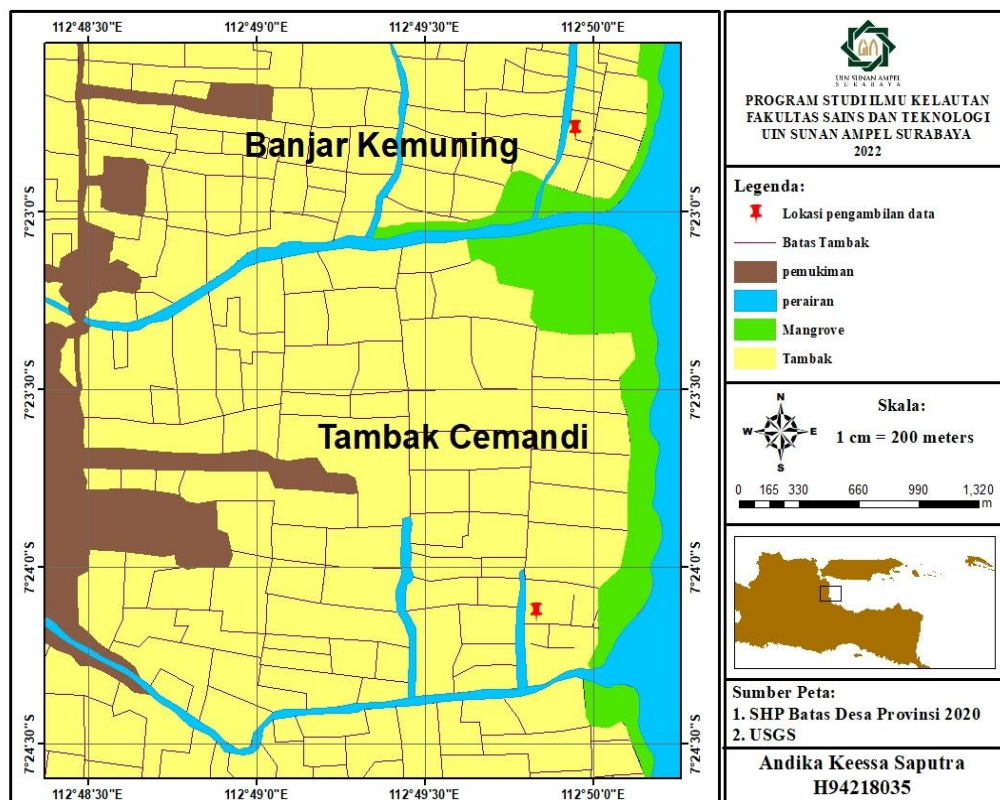
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu Dan Tempat Pelaksanaan

Pengambilan sampel air, sedimen dan kerang darah di dua stasiun yaitu perairan desa Tambak Cemandi dengan titik koordinat (07°24'02.52''S 112°49'55.08''E) dan Banjar Kemuning dengan titik koordinat (07°22'41.67''S 112°49'44.88''E), Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo, dapat dilihat pada gambar 3.1.

Pemeriksaan logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam air, sedimen, dan daging kerang darah dilaksanakan di Balai Penelitian Dan Konsultasi Industri Surabaya.



Gambar 3. 1 Peta Pengambilan sampel



## 3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode syamaptif. Metode deskriptif adalah metode melihat keadaan sekelompok orang, suatu objek, seperangkat kondisi, suatu sistem pemikiran atau suatu golongan peristiwa pada masa sekarang. Tujuan dari penelitian deskriptif ini adalah untuk membuat penjelasan, gambaran, atau lukisan yang sistematis, faktual, dan akurat tentang fakta, karakteristik, dan hubungan antara fenomena yang diteliti (Syama, *et al.*, 2017). Penelitian ini mengenai parameter kualitas air, kandungan timbal dan kadmium dalam air, sedimen dan biota kerang darah (*A. granosa*) dari perairan yang berlokasi di Desa Tambak Cemandi dan Banjar Kemuning, Kabupaten Sidoarjo yang disajikan secara deskriptif.

## 3.3 Pengumpulan data

Pengumpulan data pada penelitian skripsi ini terdapat 2 data, yaitu data primer dan data sekunder.

### 3.3.1 Data primer

Data Primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari objek yang diteliti. Menurut Sugioyono (2013) yang menyatakan bahwa sumber primer adalah sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data. Data primer pada penelitian ini yaitu berupa hasil uji logam berat pada air, sedimen, dan biota kerang darah; parameter perairan; dan hasil wawancara.

#### a. Penentuan Stasiun Pengambilan Sampel

Penetapan stasiun pengujian sampel air, sedimen dan kerang dilakukan terlebih dahulu guna mengetahui kondisi geografis dan aktivitas di sekitar lingkungan penelitian (Meirikayanti, *et al.*, 2018). Berdasarkan hasil survei kondisi geografis dan kegiatan di sekitar lingkungan penelitian, dapat dilakukan pengambilan sampel lokasi di dua stasiun sebagai berikut:

Stasiun1 = Wilayah perairan yang berlokasi di desa Tambak cemandi.

Stasiun2 = Wilayah perairan yang berlokasi di desa Banjar Kemuning.



## b. Pengambilan Sampel Air, Sedimen dan Kerang Darah

Teknik pengambilan sampel di lapangan dilakukan dengan metode *Simple Random Sampling*. Teknik sampling menggunakan metode *simple random sampling* adalah sampling acak sederhana. *Simple random sampling* yaitu teknik penentuan lokasi dan sampel secara acak dengan menentukan jumlah sampel yang akan diteliti, memberikan nomor urut pada semua satuan sampel yang diambil serta dapat mewakili wilayah penelitian dalam pengambilan sampel secara keseluruhan. Simple random sampling merupakan metode pemilihan sampel dari populasi acak sederhana sehingga setiap anggota populasi memiliki kesempatan yang sama untuk diikutsertakan dalam sampel. Semua anggota populasi menjadi anggota kerangka sampling. Ketika populasinya homogen, sampel acak sederhana biasanya digunakan. Metode pengambilan sampel dapat dilakukan secara acak, yaitu memilih secara acak sampel individu dan lokasi yang akan digunakan untuk mewakili populasi dan wilayah secara keseluruhan (Harahap, *et al.*, 2018).

### 1. Pengambilan sampel air

- Disterilisasi botol kaca sampel menggunakan air aquadest
- Dikeringkan botol kaca sampel
- Dichelupkan botol kaca sampel sebanyak 3 kali pada tempat pengambilan sampel
- Diambil air sampel menggunakan botol kaca
- Diberi label pada botol kaca sampel
- Dimasukkan sampel pada coolbox
- Selesai

### 2. Pengambilan sampel sedimen

- Diambil sampel sedimen menggunakan spoon stainless steel
- Dimasukkan ke dalam kantong plastik PE
- Diberi label pada sampel kantong plastik PE
- Dimasukkan ke dalam coolbox

- Selesai

### 3. Pengambilan sampel kerang darah

- Diambil kerang darah menggunakan alat tangkap garuk
- Dimasukkan ke dalam kantong plastik PE
- Diberi label pada sampel kantong plastic PE
- Dimasukkan ke dalam coolbox
- Selesai

### c. Metode Pengujian Logam Berat

Pengujian logam berat menggunakan Hukum Penyerapan Cahaya atau Lambert-Beer yang diterapkan pada spektrometer serapan sinar ultraviolet, tampak dan merah, juga diterapkan di AAS Lambert - Hukum Beer digunakan untuk menguji logam berat Timbal dan Kadmium dalam sampel air, sedimen, dan cangkang dengan *Atomic Absorbtion Spectrophotometer* (AAS). Hukum Lambert menyatakan bahwa ketika sumber cahaya monokromatik merambat melalui media transparan, intensitas cahaya yang ditransmisikan berkurang dengan meningkatnya ketebalan media penyerap. Hukum Beer menyatakan bahwa intensitas cahaya yang ditransmisikan berkurang secara eksponensial dengan kandungan spesies penyerap cahaya meningkat.

Analisis kadar logam berat seperti Pb dan Cd dapat dilakukan dengan Metode *Atomic Absorbtion Spectrophotometer* (AAS). Metode spektrometri serapan atom dipilih karena sangat sensitif, sederhana, murah, mudah dan cepat, serta membutuhkan sampel yang sedikit. Analisis AAS lebih sensitif, spesifik untuk unsur yang ditunjukkan, dan dapat digunakan untuk menentukan jumlah unsur yang sangat kecil tanpa pemisahan sebelumnya (Lolo, *et al.*, 2020). Pemeriksaan logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam air, sedimen, dan daging kerang darah dilaksanakan di Balai Penelitian Dan Konsultasi Industri Surabaya.

### 1.3.2. Data sekunder

Data sekunder menurut Sugiyono (2013) adalah sumber data yang tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data, misalnya lewat orang lain atau lewat dokumentasi. Data jenis ini diperoleh penulis dari dokumen-dokumen usaha dan buku-buku literature yang memberikan informasi tentang masalah yang menyangkut dengan penelitian (Nurjanah, 2021). Data sekunder pada penelitian ini bertujuan untuk menunjang kelengkapan teori dan primer.

## 3.4 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, sebagai berikut :

### 3.4.1 Alat

- a. Alat-alat yang digunakan dalam pengambilan sampel air, sebagai berikut, dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Alat pengambil sampel air

Nama Alat	Fungsi
Botol kaca	Sebagai tempat sampel
Coolbox	Sebagai tempat penyimpanan sampel
Beker glass	Sebagai tempat larutan
Termometer	Sebagai pengukur suhu
Refraktometer	Sebagai pengukur salinitas
pH meter	Sebagai pengukur pH
Alat AAS	Sebagai pengukur kandungan logam berat

- b. Alat-alat yang digunakan dalam pengambilan sampel sedimen, sebagai berikut, dapat dilihat pada Tabel 3.2.

*Tabel 3. 2 Alat pengambil sampel sedimen*

Nama Alat	Fungsi
Spoon stainless steel	Sebagai alat pengambil sampel
Plastik PE	Sebagai tempat sampel
Coolbox	Sebagai tempat penyimpanan sampel
Beker glass	Sebagai tempat larutan
Neraca analitik	Sebagai menimbang berat sampel
Oven	Untuk memanaskan dan mengeringkan sampel

- c. Alat-alat yang digunakan dalam pengambilan sampel biota kerang darah, sebagai berikut, dapat dilihat pada Tabel 3.3.

*Tabel 3. 3 Alat pengambil sampel biota*

Nama Alat	Fungsi
Tangkap garuk	Sebagai alat pengambil sampel
Plastik PE	Sebagai tempat sampel
Coolbox	Sebagai tempat penyimpanan sampel
Oven	Untuk memanaskan dan mengeringkan sampel
Labu takar	Sebagai pembuat larutan
Pisau	Sebagai alat pemotong
Neraca analitik	Sebagai menimbang berat sampel

### 3.4.2 Bahan

- a. Bahan-bahan yang digunakan dalam pengambilan sampel air, sebagai berikut, dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Bahan pengambil sampel air

Nama Bahan	Fungsi
Sampel air	Sebagai bahan uji coba
Kertas saring 0,45 m	Sebagai pemisah antara cairan dengan partikel suspensi.
HNO <sub>3</sub>	Sebagai media pelarut
<i>Ammonium Pro lidin</i> <i>Ditiokarbonat (APDC)</i>	Sebagai zat pembawa ke dalam pelarut
Pelarut Organik Metal Isobutyl Keton (MIBK)	Sebagai pelarut organik larutan
Air suling ganda-bebas ion	Sebagai pelarut bahan kimia
Larutan Standar Pb/Cd konsentrasi 1000 mg/l	Sebagai pembuatan kurva kalibrasi

- b. Bahan-bahan yang digunakan dalam pengambilan sampel sedimen, sebagai beriku, dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Bahan pengambil sampel sedimen

Nama Bahan	Fungsi
Sampel sedimen	Sebagai bahan uji coba
Aqua regia	Sebagai pelarut logam murni
Aquades	Sebagai bahan pelarut

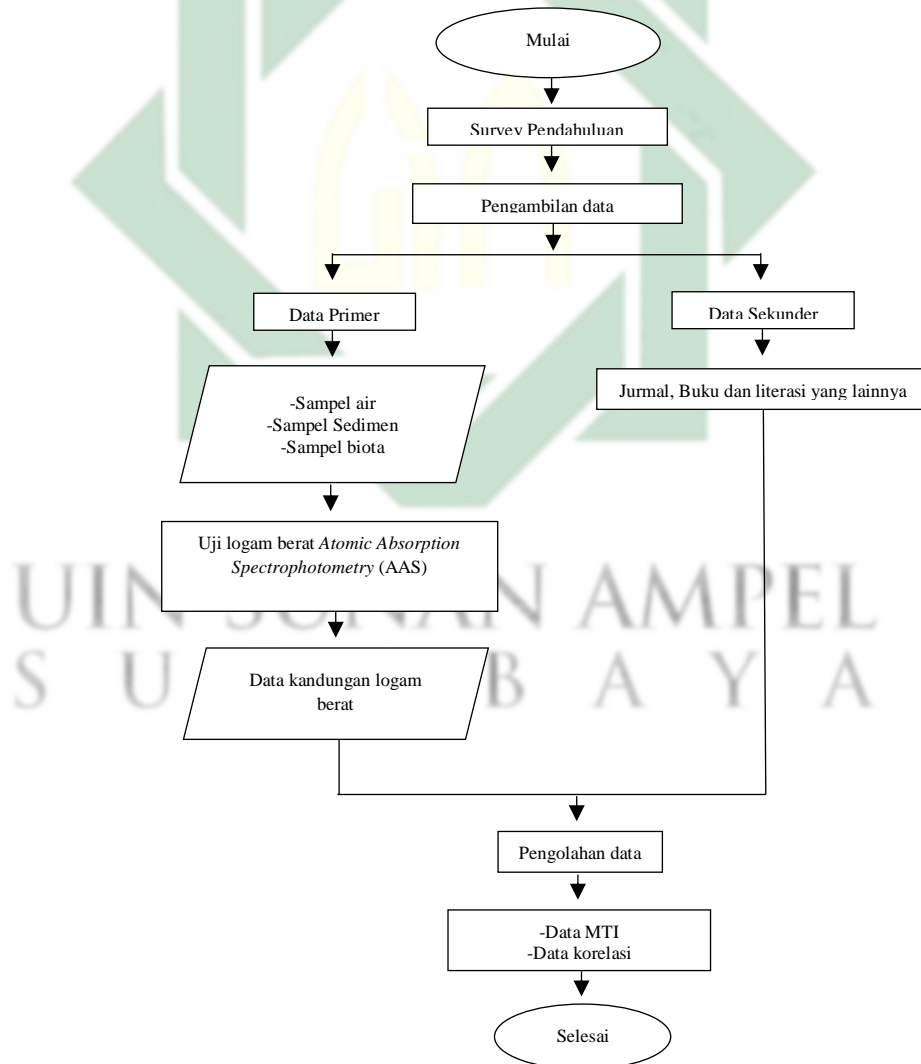
- c. Bahan-bahan yang digunakan dalam pengambilan sampel biota kerang darah, sebagai berikut, dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Bahan pengambil sampel sedimen

Nama alat	Fungsi
Sampel Biota	Sebagai bahan uji coba
Larutan HCN 3 N & 6N	Sebagai pelarut dalam pemurnian logam

### 3.5 Tahapan Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini, dapat dilihat pada gambar 3.2. :



Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian

### 3.6 Parameter Penelitian

Parameter yang diukur meliputi parameter utama dan parameter pendukung. Parameter utama yang diamati adalah kandungan timbal dan kadmium dalam air, sedimen dan kerang darah (*A. granosa*) di perairan Sedati yang terletak di Tambak Cemandi dan Banjar Kemuning, Kabupaten Sidoarjo. Parameter pendukung meliputi penentuan batas aman konsumsi, serta kualitas air, yaitu suhu, salinitas, pH. Kualitas air diukur dengan termometer, refraktometer dan pH meter.

### 3.7 Analisis Data

Pada penelitian ini terdapat berbagai analisis data, sebagai berikut:

#### 3.7.1 Kandungan logam berat Pb dan Cd

Untuk memperoleh data hasil kandungan logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada air, sedimen, dan biota kerang di tambak kerang Kecamatan Sedati dilakukan analisis terhadap sampel dengan menggunakan alat AAS (*Atomatic Absorption Spectrophotometry*) pada uji laboratorium

Nilai baku mutu yang digunakan didasarkan pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran Air, Standar Baku Mutu Logam Berat pada Sedimen Menurut *Swedish Environmental Protection Agency* (SEPA, 2000), dan nilai Standar Nasional Indonesia (SNI 7387:2009) tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan.

#### a. Baku mutu air

Baku mutu air logam berat pada penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3. 7 Baku mutu air

Logam Berat	Standar Baku Mutu
Pb	0,03 mg/L



Cd	0,01 mg/L
----	-----------

b. Baku mutu Sedimen

Baku mutu Sedimen logam berat pada penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3. 8 Baku mutu sedimen

Logam Berat	Standar Baku Mutu
Pb	25 mg/kg
Cd	0,2 mg/kg

c. Baku mutu biota kerang darah

Baku mutu biota logam berat pada penelitian ini dapat, dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3. 9 Baku mutu biota kerang darah

Logam Berat	Standar Baku Mutu
Pb	1,5 mg/kg
Cd	1 mg/kg

3.7.2 *Maximum Tolerable Intake* (MTI) biota kerang darah

Penentuan batas aman mengkonsumsi cangkang darah dilakukan dengan perhitungan *Maximum Tolerable Intake* (MTI). Perhitungan ini dilakukan guna mengetahui daya tahan tubuh dari logam berat di makananan yang bisa dimakan dengan rentan waktu seminggu. Rumus yang dipakai dalam menentukan MTI berkaitan dengan (Zulfahm, *et al.*, 2020), Sebagi Berikut:

$$MTI \text{ (kg/Minggu)} = \frac{MWI \text{ (mg/minggu)}}{Ct \text{ (mg/kg)}}$$

Keterangan:

- MTI adalah batas toleransi maksimum tingkat konsumsi (kg/minggu)
- *Maximum Weekly Intake* (MWI) adalah batas maksimum tingkat konsumsi per minggu (mg/minggu)
- Ct adalah kandungan logam dalam daging ikan (mg/kg)

Nilai MWI ditentukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{MWI (mg/minggu)} = \text{BW (kg)} \times \text{PTWI (mg/kg)}$$

Keterangan:

- MWI adalah batas maksimum tingkat konsumsi per minggu (mg/minggu)
- *Provisional Tolerable Weekly Intake* (PTWI) adalah nilai toleransi batas maksimum (mg/kg), Diterbitkan oleh Joint FAO/WHO *Expert Committee on Food Additives* (JECFA) (2004) dan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7387:2009 (2009) tentang Kadar Maksimum Pencemaran Logam Berat pada makanan. JECFA (Joint FAO/WHO *Expert Committee on Food Additive*) tahun 2004 dan (SNI) Standar Nasional Indonesia 7387:2009, menetapkan angka toleransi konsumsi per minggu untuk bahan pangan yang mengandung logam berat yaitu Pb 25 µg/kg, dan Cd 7 µg/kg
- Ct adalah kandungan logam dalam daging ikan (mg/kg)
- BW adalah rata-rata berat badan orang dewasa dan anak-anak (kg) Indonesia menurut Kementerian Kesehatan RI (2010) adalah 50 kg untuk dewasa dan 15 kg untuk anak-anak.

### 3.7.3 Hubungan parameter perairan dengan kandungan Pb dan Cd

Dilakukan analisis hubungan kandungan logam berat Pb dan Cd antara air dan sedimen dengan biota kerang darah menggunakan

analisis korelasi pearson. Analisis korelasi adalah metode statistik untuk menentukan suatu besaran yang menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara suatu variabel dengan variabel lainnya. Semakin tinggi nilai korelasinya, maka semakin erat hubungan antara kedua variabel tersebut. Bila angka korelasi mendekati satu, maka korelasi antara kedua variabel semakin kuat. Sebaliknya, ketika koefisien korelasi mendekati nol, korelasi antara kedua variabel menurun (Wndarto, 2020).

Korelasi *Pearson Product Moment*, merupakan pengukuran parametrik, akan menghasilkan Koefisien korelasi yang berfungsi untuk mengukur kekuatan hubungan linier antara dua variabel. Jika hubungan dua variabel tidak linier, maka Koefisien korelasi Pearson tersebut tidak mencerminkan kekuatan hubungan dua variabel yang sedang diteliti, meski kedua variabel mempunyai hubungan kuat (Yanti & Akhri, 2021). Koefisien Korelasi Pearson yang pertama kali ditemukan oleh Karl Pearson ini, digunakan untuk menentukan hubungan linier antara dua variabel X dan Y secara data kontinue. Koefisien Korelasi Pearson merupakan korelasi parametrik, maka disyaratkan variabel X dan Y berdistribusi normal (Pratama, *et al.*, 2017).

Uji normalitas data dimaksudkan untuk memperlihatkan bahwa data sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Uji normalitas ini menggunakan metode Kolmogorov Smirnov, dapat dilihat pada lampiran. Dasar pengambilan keputusan dalam uji normalitas ini yaitu jika signifikan yang diperoleh  $> 0,05$  maka data sampel dari populasi tersebut berdistribusi normal, sebaliknya jika signifikan yang diperoleh  $< 0,05$  maka data sampel dari populasi tersebut tidak berdistribusi normal (Setiawan & Yosepha, 2020).

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Kandungan Logam Berat Pb dan Cd

Kerang darah di perairan berinteraksi dengan faktor fisika dan kimia secara intens yang diakibatkan oleh pasang surut, sehingga tidak memungkinkan kerang darah bebas dari pencemaran logam berat. Sebagai organisme yang hidup relatif menetap dan jenis biota penyaring makanan, sehingga hadirnya pencemar ke perairan akan diserap dari lingkungannya. Oleh karena itu hewan ini sudah dilaporkan menjadi hewan biodiindikator pencemaran (Purnama, *et al.*, 2018). Pada penelitian ini, kandungan logam berat yang akan diamati yaitu terdiri dari Pb dan Cd pada stasiun tambak Cemandi dan Banjar kemuning. Adapun jenis sampel yang diamati yaitu air, sedimen, dan kerang darah (*A. granosa*).

##### a. Kandungan Logam Berat Pb dan Cd dalam perairan

Hasil pengamatan kandungan logam berat Pb dan Cd pada air di stasiun tambak kerang cemandi dan Banjar kemuning, diperoleh nilai rata-rata kandungan logam berat Pb di stasiun tambak cemandi sebesar 2,5 ppm sedangkan nilai rata-rata kandungan pada stasiun banjar kemuning lebih rendah sebesar 1,96 ppm, dan kandungan logam berat Cd diperoleh nilai rata-rata di stasiun tambak cemandi sebesar 1,14 ppm sedangkan nilai rata-rata kandungan pada stasiun banjar kemuning lebih rendah sebesar 0,75 ppm. Adapun hasil kandungan logam berat Pb dan Cd pada stasiun tambak kerang cemandi dan Banjar kemuning, dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil kandungan logam berat Pb dan Cd pada air

No	Stasiun	Logam berat	Pengulangan			Rata-rata ( $\pm$ SD)
			1	2	3	
1	Tambak cemandi	Pb (ppm)	2,85	2,11	2,56	2,5 $\pm$ 0,372
	Banjar kemuning		1,98	2,05	1,86	1,96 $\pm$ 0,096

2	Tambak cemandi	Cd (ppm)	1,1	1,2	1,14	1,14±0,050
	Banjar kemuning		0,74	0,82	0,71	0,75±0,056

Kandungan timbal di stasiun tambak Cemandi tertinggi diperoleh pada pengulangan ke 1 dengan nilai kandungan 2,85 ppm. Pada pengulangan ke 2 diperoleh nilai kandungan timbal sebesar 2,11 ppm, pada pengulangan ke 3 diperoleh kandungan timbal lebih tinggi dengan nilai kandungan sebesar 2,56 ppm. kandungan timbal di stasiun Banjar Kemuning kandungan timbal tertinggi diperoleh pada pengulangan ke 2 dengan nilai kandungan 2,05 ppm. Pada titik sampling 1 diperoleh kandungan timbal sebesar 1,98 ppm, pada titik sampling 3 diperoleh kandungan terendah dengan nilai kandungan sebesar 1,86 ppm.

Pada penelitian ini terdapat dua stasiun pengamatan yaitu stasiun tambak Cemandi dan stasiun tambak Banjar Kemuning. Berdasarkan hasil pengamatan pada kedua stasiun, terdapat cabang aliran sungai yang berbeda yang pada bantarannya pada stasiun tambak Cemandi terdapat berbagai jenis industri seperti industri tekstil, industri logam, industri keramik, dan industri pupuk. Berbeda halnya Pada stasiun tambak Banjar Kemuning dilalui oleh aliran sungai yang bantarannya terdapat bandara yang berpotensi menyebabkan logam berat, perbedaan dari ke dua stasiun yaitu pada stasiun tambak cemandi terdapat banyak industri pada bantaran sungai, sedangkan stasiun Banjar Kemuning tidak terdapat industri pada bantaran sungainya.

Berdasarkan hasil penelitian kandungan logam berat timbal pada perairan di kedua stasiun pengamatan diperoleh hasil melebihi ambang batas yang telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran air, baku mutu logam berat timbal pada perairan yaitu 0,03 ppm. Hasil pengamatan kandungan timbal dalam perairan di dua stasiun, diperoleh nilai rata-rata kandungan stasiun tambak Cemandi yaitu sebesar 2,5 ppm sedangkan nilai rata-rata kandungan stasiun tambak Banjar Kemuning sebesar 1,96 ppm.

Pada kedua stasiun yaitu stasiun tambak cemandi dan stasiun Banjar kemuning, memiliki rata-rata kandungan logam berat timbal yang melebihi ambang batas yang telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran air. Kandungan logam berat melebihi ambang batas, hal ini dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekitar pada stasiun tambak Cemandi yang pada aliran sungainya terdapat industri, seperti industri kertas dan pulp yang berpotensi menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat timbal (Pb) (Novita, *et al.*, 2012) . Logam timbal pada stasiun tambak cemandi, selain dipengaruhi oleh industri, tingginya logam berat timbal juga dipengaruhi oleh limbah domestik dan aktivitas nelayan yang dapat memacu meningkatnya pencemaran logam berat timbal pada perairan (Malik, *et al.*, 2021).

Pada stasiun tambak Banjar Kemuning, penyebab tingginya logam berat timbal juga disebabkan oleh limbah domestik (rumah tangga) dan industri. Logam berat timbal pada stasiun tambak Banjar Kemuning dan tambak Cemandi, selain dipengaruhi oleh limbah domestik dan industri, juga dipengaruhi oleh aktivitas nelayan. Hal ini sesuai dengan pernyataan menurut Palar (2004), yang mengatakan aktivitas manusia, merupakan cara yang mempercepat peningkatan konsentrasi logam didalam air. Diduga pemasukan timbal (Pb) berasal dari aktivitas sehari-hari masyarakat, pengelupasan cat pipa serta sisa pembakaran bahan dari perahu mesin yang digunakan sebagai alat transportasi dan pengangkutan (Siringoringo, *et al.*, 2022). Hal yang sama dilakukan pada penelitian yang dilakukan Wulansari dan Kuntjoro (2018) pada daerah kenjeran surabaya kadar Pb air di pantai kenjeran sebesar 0,175 ppm, sehingga kadar tersebut melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Hal tersebut dikarenakan lokasi Pantai Kenjeran Surabaya merupakan muara dari cabang-cabang aliran sungai besar yang ada di Surabaya, serta di Pantai Kenjeran juga terdapat berbagai macam aktivitas didalamnya dan dekat dengan pemukiman yang mana air buangan limbah domestik dan limbah perumahan sekitar mengalir pada pantai tersebut sehingga dapat menyebabkan terjadinya pencemaran.



Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat dapat di bagi menjadi dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun, contoh logam berat ini adalah Fe keberadaan besi dalam air laut juga dapat bersumber dari pengkaratan kapal-kapal laut dan tiang-tiang pancang pelabuhan yang mudah berkarat. Sedangkan logam jenis kedua adalah logam berat non esensial atau beracun, di mana keberadaannya dalam tubuh belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun seperti Pb secara alamiah timbal dapat masuk kedalam badan perairan melalui pengkristalan timbal di udara dengan bantuan air hujan (Fiskanita, *et al.*, 2015). Timbal secara alami terbentuk di alam, akan tetapi aktivitas manusia juga menyumbang kadar timbal di lingkungan. Akibat penggunaan timbal pada bahan bakar, siklus timbal buatan telah terbentuk. Pada mesin kendaraan timbal dibakar yang kemudian terbentuk garam timbal, garam timbal ini kemudian masuk ke dalam lingkungan melalui asap kendaraan. Partikel yang berukuran besar akan jatuh ke tanah, mengalir ke dalam air dan mencemarinya.

Kandungan kadmium di stasiun tambak Cemandi tertinggi diperoleh pada pengulangan ke 2 dengan nilai kandungan 1,2 ppm. Pada pengulangan ke 1 diperoleh nilai kandungan kadmium sebesar 1,1 ppm, pada pengulangan ke 3 diperoleh kandungan kadmium lebih tinggi dengan nilai kandungan sebesar 1,14 ppm. kandungan kadmium di stasiun banjar kemuning kandungan timbal tertinggi diperoleh pada pengulangan ke 2 dengan nilai kandungan 0,82 ppm. Pada titik sampling 1 diperoleh kandungan kadmium sebesar 0,74 ppm, pada titik sampling 3 diperoleh kandungan terendah dengan nilai kandungan sebesar 0,71 ppm.

Berdasarkan hasil penelitian kandungan logam berat kadmium pada perairan di kedua stasiun pengamatan diperoleh hasil melebihi ambang batas yang telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran air, baku mutu logam berat timbal pada perairan yaitu 0,01 ppm. Hasil pengamatan kandungan timbal dalam perairan di dua stasiun, diperoleh nilai rata-rata

kandungan stasiun tambak Cemandi yaitu sebesar 1,14 ppm sedangkan nilai rata-rata kandungan stasiun tambak Banjar Kemuning sebesar 0,75 ppm.

Pada kedua stasiun yaitu stasiun tambak cemandi dan stasiun Banjar kemuning, memiliki rata-rata kandungan logam berat kadmium yang melebihi ambang batas yang telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran air. Kandungan logam berat melebihi ambang batas, hal ini dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekitar pada stasiun tambak Cemandi yang pada aliran sungainya terdapat industri, seperti industri plastik yang berpotensi mempengaruhi tingginya pencemaran logam berat cadmium pada perairan tersebut (Indirawati, 2017). Logam kadmium pada stasiun tambak cemandi, selain dipengaruhi oleh industri, tingginya logam berat kadmium juga dipengaruhi oleh limbah domestik dan aktivitas nelayan, seperti tumpahan solar dan limbah domestik yang dapat mencemari wilayah tersebut (Anggreani & Rachmadiarti, 2021).

Pada stasiun tambak Banjar Kemuning, penyebab tingginya logam berat kadmium juga disebabkan oleh limbah domestik (rumah tangga) dan industri. Logam berat kadmium pada stasiun tambak Banjar Kemuning, selain dipengaruhi oleh limbah domestik dan industri, juga dipengaruhi oleh aktivitas nelayan. Logam berat kadmium pada stasiun Banjar kemuning ini juga dapat berasal dari aktivitas bandara Djuanda, yang dapat mempengaruhi tingginya logam-logam berat tersebut akibat perairan yang tercemar oleh limbah industri seperti limbah pencelupan, tercemar limbah perbengkelan dan limbah Bandara. Tingginya Nilai logam berat tersebut dapat bersifat toksik terhadap kehidupan di dalam ekosistem itu sendiri dan apabila mengkontaminasi manusia yang bisa masuk lewat mulut, pernafasan maupun kulit juga sangat bersifat toksik terhadap tubuh, Yang bisa menyebabkan kecacatan dan yang lebih fatal menyebabkan kematian (Suriani, 2012). Pada penelitian yang dilakukan Rohmawati & Kuntjoro (2021) pada daerah Kecamatan Krian kadar Cd di Sungai Buntung sebesar 0,002 ppm, sehingga kadar tersebut masih berada dibawah baku mutu yang sudah di tetapkan. Pada bagian hulu sungai Buntung Sidoarjo dikelilingi daerah persawahan, daerah pemukiman dan daerah industri

di sepanjang jalan Baypass, Kecamatan Krian. Pada bagian hilir yaitu di Desa Sepanjang sampai ke muara di Desa Tambak Oso Kecamatan Waru juga dikelilingi pemukiman yang padat dan daerah industri serta terdapat sebagian wilayah tambak di sekitarnya. Selain itu juga daerah tersebut banyak dimanfaatkan untuk keperluan komersial utamanya yang dekat dengan jalan raya dan perumahan.

Hasil pengukuran parameter perairan stasiun tambak cemandi dan banjar kemuning, diperoleh nilai suhu stasiun tambak cemandi sebesar 33,3° C sedangkan nilai suhu pada stasiun banjar kemuning lebih rendah sebesar 32,2° C. Salinitas pada stasiun tambak cemandi sebesar 21 Ppt sedangkan nilai suhu pada stasiun banjar kemuning lebih tinggi sebesar 23 Ppt. Ph pada stasiun tambak cemandi sebesar 7,9 sedangkan nilai Ph pada stasiun banjar kemuning lebih tinggi sebesar 8. Adapun hasil pengamatan perairan pada stasiun tambak kerang cemandi dan Banjar kemuning, dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil parameter perairan

Stasiun	Parameter	Pengulangan		
		1	2	3
Tambak Cemandi	Suhu	33,3	33,2	33,3
	salinitas	21	22	21
	pH	7,9	8	8
Banjar kemuning	Suhu	32,2	32,3	32,2
	salinitas	23	22	23
	pH	8,1	8	8

Suhu merupakan salah satu parameter fisika yang sangat penting yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi badan air secara umum dan sangat penting bagi kehidupan biota yang ada disekitar kawasan perairan (Robi, *et al.*, 2021). Hasil pengukuran suhu di stasiun tambak cemandi sebesar 33,3° C sedangkan nilai suhu pada stasiun banjar kemuning lebih rendah sebesar 32,2° C. Berdasarkan peraturan pemerintah republik indonesia nomor 22 tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, baku mutu suhu pada perairan  $\pm 30^{\circ}$  C.

Hasil pengukuran salinitas di stasiun tambak cemandi sebesar 21 Ppt sedangkan nilai suhu pada stasiun banjar kemuning lebih rendah sebesar 23 Ppt. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Baku Mutu Air Laut dan Biota Laut, baku mutu salinitas pada perairan 33-34 Ppt. Sebaran salinitas dipengaruhi berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan, aliran sungai (Isma, 2017). Menurut Isma (2017), Perubahan salinitas juga dipengaruhi pasang surut dan musim, kearah darat salinitas muara cenderung lebih rendah, tetapi selama musim kemarau pada saat aliran air sungai berkurang, air laut dapat masuk ke arah darat lebih jauh sehingga salinitas muara meningkat.

Hasil pengukuran pH di stasiun tambak cemandi sebesar 7,9 sedangkan nilai pH pada stasiun banjar kemuning lebih besar sebesar 8. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Baku Mutu Air Laut dan Biota Laut, baku mutu pH 7-8.5. Nilai pH mempengaruhi besar daya larut logam, jika nilai pH basa maka logam berat akan larut dalam perairan dan organisme akan lebih mudah mengabsorpsi logam berat didalam tubuhnya, sedangkan pH rendah (asam) maka logam berat sukar larut dalam perairan dan akhirnya mengendap dalam sedimen (Rochyatun dan Rozak, 2007).

#### **b. Kandungan Logam Berat Pb dan Cd dalam Sedimen**

Hasil pengamatan kandungan logam berat Pb dan Cd pada sedimen di stasiun tambak kerang cemandi dan Banjar kemuning, diperoleh nilai rata-rata kandungan logam berat Pb di stasiun tambak cemandi sebesar 14,44 mg/Kg, sedangkan nilai rata-rata kandungan pada stasiun banjar kemuning lebih rendah sebesar 11,81 mg/kg. Kandungan logam berat Cd diperoleh nilai rata-rata di stasiun tambak cemandi sebesar 2,9 mg/kg sedangkan nilai rata-rata kandungan pada stasiun banjar kemuning lebih rendah sebesar 2 mg/kg. Adapun hasil kandungan logam berat Pb dan Cd pada stasiun tambak kerang cemandi dan Banjar kemuning, dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil kandungan Pb dan Cd pada sedimen

No	Stasiun	Logam berat	Pengulangan			Rata-rata ( $\pm$ SD)
			1	2	3	
1	Tambak cemandi	Pb (ppm)	16.05	12.91	14.36	14,44 $\pm$ 1,571
	Banjar kemuning		11.9	12.56	10.98	11,81 $\pm$ 0,793
2	Tambak cemandi	Cd (ppm)	3.01	3.18	2.52	2,9 $\pm$ 0,324
	Banjar kemuning		2.48	3.02	2.02	2,5 $\pm$ 0,5

Kandungan timbal di stasiun tambak Cemandi tertinggi diperoleh pada pengulangan ke 1 diperoleh kandungan timbal tertinggi dengan nilai kandungan sebesar 16,05 mg/kg, Pada pengulangan ke 2 diperoleh nilai kandungan timbal sebesar 12,91 mg/kg, pada pengulangan ke 3 diperoleh nilai kandungan timbal sebesar 14,36 mg/kg. kandungan timbal di stasiun banjar kemuning kandungan timbal tertinggi diperoleh pada pengulangan ke 2 dengan nilai kandungan 12,56 mg/kg. Pada titik sampling 1 diperoleh kandungan timbal sebesar 11,90 mg/kg, pada titik sampling 3 diperoleh kandungan terendah dengan nilai kandungan sebesar 10,98 mg/kg.

Berdasarkan hasil penelitian kandungan logam berat timbal pada sedimen di kedua stasiun, diperoleh hasil belum melebihi ambang batas Menurut *Swedish Environmental Protection Agency* (SEPA, 2000), baku mutu logam berat timbal pada sedimen yaitu 25 mg/Kg. Hasil pengamatan kandungan timbal dalam sedimen di dua stasiun, diperoleh nilai rata-rata kandungan stasiun tambak Cemandi yaitu sebesar 14,44 mg/Kg, sedangkan nilai rata-rata kandungan stasiun tambak Banjar Kemuning sebesar 11,81 mg/Kg. Pada penelitian yang dilakukan Syaifullah *et al.* (2018) pada pulau madura kadar pb sedimen di Sampang sebesar 3,4253 mg/Kg, sehingga kadar tersebut belum melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan. Hal tersebut dikarenakan lokasi Sampang terdapat dermaga kapal nelayan, dok kapal nelayan, perumahan, pasar dll, diduga sebagai penyebab pencemaran Pb (timbal).

Kandungan kadmium di stasiun tambak Cemandi tertinggi diperoleh pada pengulangan ke 1 diperoleh kandungan Kadmium dengan nilai kandungan sebesar 3,01 mg/kg, Pada pengulangan ke 2 diperoleh kandungan tertinggi dengan nilai kandungan sebesar mg/kg, pada pengulangan ke 3 diperoleh kandungan kadmium dengan nilai kandungan sebesar 2,52 mg/kg. kandungan kadmium di stasiun banjar kemuning kandungan timbal tertinggi diperoleh pada pengulangan ke 2 dengan nilai kandungan 3,02 mg/kg, Pada titik sampling 1 diperoleh kandungan kadmium sebesar 2,48 mg/kg, pada titik sampling 3 diperoleh kandungan kadmium terendah dengan nilai kandungan sebesar 2,02 mg/kg.

Berdasarkan hasil penelitian kandungan logam berat kadmium pada sedimen di kedua stasiun, diperoleh hasil melebihi ambang batas Menurut *Swedish Environmental Protection Agency* (SEPA, 2000), baku mutu logam berat kadmium pada sedimen yaitu 0,2 mg/kg. Hasil pengamatan kandungan kadmium dalam sedimen di dua stasiun, diperoleh nilai rata-rata kandungan stasiun tambak Cemandi yaitu sebesar 2,9 mg/kg, sedangkan nilai rata-rata kandungan stasiun tambak Banjar Kemuning sebesar 2,5 mg/kg. Pada penelitian yang dilakukan Syaifullah *et al.* (2018) pada pulau madura kadar Cd sedimen di Sampang sebesar 3,012 mg/Kg, sehingga kadar tersebut melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan. Di Sampang kandungan Cd lebih tinggi disebabkan karena adanya aktivitas pelabuhan nelayan, pembuatan dan perbaikan kapal nelayan yang diduga sebagai penyebab tigginya kandungan logam di perairan tersebut.

Konsentrasi logam berat dalam sedimen dapat ditelusuri hingga konsentrasi yang terdapat dalam organisme hidup, seperti fitoplankton, zooplankton, ikan bahkan hingga manusia, sehingga dampaknya dapat membahayakan kesehatan masyarakat. Logam *bioavailable* dalam sedimen dapat memengaruhi distribusi dan komposisi organisme benthik, dan dapat pula menyebabkan peningkatan konsentrasi polutan dalam organisme hidup. Logam berat dengan konsentrasi yang tinggi pada organisme hidup dapat menyebabkan terjadinya kelainan morfologis, gangguan neurofisiologis, perubahan genetik sel (mutasi), tetatogenesis dan karsinogenesis. Selain itu,



logam berat dapat memengaruhi enzimatik dan aktivitas hormonal, serta tingkat pertumbuhan dan peningkatan angka kematian. Logam berat yang terakumulasi dalam sedimen dapat berasal dari sumber alami maupun antropogenik. Sedimen dapat berperan sebagai agen pengambil (*scavenger agent*), sekaligus tempat penyerapan logam berat di lingkungan perairan. Dengan demikian, sedimen dapat digunakan sebagai salah satu indikator pencemaran logam berat (Lestari, 2017).

Akumulasi logam dalam sedimen baik yang berasal dari sumber alami maupun antropogenik terjadi dengan cara yang sama, antara lain melalui pelapukan batuan, erosi tanah atau pelarutan garam mineral yang larut dalam air, sehingga sulit untuk mengidentifikasi dan menentukan asal logam berat yang ada di sedimen. Selain itu, konsentrasi total logam seringkali tidak akurat mewakili karakteristik dan toksisitasnya. Asumsi mengenai penggunaan total konsentrasi logam sebagai kriteria untuk menilai efek potensial dari sedimen terkontaminasi yang menyiratkan bahwa semua bentuk logam tertentu, memiliki dampak yang sama terhadap lingkungan tidak dapat dipertahankan (Lestari, 2017).

Logam berat yang berada di dalam sedimen, seperti logam berat Pb dan Cd pada stasiun tambak Cemandi dan Banjar Kemuning dapat menjadi polutan jika kandungannya melebihi ambang batas yang ditentukan. Logam berat memasuki badan air dan diendapkan dalam sedimen melalui tiga tahap: presipitasi, adsorpsi, dan penyerapan oleh organisme akuatik. Logam berat di lingkungan perairan diserap menjadi partikel dan terakumulasi dalam sedimen. Logam berat memiliki sifat mengikat dengan partikel lain dan bahan organik, tenggelam ke dasar air dan mengikat dengan sedimen lainnya. Akibatnya, konsentrasi logam berat di sedimen biasanya lebih tinggi daripada di wilayah perairan (Warni, *et al.*, 2017).

Aliran sungai berpengaruh terhadap peningkatan jumlah partikel kolom air dan tingkat sedimentasi yang ada. Penyebab lain disebabkan oleh debu yang berjatuhannya diyakini mengandung Pb dari hasil pembakaran bahan bakar yang mengandung timbal, hasil erosi dari daratan dan juga limbah industri yang

terbuang ke sungai akan terangkut dan terbawa oleh aliran sungai ke muara. Timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena memiliki sifat-sifat antara lain: memiliki titik cair yang rendah, maka akan membutuhkan teknik sederhana dan murah jika digunakan dalam bentuk cair; timbal sifatnya yang lunak, memudahkan diubah dalam berbagai bentuk; timbal memiliki sifat kimia yang menyebabkan logam berat ini berfungsi sebagai lapisan pelindung, jika terjadi kontak dengan udara lembab; timbal dapat membentuk alloy dengan logam lain dan mempunyai sifat yang berbeda dengan timbal murni; timbal memiliki densitas yang tinggi jika dibandingkan dengan logam lain, kecuali jika dibandingkan dengan emas dan merkuri (Rustiah, *et al.*, 2019).

Keberadaan logam kadmium diperairan dapat bersumber dari pembakaran sampah kota, batu bara serta kayu, peleburan berbagai jenis biji tambang, pengendapan logam kadmium dari atmosfer, dan limbah domestik. Logam yang bersifat bioavailable akan terakumulasi pada biota yang bersifat toksik bagi tubuh hewan air tersebut, dan bahkan dapat mematikan individu yang sangat sensitive (Rustiah, *et al.*, 2019). Menurut Rustiah *et al.* (2019), logam di sedimen berada sebagai ion bebas yang berikatan dengan karbonat, sehingga logam bentuk ini sangat labil, yang akhirnya mudah lepas ke perairan, serta mudah diserap oleh organisme (*bioavailable*)

#### c. Kandungan Logam Berat Pb dan Cd dalam Kerang darah

Hasil pengamatan kandungan logam berat Pb dan Cd pada biota kerang darah di stasiun tambak kerang cemandi dan Banjar kemuning, diperoleh nilai rata-rata kandungan logam berat Pb di stasiun tambak cemandi sebesar 3,1 mg/Kg, sedangkan nilai rata-rata kandungan pada stasiun banjar kemuning lebih rendah sebesar 2,83 mg/Kg. Kandungan logam berat Cd diperoleh nilai rata-rata di stasiun tambak cemandi sebesar 1.01 mg/Kg sedangkan nilai rata-rata kandungan pada stasiun banjar kemuning lebih rendah sebesar 1,37 mg/Kg. Adapun hasil kandungan logam berat Pb dan Cd pada stasiun tambak kerang cemandi dan Banjar kemuning, dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil kandungan Pb dan Cd pada Biota kerang darah

No	Stasiun	Logam berat	Pengulangan			Rata-rata ( $\pm$ SD)
			1	2	3	
1	Tambak cemandi	Pb (ppm)	3,18	3,01	3,12	3,1 $\pm$ 0,086
	Banjar kemuning		2,61	3,02	2,88	2,83 $\pm$ 0,208
2	Tambak cemandi	Cd (ppm)	1,08	1,06	0,9	1,01 $\pm$ 0,098
	Banjar kemuning		1,05	1,62	1,46	1.37 $\pm$ 0,294

Kandungan timbal di stasiun tambak Cemandi tertinggi diperoleh pada pengulangan ke 1 dengan nilai kandungan 3,18 ppm. Pada pengulangan ke 2 diperoleh nilai kandungan timbal sebesar 3,01 mg/kg, pada pengulangan ke 3 diperoleh kandungan timbal lebih tinggi dengan nilai kandungan sebesar 3,12 mg/kg. kandungan timbal di stasiun banjar kemuning kandungan timbal tertinggi diperoleh pada pengulangan ke 2 dengan nilai kandungan 3,02 mg/kg. Pada pengulangan 3 diperoleh kandungan timbal sebesar 2,88 mg/kg, pada titik sampling 1 diperoleh kandungan terendah dengan nilai kandungan sebesar 2,61 mg/kg.

Berdasarkan hasil penelitian kandungan logam berat timbal pada biota kerang di kedua stasiun pengamatan diperoleh hasil melebihi ambang batas yang telah ditetapkan dalam nilai Standar Nasional Indonesia (SNI 7387:2009) tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan, baku mutu logam berat timbal pada biota kerang darah yaitu 1,5 mg/Kg. Hasil pengamatan kandungan logam berat Pb, diperoleh nilai rata-rata kandungan logam berat Pb di stasiun tambak cemandi sebesar 3,1 mg/Kg, sedangkan nilai rata-rata kandungan pada stasiun banjar kemuning lebih rendah sebesar 2,83 mg/Kg. Pada penelitian yang dilakukan Putri & Angraini (2022) pada Sungai Musi kadar Pb biota kerang darah di Perairan Muara Sungai musu sebesar 2,65 mg/kg, sehingga kadar tersebut telah melebihi baku mutu yang sudah di tetapkan. Sungai Musi memiliki peran penting dalam kehidupan masyarakat sekitar Provinsi Sumatera Selatan yaitu sebagai sumber air untuk kehidupan sehari-hari, pemukiman, penangkapan ikan, transportasi serta pelabuhan.

Sebelum bermuara ke Selat Bangka, aliran air Sungai Musi yang memanjang kurang lebih 750 km melewati bermacam fungsi lahan seperti pertanian, industri, pemukiman, lalu lintas atau jalur transportasi air atau kapal dan pelabuhan. Kondisi ini berpotensi menyebabkan terjadinya penurunan kualitas perairan dan dapat mengancam keanekaragaman hayati organisme yang hidup di sekitar perairan.

Kandungan kadmium di stasiun tambak Cemandi tertinggi diperoleh pada pengulangan ke 1 dengan nilai kandungan 1,08 mg/kg. Pada pengulangan ke 2 diperoleh nilai kandungan cadmium sebesar 1,06 mg/kg, pada pengulangan ke 3 diperoleh kandungan kadmium dengan nilai kandungan sebesar 0,9 mg/kg. Kandungan cadmium di stasiun banjar kemuning, kandungan kadmium tertinggi diperoleh pada pengulangan ke 2 dengan nilai kandungan 1,62 mg/kg. Pada pengulangan 3 diperoleh kandungan kadmium sebesar 1,46 mg/kg, pada pengulangan 1 diperoleh kandungan terendah dengan nilai kandungan sebesar 1,05 mg/kg.

Berdasarkan hasil penelitian kandungan logam berat kadmium pada biota kerang di kedua stasiun pengamatan diperoleh hasil melebihi ambang batas yang telah ditetapkan dalam nilai Standar Nasional Indonesia (SNI 7387:2009) tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan, baku mutu logam berat kadmium pada biota kerang darah yaitu 1 mg/kg. Hasil pengamatan kandungan logam berat Pb, diperoleh nilai rata-rata kandungan logam berat Cd, diperoleh nilai rata-rata di stasiun tambak cemandi sebesar 1.01 mg/kg sedangkan nilai rata-rata kandungan pada stasiun banjar kemuning lebih tinggi sebesar 1,37 mg/kg. Pada penelitian yang dilakukan Alyani *et al.* (2017) pada daerah Bangkalan kadar Cd di pantai Bangkalan sebesar 0,0355 mg/kg, sehingga kadar tersebut belum melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan. Di daerah Bangkalan, masyarakat lokal banyak memanen kerang darah di perairan, terutama saat pantai surut. Kerang darah yang diperoleh, pada umumnya dikonsumsi oleh masyarakat setempat dan juga diperdagangkan ke luar wilayah Bangkalan. Mengingat perairan Bangkalan berada di dekat Surabaya yang merupakan area industri, maka tidak menutup kemungkinan dalam tubuh kerang darah tersebut juga terkandung logam berat kadmium.

Logam berat timbal (Pb) pada umumnya merupakan polutan di ekosistem air maupun ekosistem darat. Jika logam berat timbal tertelan oleh manusia, maka sangat berbahaya apabila melebihi ambang batas maksimum, dapat menyebabkan berbagai macam penyakit. Akumulasi Pb di dalam tubuh manusia berakibat buruk untuk sistem peredaran darah, kardiovaskular, ginjal, endokrin, gastrointestinal, sistem kekebalan dan reproduksi. Logam Pb bersifat neurotoksik dan mampu menyebar keseluruh organ tubuh manusia dan mengakibatkan kerusakan. Toksisitas Pb disebabkan kemampuan substitusi diri sendiri dengan kation divalen sehingga mempengaruhi fungsi sel dan pembentukan radikal bebas. Logam berat Pb mampu meniru dan menghambat kalsium yang berperan dalam metabolisme tubuh (Putri, *et al.*, 2022).

Logam berat kadmium (Cd) sebagian besar merupakan polutan di ekosistem perairan dan darat. Jika logam berat kadmium masuk ke dalam tubuh manusia, sangat berbahaya, melebihi nilai maksimum dapat menyebabkan berbagai penyakit. Logam Cd yang terakumulasi dalam tubuh merusak fungsi ginjal, tulang dan menyebabkan penyakit kardiovaskular, diabetes tipe 2 dan kanker. Ginjal adalah organ manusia yang sangat sensitif terhadap toksisitas kadmium karena menyebabkan disfungsi tubulus dan kerusakan ginjal seiring waktu. Toksisitas logam Cd juga menyebabkan penyakit tulang akibat demineralisasi tulang. Akumulasi logam Cd dapat menyebabkan kanker seperti kanker ginjal, kanker prostat, kanker payudara dan kanker rahim karena bersifat karsinogenik. Karsinogenesis disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu represi ekspresi gen, penghambatan perbaikan kerusakan DNA dan apoptosis, induksi stres oksidatif, gangguan endokrin, proliferasi sel, dan pembentukan spesies oksigen reaktif. Karsinogenesis disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu represi ekspresi gen, penghambatan perbaikan kerusakan DNA dan apoptosis, induksi stres oksidatif, gangguan endokrin, proliferasi sel, dan pembentukan spesies oksigen reaktif (Putri, *et al.*, 2022).

#### 4.2 *Maximum Tolerable Intake (MTI)* kerang darah

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai MWI logam berat Pb yang dapat dikonsumsi anak-anak adalah sebesar 375  $\mu\text{g}$  atau 0,375 gram per minggu, sedangkan MWI logam berat Pb yang dapat dikonsumsi orang dewasa adalah

sebesar 1250 µg atau 1,25 gram per minggu. Nilai MWI logam berat Cd yang dapat dikonsumsi anak-anak adalah sebesar 105 µg atau 0,105 gram per minggu, sedangkan MWI logam berat Cd yang dapat dikonsumsi orang dewasa 50 Kg adalah sebesar 350 µg atau 0,35 gram per minggu, dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Hasil Maximum Weekly Intake Pb dan Cd pada Biota

No	Kategori	MWI	
		Pb	Cd
1	Anak-anak	0,375	0,105
2	Dewasa	1,25	0,35

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai MTI logam berat Pb yang dapat dikonsumsi anak-anak adalah sebesar 0,13 Kg per minggu, sedangkan MTI logam berat Pb yang dapat dikonsumsi orang dewasa adalah sebesar 0,42 Kg per minggu. Nilai MTI logam berat Cd yang dapat dikonsumsi anak-anak adalah sebesar 0,08 Kg per minggu, sedangkan MTI logam berat Cd yang dapat dikonsumsi orang dewasa adalah sebesar 0,29 Kg per minggu, dapat dilihat pada, dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil maximum tolerable intake Pb dan Cd pada biota

No	Kategori	MTI	
		Pb	Cd
1	Anak-anak	0,13	0,08
2	Dewasa	0,42	0,29

Nilai MTI tersebut digunakan sebagai acuan batas konsumsi mingguan kerang darah yang didapat dari lokasi stasiun perairan Tambak Cemandi dan Banjar Kemuning, apabila individu yang memiliki berat badan rata-rata 50 kg dan 15 kg mengkonsumsi kerang darah melebihi nilai MTI maka logam berat Pb dan Cd bisa bersifat toksik bagi manusia. Keracunan akut Pb dapat menyebabkan gangguan fungsi otak, pertumbuhan, disfungsi hati maupun ginjal dan gangguan reproduksi. Dosis yang menyebabkan lethal (kematian) manusia diperkirakan terjadi jika 500 mg atau 0,5 gram Pb terserap ke dalam tubuh. Logam berat Cd yang masuk dalam tubuh melebihi nilai MTI, maka



akan mengakibatkan disfungsi ginjal, gangguan sistem syaraf maupun reproduksi, resiko karsinogenik dan kanker prostat pada manusia.

Batasan maksimum konsumsi harian daging ikan ditentukan dengan memilih nilai terkecil, karena daging ikan yang terkontaminasi logam berat meskipun dengan konsentrasi sedikit namun jika dikonsumsi terus-menerus akan terakumulasi dalam tubuh manusia dan akan bersifat toksik. Akumulasi logam berat Pb dan Cd dalam tubuh manusia dapat berdampak pada kesehatan. Beberapa dampak yang ditimbulkan antara lain kerusakan pada paru, ginjal, hati, dan tulang, gejala neurologis, seperti gangguan penglihatan, ataksia, parestesia, neurastenia, kehilangan pendengaran, disentri, kemunduran mental, tremor, gangguan motorik, paralisis, dan kematian (Hadinoto & Setyadewi, 2020).

Ismarti (2016) menyatakan bahwa logam berat dapat menimbulkan efek gangguan kesehatan pada manusia, tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat pada tubuh serta besarnya dosis paparan. Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia maupun hewan.

#### 4.3 Hubungan antara air dan sedimen dengan biota kerang darah

Analisis data pada penelitian ini menggunakan analisis korelasi Pearson yang datanya diolah melalui *software* SPSS. Analisis data dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antara air dan sedimen dengan biota kerang darah di lokasi penelitian tambak kerang Tambak Cemandi dan Bannjar Kemuning, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo. Apabila nilai signifikansi dari hasil uji adalah lebih dari 0,05 ( $\text{sig} > 0,05$ ), maka tidak ada hubungan, dan apabila nilai signifikansi kurang dari 0,05 ( $\text{sig} < 0,05$ ), maka terdapat hubungan di antara variabel (Sanny & Dewi, 2020).

Hasil uji korelasi Pearson hubungan kadar timbal (Pb) air dengan kadar timbal (Pb) kerang darah di perairan tambak sedati, memiliki nilai korelasi Pearson  $r$  sebesar 0,737 yang menunjukkan nilai hubungan positif artinya pada

saat nilai kandungan logam berat pb air naik, maka nilai kandungan logam berat Pb pada kerang darah ikut mengalami kenaikan dan tergolong dalam kriteria korelasi sangat kuat (0,60-0,799). Nilai PValue (sig.) sebesar 0,095 lebih besar dari  $\alpha = 0,05$ , sehingga dapat dikatakan bahwa hubungan kadar timbal (Pb) air dengan kadar timbal (Pb) kerang darah tidak signifikan, dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Korelasi pearson antara air dengan kerang darah logam berat Pb

Correlation			
		Air	Biota Pb
Air	Pearson correlation	1	.737
	Sig. (2-tailed)		.095
	N	6	6
Biota Pb	Pearson correlation	.737	1
	Sig. (2-tailed)	.095	
	N	6	6

Hasil uji korelasi Pearson hubungan kadar timbal (Pb) sedimen dengan kadar timbal (Pb) kerang darah di perairan tambak sedati, memiliki nilai korelasi Pearson r sebesar 0,752 yang menunjukkan nilai hubungan positif artinya pada saat nilai kandungan logam berat pb air naik, maka nilai kandungan logam berat Pb pada kerang darah ikut mengalami kenaikan dan tergolong dalam kriteria korelasi sangat kuat (0,60-0,799). Nilai PValue (sig.) sebesar 0,085 lebih besar dari  $\alpha = 0,05$ , sehingga dapat dikatakan bahwa hubungan kadar timbal (Pb) sedimen dengan kadar timbal (Pb) kerang darah tidak signifikan, dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Korelasi pearson antara sedimen dengan kerang darah logam berat Pb

Correlation			
		Sedimen	Biota Pb
Sedimen	Pearson correlation	1	.752
	Sig. (2-tailed)		.085
	N	6	6
Biota Pb	Pearson correlation	.752	1
	Sig. (2-tailed)	.085	
	N	6	6

Hasil uji korelasi Pearson hubungan kadar kadmium (Cd) air dengan kadar kadmium (Cd) kerang darah di perairan tambak sedati, memiliki nilai

korelasi Pearson r sebesar -0,639 yang menunjukkan nilai hubungan negatif artinya pada saat nilai kandungan logam berat Cd pada air naik, maka nilai kandungan logam berat Cd pada kerang darah akan mengalami penurunan, sebaliknya pada saat nilai kandungan logam berat Cd pada air turun, maka nilai kandungan logam berat Cd pada kerang darah akan mengalami kenaikan dan tergolong dalam kriteria korelasi sangat kuat (0,60-0,799). Nilai PValue (sig.) sebesar 0,172 lebih besar dari  $\alpha = 0,05$ , sehingga dapat dikatakan bahwa hubungan kadar kadmium (Cd) air dengan kadar kadmium (Cd) kerang darah tidak signifikan, dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Korelasi pearson antara air dengan kerang darah logam berat Cd

Correlation			
		Air	Biota Cd
Air	Pearson correlation	1	-.639
	Sig. (2-tailed)		.172
	N	6	6
Biota Cd	Pearson correlation	-.639	1
	Sig. (2-tailed)	.172	
	N	6	6

Hasil uji korelasi Pearson hubungan kadar kadmium (Cd) sedimen dengan kadar kadmium (Cd) kerang darah di perairan tambak sedati, memiliki nilai korelasi Pearson r sebesar -0,097 yang menunjukkan nilai hubungan negatif artinya pada saat nilai kandungan logam berat Cd pada sedimen naik, maka nilai kandungan logam berat Cd pada kerang darah akan mengalami penurunan, sebaliknya pada saat nilai kandungan logam berat Cd pada sedimen turun, maka nilai kandungan logam berat Cd pada kerang darah akan mengalami kenaikan dan tergolong dalam kriteria korelasi Sangat rendah (0,00-1,199) PValue (sig.) sebesar 0,855 lebih besar dari  $\alpha = 0,05$ , sehingga dapat dikatakan bahwa hubungan kadar kadmium (Cd) sedimen dengan kadar kadmium (Cd) kerang darah tidak signifikan, dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Korelasi pearson antara sedimen dengan kerang darah logam berat Cd

Correlation			
		Sedimen	Biota Cd
Sedimen	Pearson correlation	1	-.097
	Sig. (2-tailed)		.855
	N	6	6
Biota Cd	Pearson correlation	.097	1
	Sig. (2-tailed)	.855	
	N	6	6

Berdasarkan analisis statistik korelasi Pearson yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa hubungan antara kadar logam air dan sedimen dengan kerang darah pada logam berat Pb dan Cd menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Adanya logam berat di perairan sangat berbahaya secara langsung terhadap kehidupan biota perairan, yang selanjutnya mempengaruhi secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit didegradasi, sehingga terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit dihilangkan. Logam berat dapat terakumulasi dalam biota perairan seperti kerang, dan ikan serta didalam sedimen (Budiastuti, *et al.*, 2016). Akumulasi logam berat timbal (Pb) pada organisme sangat erat kaitannya dengan jenis logam dan mekanisme detoksifikasi pada organisme, karena logam berat timbal (Pb) merupakan logam berat non esensial sehingga bersifat toksik, sehingga tidak bisa digunakan dalam proses metabolisme dan akhirnya terakumulasi. Selain toksisitas, logam berat terakumulasi dalam sedimen dan biota di bawah pengaruh gravitasi (Kusuma, *et al.*, 2022).

logam berat memiliki waktu paruh yang panjang di dalam tubuh biota laut dan memiliki nilai faktor konsentrasi yang tinggi di dalam tubuh biota laut. Logam berat yang masuk ke perairan di atas nilai batas yang diperbolehkan mencemari air laut dan juga mengendap di sedimen yang memiliki waktu tinggal hingga ribuan tahun. Karena bioakumulasi, logam berat juga terakumulasi dalam organisme hidup (Sitepu, *et al.*, 2014). Hasil penelitian Rudiyantri (2009), menyatakan walaupun kadar logam berat sedimen memiliki

kadar lebih rendah, namun tingkat akumulasi logam berat oleh kerang darah lebih tinggi. Hal ini berkaitan erat dengan struktur sedimen

Logam berat dianggap sebagai zat paling beracun, diantara polutan lain yang mencemari lingkungan laut. Keberadaan logam berat di lingkungan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena tidak dapat diuraikan oleh proses biologi atau kimia. Di lingkungan perairan, logam berat biasanya terakumulasi dalam sedimen dan kehidupan perairan. Bahwa 90% logam berat yang mencemari air tertanam dalam sedimen. konsentrasi logam berat di badan air bervariasi sesuai musim. Jumlah logam berat yang terdapat dalam tubuh organisme akuatik terakumulasi, bergantung pada aksi kimia logam berat tersebut dan cenderung berikatan dengan protein dan lipid dalam jaringan biologis. Jenis protein yang menjadi target utama pengikatan logam berat adalah protein, yaitu protein yang mengandung logam dalam struktur proteinnya dan membagi mekanisme toksisitas logam berat menjadi tiga mekanisme, yaitu: produksi spesies oksigen reaktif dan reaksi Fenton, penghambatan gugus fungsi pada biomolekul, dan transfer ion logam esensial dari biomolekul (Rumahlatu, 2012).

Sedimen dengan kandungan lumpur yang tinggi akan meningkatkan bioakumulasi logam berat. Selain itu tingkat akumulasi dapat disebabkan oleh salinitas pada suatu perairan. dapat meningkatkan bioakumulasi logam berat Pb. Tingkat akumulasi logam berat akan semakin besar jika nilai salinitas rendah tetapi akumulasi logam berat akan semakin kecil apabila salinitas lebih besar. Hal ini disebabkan perubahan salinitas dapat mempengaruhi kelangsungan hidup, pertumbuhan dan metabolisme fisiologi dari organisme laut. Logam berat dalam perairan mempunyai waktu paruh  $32 \times 10^3$  tahun dan sedimen  $2,5 \times 10^8$  tahun lebih lama dibandingkan dengan logam berat yang berada di daratan dan di udara. Karena waktu tinggal logam berat pada sedimen sangat lama, maka sedimen yang tercemar dengan logam berat seperti Pb, Cd dan Cu akan berpotensi berperan sebagai sumber pelepasan kembali ke air laut dan pelepasan ini tergantung pada pH air laut. umur kerang darah juga dapat mempengaruhi rendahnya konsentrasi logam berat yang ada di dalam tubuh kerang darah, dimana semakin besar ukuran kerang darah maka kandungan

logam berat akan menurun. Kerang Darah yang berukuran kecil (muda) memiliki kemampuan akumulasi yang lebih besar dibandingkan dengan kerang yang berukuran lebih besar (tua). Semakin besar ukuran (tua) kerang maka akan semakin baik kemampuannya dalam mengeliminasi logam berat. Pada saat proses metabolisme mencapai puncaknya, maka kebutuhan akan logam berat juga semakin meningkat. Hal inilah yang memungkinkan konsentrasi logam berat pada kerang lebih tinggi pada saat masa produktif (ukuran sedang) dibandingkan pada kerang yang berukuran kecil dan besar (Handayani, *et al.*, 2016).



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka simpulan dari penelitian ini adalah :

- a. Hasil kandungan Pb dan Cd pada tambak kerang rata-rata telah melebihi batas aman yang telah ditetapkan, dengan kadar Pb dan Cd pada air di stasiun 1 sebesar 2,5 ppm & 1,14 ppm, dan stasiun 2 sebesar 1,96 ppm & 0,75 ppm, sedangkan pada sedimen kadar Pb dan Cd pada stasiun 1 sebesar 14,44 mg/kg & 2,9 mg/kg, dan stasiun 2 sebesar 11,81 mg/kg & 2,5 mg/kg, sedangkan pada biota kadar Pb dan Cd pada stasiun 1 sebesar 3,1 mg/kg & 1,01 mg/kg, dan stasiun 2 sebesar 2,83 mg/kg & 1,37 mg/kg.
- b. Hasil Perhitungan *Maximum Tolerable Intake* (MTI), nilai MTI Pb dan Cd pada anak-anak sebesar 0,13 kg/minggu & 0,08 kg/minggu, dan pada dewasa sebesar 0,42 kg/minggu & 0,29 kg/minggu.
- c. Hasil analisis korelasi pearson, tidak adanya hubungan yang signifikan antara air dan sedimen dengan biota kerang darah di lokasi penelitian tambak kerang Tambak Cemandi dan Banjar Kemuning, Kabupaten Sidorjo.

#### 5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh faktor lingkungan terhadap keberadaan logam berat dan tentang keberadaan logam berat lainnya pada kerang.

## DAFTAR PUSTAKA

- A'yuni, Q. *et al.*, 2019. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Sebagai Pakan Ternak Berkualitas Di Desa Tambak Cemandi Sidoarjo. *Journal OF Science and Social Development*, Ii(2), PP. 61-69.
- Agustina, T., 2014. Kontaminasi Logam Berat Pada Makanan Dan Dampaknya Pada Kesehatan. *Teknobuga*, 1(1), Pp. 53-65.
- Amanah, L., 2018. Pengaruh Motivasi, Pengetahuan Perpajakan, Kualitas Pelayanan Dan Sanksi Perpajakan Terhadap Kepatuhan Wajib Pajak. *Ilmu Dan Riset Akuntansi*, Vii(2), Pp. 1-16.
- Anggreani, N. & Rachmadiarti, F., 2021. Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Padina Australis Di Pantai Sendang Biru Malang. *Lenterabio*, 10(1), PP. 115-124.
- Anon., 2022. Bahaya Kandungan Logam Berat (Cd, Hg, Pb) Pada Produk Olahan Pterygoplichthys Pardalis Asal Sungai Ciliwung Jakarta Bagi Kesehatan Manusia. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 7(1), Pp. 7-13.
- Arda, M., 2017. Pengaruh Kepuasan Kerja Dan Disiplin Kerja Terhadap Kinerja Karyawan Pada Bank Rakyat Indonesia Cabang Putri Hijau Medan. *Jurnal Ilmiah Manajemen & Bisnis*, Xviii(1), PP. 45-60.
- Arita, S., Adipati, A. S. & Sari, D. P., 2014. Pembuatan Katalis Heterogen Dari Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Dan Diaplikasikan Padareaksi Transesterifikasi Dari Crude Palm Oil. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(3), Pp. 31-37.
- Aulia, P. R., Supratman, O. & Gustomi, A., 2020. Struktur Komunitas Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Di Sungai Upang Desa Tanah Bawah Kecamatan Puding Besar Kabupaten Bangka. *Jurnal Ilmu Perairan*, Volume Volume 2 Nomor 1, PP. 17-30.
- Ayuwardani, R. P., 2018. Pengaruh Informasi Keuangan Dan Non Keuangan Terhadap Underpricing Harga Saham Pada Perusahaan Yang Melakukan Initial Public Offering (Studi Empiris Perusahaan Go Public Yang Terdaftar Dibursa Efek Indonesia Tahun 2011-2015). *Jurnal Nominal*, 7(1), Pp. 143-158.
- Azhar, H., Widowati, I. & Suprijanto, J., 2012. Studi Kandungan Logam Berat Pb, Cu, Cd, Cr Pada Kerang Simpson (*Amusium Pleuronectes*), Air Dan Sedimen Di Perairan Wedung, Demak Serta Analisis Maximum Tolerable Intake Pada Manusia. *Journal Of Marine Research*, 1(2), pp. 35-44

- Budiastuti, P., Raharjo, M. & Dewanti, N. A. Y., 2016 . Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal Di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* , 4(5), Pp. 119-125.
- Budiastuti, P., Raharjo, M. & Dewanti, N. A. Y., 2016. Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal Di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(5), Pp. 119-125.
- Caksana, M. U. *et al.*, 2021. Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cd Dan Hg Pada Ikan Di Pantai Samudra Indah Kabupaten Bengkayang. *Laut Khatulistiwa*, Iv(3), PP. 109-118.
- Dewi, N. P. S. S., Perwira, I. Y. & Ernawati, N. M., 2020. Kandungan Timbal (Pb) PADA Sedimen DI Perairan Pantai Karang, Sanur, Bali. *Current Trends IN Aquatic Science* , 3(1), PP. 76-80.
- Edward, 2019. Pengamatan Kadar Logam Berat Merkuri (Hg) Dan Tembaga (Cu) Pada Daging Ikan Di Teluk Kao, Halmahera. *Pro-Life*, Xi(2), Pp. 122-135.
- Eoh, C. B., 2021. Tinjauan Ekonomi Kerang Darah (*Anadara granosa*) Konsumsi Produsen Ramah Lingkungan Di Desa Oebelo. *Jurnal Bahari Papadak*, 2(2), Pp. 62-71.
- 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. *Journal Of Maquares* , 7(2), Pp. 222-226.
- Filipus, R. A., Purwiyanto, A. I. S. & Agustriani, F., 2018. Bioakumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) Di Perairan Muara Sungai Lumpur Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan. *Maspri Journal*, 10(2), Pp. 131-140.
- Fiskanita, Hamzah, B. & Supriadi, 2015. Analisis Logam Timbal (Pb) Dan Besi (Fe) Dalam Air Laut Di Pelabuhan Desa Paranggi Kecamatan Ampibab. *Jurnal Akademika Kimia*, 4(4), Pp. 175-180.
- Hadinoto, S. & Setyadewi, N. M., 2020. Kandungan Logam Berat Pb Dan Cd Pada Ikan Di Teluk Ambon Dalam Dan Perhitungan Batas Toleransi Maksimum. *Majalah Biam*, 16(01), PP. 6-12.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. S., Maury, ., H. K. & Alianto, 2018. Kajian Kualitas Air Laut DAN Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Xvi(1), PP. 35-43.
- Hananingtyas, I., 2017 . Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) DAN Kadmium (Cd) Pada Ikan Tongkol (*Euthynnus SP.*) DI Pantai Utara Jawa. *Biotropic*, I(2), PP. 41-50.

- Handayani, M. F., Muhlis & Gunawan, E. R., 2016. Analisis Kandungan Logam Berat Pb Pada Sedimen Dan Kerang Darah (Genus: Anadara) Di Perairan Pantai Labuhan Tereng Kabupaten Lombok Barat. *Penelitian Pendidikan IPA*, 2(2), pp. 68-76.
- Harahap, M., Sulardiono, B. & Suprpto, D., 2018. Analisis Tingkat Kematangan Gonad Teripang Keling (*Holothuria Atra*) Di Perairan Menjangan Kecil, Karimunjawa. *Journal Of Maquares* , Vii(3), PP. 263-269.
- Indirawati & Malem, S., 2017 |. Pencemaran Logam Berat Pb Dan Cd Dan Keluhan Kesehatan Pada Masyarakat Di Kawasan Pesisir Belawan. *Jurnal Jumantik*, 2(2), PP. 54-60.
- Indrawan, G. S., Arthana, I. W. & Yusup, D. S., 2018. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Kerang Di Kawasan Perairan Serangan Bali. *Metamorfosa*, V(2), PP. 144-150.
- Isma, M. F., 2017. Kemunculan Kerang *Pharella Acutidens* Dikaitkan Dengan Salinitas Perairan Hutan Mangrove Di Perairan Dumai, Provinsi Riau. *Samudra Akuatika*, 1(2), PP. 37-52.
- Juniardi, E., Sulistiono, Hariyadi, S. & Kamal, M. M., 2021. Heavy Metal Content Of Pb And Cd In Bandik Grouper (*Cephalopholis Boenak*) In Banten Bay, Indonesia. *Biologi Tropis*, Xxi(3), PP. 1047-1055.
- Kabangnga, A., Zulkhairiyah & Rumambo T.T, C., 2020. Monitoring DAN Mitigasi Gas H<sub>2</sub>s Limbah Organik Tambak Intensif DENGAN Menggunakan Biomarker Sederhana. *Jurnal Airaha*, Ix(1), PP. 1-6.
- Kumaji, S., Katili, A. S. & Lalu, P., 2019. Identifikasi Mikroalga Epilitik Sebagai Biomonitoring Lingkungan Perairan Sungai Bulango Provinsi Gorontalo. *Jambura Edu Biosfer Journal* , I(1), Pp. 15-22.
- Kusuma, R. B., Supriyantini, E. & Munasik, 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), pp. 156-166
- Lestari, 2017. Penggunaan Ekstraksi Sekuensial Untuk Spesiasi Logam Berat Di Sedimen. *Oseana*, 157(4), PP. 1 - 12.
- Lolo, A., Patandean, C. F. & Ruslan, E., 2020. Karakterisasi Air Daerah Panas Bumi Pencong Dengan Metode Aas (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) Di Kecamatan Biringbulu, Kabupaten Gowa Propinsi Sulawesi Selatan. *Geocelebes*, Iv(2), P. 102 – 110.
- 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), PP. 135-145.

- Masriad, Patang & Ernawat, 2019. Analisis Laju Distribusi Cemar Kadmium (Cd) Di Perairan Sungai Jeneberang Kabupaten Gowa. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 5(2), PP. 14-25.
- Meirikayanti, H., Rahardja, B. S. & Sahidu, A. M., 2018. Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Kepiting Bakau (*Scylla SP.*) Di Sungai Wonorejo, Surabaya. *Jipk*, X(2), PP. 106-111.
- Mulyani, A. & Rijal, M., 2018. Industrialisasi, Pencemaran Lingkungan Dan Perubahan Struktur Kesehatan Masyarakat. *Jurnal Biology Science & Education*, 7(2), PP. 178-186.
- Munandar & Alamsyah, A., 2016. Kajian Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Kerang Air Tawar (*Anodonta Sp*) Di Kawasan Hilir Sub Das Krueng Meureubo, Aceh Barat. *Jurnal Perikanan Tropis*, 3(1), PP. 11-19.
- Munandar, K. & Eurika, N., 2016. Keanekaragaman Ikan Yang Bernilai Ekonomi Dan Kandungan Logam Berat Pb Dan Cd Pada Ikan Sapu-Sapu Di Sungai Bedadung Jember. *Proceeding Biology Education Conference* , 13(1), PP. 717-722.
- Noviarini, W. & Ermavitalini, D., 2015. Analisa Kerusakan Jaringan Akar Lamun *Thalassia Hemprichii* Yang Terpapar Logam Berat Kadmium (Cd). *Jurnal Sains Dan Seni Its*, 4(2), PP. 71-74.
- Novita, Yuliani & Purnomo, T., 2012. Penyerapan Logam Timbal (Pb) Dan Kadar Klorofil *Elodea Canadensis* Pada Limbah Cair Pabrik Pulp Dan Kertas. *Lenterabio*, 1(1), P. 1-8.
- Nurdiana, D., 2018. Pengaruh Ukuran Perusahaan Dan Likuiditas Terhadap Profitabilitas. *Menara Ilmu* , 12(6), PP. 77-88.
- Nurjanah, 2021. Analisis Kepuasan Konsumen Dalam Meningkatkan Pelayanan Pada Usaha Laundry Bunda. *Jurnal Mahasiswa*, Volume 1, PP. 117-128.
- Nurjanah, Abdullah, A., Hidayat, T. & Seulalae, A. V., 2021. *Moluska: Karakteristik, Potensi Dan Pemanfaatan Sebagai Bahan Baku Industri Pangan Dan Non Pangan*. First Ed. Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Patty, J. O., Siahaan, R. & Maabuat, P. V., 2018. Kehadiran Logam-Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Zn) Pada Air Dan Sedimen Sungai Lowatag, Minahasa Tenggara - Sulawesi Utara. *Jurnal Bioslogos*, 8(1), PP. 15-20.
- Prasenja, Y., 2018. Peran Masyarakat Dalam Pengelolaan Ekominawisata Pulau Lusi, Kabupaten Sidoarjo. *Yanelis Prasenja/Majalah Geografi Indonesia*, Volume Vol. 32, No.2, PP. 123 - 129.



- Pratama, D. A., Kurniawan, R. B. & Dica, O. R., 2017. Korelasi Frekuensi Sambaran Petir Terhadap Intensitas Curah Hujan DI Kota Manado Tahun 2016. *Unnes Physics Journal*, 6(1), PP. 12-18.
- Pribadi, T., 2014. Bagaimana Rayap Dapat Digunakan Sebagai Bioindikator. *Anterior Jurnal*, 14(1), Pp. 20-28.
- Pribadi, T., 2014. Bagaimana Rayap Dapat Digunakan Sebagai Bioindikator. *Anterior Jurnal*, 14(1), Pp. 20 - 28 .
- Purbonegoro, T., 2020. Kajian Risiko Kesehatan Manusia Terkait Konsumsi Makanan laut (*Seafood*) Yang Tercemar Logam. *Oseana*, 45(2), P. 31–39.
- Purnama, D. P., Siregar, Y. I. & Amin, B., 2018. Pengaruh Salinitas Terhadap Penyerapan Logam Pb Pada Kerang Darah (*Anadara granosa*). *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 23(2), Pp. 9-15.
- Putra, A. Y. & Mairizki, F., 2020. Analisis Logam Berat Pada Air Tanah DI Kecamatan Kubu Babussalam, Rokan Hilir, Riau. *Jurnal Katalisator*, V(1), PP. 47-43.
- Putri, H. D., Elfidasari, D., Haninah & Sugoro, I., 2022. Bahaya Kandungan Logam Berat (Cd, Hg, Pb) Pada Produk Olahan Pterygoplichthys Pardalis Asal Sungai Ciliwung Jakarta Bagi Kesehatan Manusia. *Jurnal Pengolahan Pangan* , 7(1), PP. 7-13.
- Putri, R. A., Haryono, T. & Kuntjoro, S., 2012. Keanekaragaman Bivalvia Dan Peranannya Sebagai Bioindikator Logam Berat Kromium (Cr) DI Perairan Kenjeran, Kecamatan Bulak Kota Surabaya. *Lenterabio*, I(2), P. 87–91.
- Rahardja, B. S., Pahlevi, M. R. & Prayogo, 2019. Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Air Sedimen Dan Keong Macan (*Babylonia spirata*) Di Perairan Sedati Sidoarjo. *Journal Of Marine And Coastal Science*, Viii(1), PP. 24-34.
- Riskiono, S. D., Hamidy, F. & Ulfia, T., 2020. Sistem Informasi Manajemen Dana Donatur Berbasis Web Pada Panti Asuhan Yatim Madani. *Journal Of Social And Technology For Community Service (Jstcs)*, 1(1), PP. 21-26.
- Rizkiana, L., Karina, S. & Nurfadillah, 2017. Analisis Timbal (Pb) Pada Sedimen Dan Air Laut Di Kawasan Pelabuhan Nelayan Gampong Deah Glumpang Kota Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*, Ii(1), PP. 89-96.
- Robi, Aritonang, A. B. & Sofiana, M. S. J., 2021. Kandungan Logam Berat Pb, Cd Dan Hg Pada Air Dan Sedimen Di Perairan Samudera Indah Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 4(1), PP. 20-28.



- Rohmawati, Y. & Kuntjoro, S., 2021. Studi Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Tumbuhan Air DI Sungai Buntung Sidoarjo. *Lenterabio*, Volume 10, Nomor 1, PP. 86-93.
- Rumahlatu, D., 2012. Biomonitoring: Sebagai Alat Asesmen Kualitas Perairan Akibat Logam Berat Kadmium Pada Invertebrata Perairan. *Sainstis*, 1(1), PP. 10-34.
- Rustiah, W. *et al.*, 2019. Analisis Distribusi Logam Berat Timbal Dan Cadmium Dalam Sedimen Sepanjang Muara Sungai Dan Laut Perairan Spermonde, Sulawesi Selatan, Indonesia. *Indonesian Journal Of Chemical Research*, 7(1), Pp. 1-8.
- Sanny, B. i. & Dewi, R. K., 2020. Pengaruh Net Interest Margin (NIM) Terhadap Return on Asset (ROA) Pada PT Bank Pembangunan Daerah Jawa Barat Dan Banten Tbk Periode 2013-2017. *E-Bis (Ekonomi-Bisnis)*, 4(1), pp. 78-87.
- Sarie, H., 2019. Potensi Bahaya Kontaminasi Logam Berat Di Lahan Bekas Tambang Batubara Yang Digunakan Sebagai Lahan Pertanian. *Buletin Loupe*, Volume Vol. 15 No. 02, Pp. 37-41.
- Sari, N. I., Edison & Nor, M. L., 2019. Karakteristik Kimia Dan Sensori Konsentrat Protein Kerang Darah (*Anadara granosa*). *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 11(02), Pp. 58-63.
- Semarang, A. P. L. B. T. D. B. S. B. K. G., 2016. Budiastuti, Putri; Raharjo, Mursid; Dewanti, Nikie Astorina Yunit. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(5), Pp. 119-125.
- Septiani, W., Khairuddin & Yamin, M., 2022. The Evidence Of Cadmium (Cd) Heavy Metal In South Asian Apple Snail (*Pila Ampullacea*) On The Batu Kuta Village Narmada District. *Biologi Tropis*, Xxii(2), P. 339 – 344.
- Setiawan, C. K. & Yosepha, S. Y., 2020. Pengaruh Green Marketing Dan Brand Image Terhadap Keputusan Pembelian Produk The Body Shop Indonesia. *Jurnal Ilmiah M-Progress*, 10(1), Pp. 1-9.
- Setyaningrum, E. W., Dew, A. T. K., Yuniartik, M. & Masithah, E. D., 2018. *Analisis Kandungan Logam Berat Cu, Pb, Hg Dan Sn Terlarut Di Pesisir Kabupaten Banyuwangi*. Surabaya, Prosiding Seminar Nasional Kelautan Dan Perikanan Iv.
- Siringoringo, V. T., Pringgenies, D. & Ambariyanto, 2022. Kajian Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg), Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) Pada Perna Viridis DI Kota Semarang. *Journal OF Marine Research*, 11(3), PP. 539-546.

- Sitepu, M. V., Suryono, C. A. & Suryono, 2014. Studi Kandungan Logam Berat Pb Dan Cd Dalam Sedimen Di Perairan Pesisir Kecamatan Genuk Semarang. *Journal Of Marine Research*, 3(1), Pp. 1-10 .
- Sudarmawan, A. R., Suteja, Y. & Karim, W., 2020. Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air Dan Plankton Di Teluk Benoa, Badung, Bali. *Journal Of Marine And Aquatic Sciences*, Vi(1), Pp. 133-139.
- Sulistiyaningsih, E. & Arbi, U. Y., 2020. Aspek Bio-Ekologi Dan Pemanfaatan Kerang Marga Anadara (Mollusca: Bivalvia: Arcidae). *Oseana*, 45(2), P. 69–85.
- Suriani, N. L., 2012. Kualitas Air Mangrove Ditinjau Dari Sifat Fisik-Kimia Di Hutan Mangrove Patung Ngurah Rai Tuban Denpasar Selatan Bali. *Ecotrophic*, 3(1), Pp. 7 - 9 .
- Suryo, R. A., Yulianto, B. & Santoso, A., 2021. Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen Dan Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Di Pantai Mekar, Muara Gembong, Bekasi. *Journal Of Marine Research*, 10(3), Pp. 428-436.
- Susanti, M. M. & Priamsar, M. R., 2016. Pengaruh Perendaman Larutan Tomat (*Solanum Lycopersicum L.*) Terhadap Penurunan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Pada Kerang Darah (Anadara Granosa). *Indonesian Journal On Medical Science*, 3(2), Pp. 11-16.
- Syama, M., Amiruddin & Purnomo, A., 2017. Faktor Motivasi Dalam Kinerja Pegawai Pada Badan Kepegawaian Daerah Kota Sorong. *Jurnal Faksi : Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik*, Ii(2), Pp. 12-20.
- Tangio, J. S., 2013. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*). *Jurnal Entropi*, 8(1), PP. 500-506.
- Ulimaz, A., 2020. Kemelimpahan Ikan Air Tawar Di Desa Sungai Bakar Kecamatan Bajuin Kabupaten Tanah Laut. *Bioscientist*, Viii(1), Pp. 1-10.
- Utami, R., Rismawati, W. & Sapanli, K., 2018. *Pemanfaatan Mangrove Untuk Mengurangi Logam Berat Di Perairan*. Palembang, Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia.
- Utari, I. A. P. A. & Widiastuti, R. S., 2021. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Mahasiswa Terhadap Pemilihan Kompetensi Di Programstudi Matematika Universitas Udayana. *Jurnal Matematik*, 11(2), PP. 135-143 .
- Wahab, A. R. B. Z., Makmur, K. & Fakhruddin, 2022. Analisis Deteksi Logam Berat (Pb) Pada Sampel Pangan Segar Asal Tumbuhan (Psat) Menggunakan Metode Gfa Aas. *Filogeni*, 2(2), PP. 47-52.

- Wahyuni, I., Sari, I. J. & Ekanara, B., 2017. Biodiversitas Mollusca (Gastropoda Dan Bivalvia) Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Di Kawasan Pesisir Pulau Tunda, Banten. *Biodidaktika*, Volume Volume 12 No 2, Pp. 45-56.
- Warni, D., Karina, S. & Nurfadillah, 2017. Analisis Logam Pb, Mn, Cu, Dan Cd Pada Sedimen Di Pelabuhan Jetty Meulaboh, Aceh Barat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*, 2(2), Pp. 246-253.
- Wijaya, I. K., 2018. Pengaruh Kepuasan Kerja Terhadap Kinerja Karyawan. *Agora*, 6(2).
- Wilinny, *et al.*, 2019. Analisis Komunikasi Di Pt. Asuransi Buana Independent Medan. *Jurnal Ilmiah Simantek* , 3(1).
- Windarto, Y. E., 2020. Analisis Penyakit Kardiovaskular Menggunakan Metode Korelasi Pearson, Spearman Dan Kendall. *Saintekom*, 10(2), pp. 119-127.
- Wulandari, Cokrowati, N., Astriana, B. H. & Diniarti, N., 2019. Penurunan Nilai Padatan Tersuspensi Pada Limbah Tambak Udang Intensif Menggunakan Kerang Darah (*Anadara granosa*). *Jurnal Kelautan*, Xii(2), PP. 123-130.
- Yanti, C. A. & Akhri, I. J., 2021. Perbedaan Uji Korelasi Pearson, Spearman Dan Kendall Tau Dalam Menganalisis Kejadian Diare. *Jurnal Endurance*, 6(1), PP. 51-58.
- Yulia, M., Syahrianti, D. & Yulis, R., 2021. Uji Kandungan Timbal (Pb) Pada Gorengan Yang Dijual Di Pinggir Jalan Sepanjang Pantai Gandorih Pariaman Secara Spektrofotometri Serapan Atom (Ssa). *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*, 3(1), PP. 18-25.
- Zulfahm, I., Nasution, D. N. N. K. & Akmal, Y., 2020. Logam Berat Pada Hiu Tikus (*Alopias Pelagicus*) Dan Hiu Kejen (*Loxodon macrorhinus*) Dari Pelabuhan Perikanan Samudera Lampulo, Banda Aceh. *JPHPI*, XXII(1), pp. 47-57.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A