

**ANALISIS LOGAM BERAT PADA BIOTA DI PERAIRAN
TELUK RATAI KABUPATEN PESAWARAN
PROVINSI LAMPUNG**

(Tesis)

Oleh

**RETNO FITRIANINGSIH
NPM 1920041002**



**PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN WILAYAH PESISIR DAN LAUT
PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

**ANALISIS LOGAM BERAT PADA BIOTA DI PERAIRAN
TELUK RATAI KABUPATEN PESAWARAN
PROVINSI LAMPUNG**

Oleh:

RETNO FITRIANINGSIH

Tesis

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

Pada

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



**PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN WILAYAH PESISIR DAN LAUT
PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

ANALISIS LOGAM BERAT PADA BIOTA DI PERAIRAN TELUK RATAI KABUPATEN PESAWARAN PROVINSI LAMPUNG

Oleh

RETNO FITRIANINGSIH

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi logam berat dalam biota, serta menganalisis tingkat konsentrasi dan kontaminasi logam berat yang ada di Teluk Ratai. Penelitian ini dilaksanakan di Teluk Ratai, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung pada bulan Oktober-November 2020, Persiapan dan preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Biologi Molekuler Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan pengujian logam berat pada sampel dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Lampung. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 titik pada 4 lokasi. Analisis kadar logam berat menggunakan ICP-OES. Adapun logam berat yang diamati pada penelitian ini adalah Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb dan Zn. Dari hasil penelitian menunjukkan nilai rerata di atas baku mutu yang telah ditetapkan. Dimana konsentrasi Ag tertinggi terdapat pada biota *Episesarma sp* di stasiun D.1 sebesar 48,9 mg/kg, Cr 415,86 mg/kg, Fe 3.339,89 mg/kg, Mn 26,39 mg/kg, dan Ni 14,88 mg/kg. Konsentrasi Cu tertinggi yaitu 82,89 mg/kg dan Zn 148.80 mg/kg pada biota *Caesio teres* di stasiun B.2. Konsentrasi Pb tertinggi terdapat di stasiun C.1 pada *Anadara granosa* sebesar 2,44 mg/kg. Sedangkan konsentrasi Cd dan Co pada 4 stasiun masih berada dibawah nilai ambang batas baku mutu.

Kata kunci : *Pencemaran, logam berat, perairan, sedimen dan biota.*

ABSTRACT

HEAVY METALS ANALYSIS OF BIOTA IN RATAI BAY, PESAWARAN REGENCY, LAMPUNG

By

RETNO FITRIANINGSIH

This study was conducted to determine the distribution of heavy metals in biota, as well as to analyze the concentration and level of heavy metal pollution in Ratai Bay. This research was carried out in Teluk Ratai, Pesawaran Regency, Lampung Province in October-November 2020. Sample preparation and preparation were carried out at the Molecular Biology Laboratory, Faculty of Mathematics and Natural Sciences and heavy metal testing on samples was carried out at the Integrated Laboratory of the Lampung University Laboratory. Sampling was carried out at 2 points in 4 locations. Analysis of heavy metal content using ICP-OES. The heavy metals observed in this study were Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn. The results shows the average value above the predetermined quality standard. Where the highest Ag concentrations were found in *Episesarma sp* biota at station D.1 at 48.9 mg/kg, Cr 415.86 mg/kg, Fe 3,339.89 mg/kg, Mn 26.39 mg/kg, and Ni 14, 88 mg/kg. The highest concentrations of Cu were 82.89 mg/kg and Zn 148.80 mg/kg in *Caesio teres* at station B.2. The highest Pb concentration was at station C.1 in *Anadara granosa* at 2.44 mg/kg. While the concentrations of Cd and Co at 4 stations were still below the threshold value of the quality standard.

Keywords: *Pollution, heavy metals, water, sediment and biota*

Judul Tesis : ANALISIS LOGAM BERAT PADA BIOTA DI PERAIRAN TELUK RATAI KABUPATEN PESAWARAN PROVINSI LAMPUNG

Nama Mahasiswa : Retno Fitrianiingsih

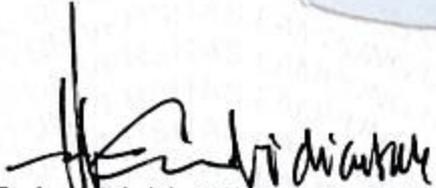
Nomor Pokok Mahasiswa : 1920041002

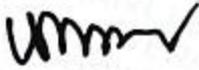
Program Studi : Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut

Fakultas : Pascasarjana Multidisiplin



1. Komisi Pembimbing


Endang Linirin Widiastuti, Ph.D.
NIP.196106111986032001


Ir. Warsono, M.S., Ph.D.
NIP.196302161987031003

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

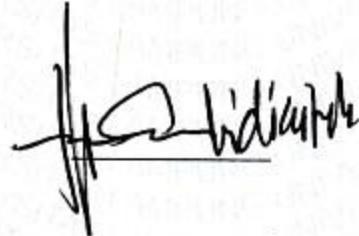


Dr. Supono, S.Pi., M.Si.
NIP. 197010022005011002

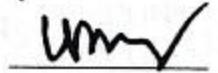
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

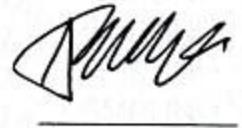
Ketua : Endang Linirin Widiastuti, Ph.D.



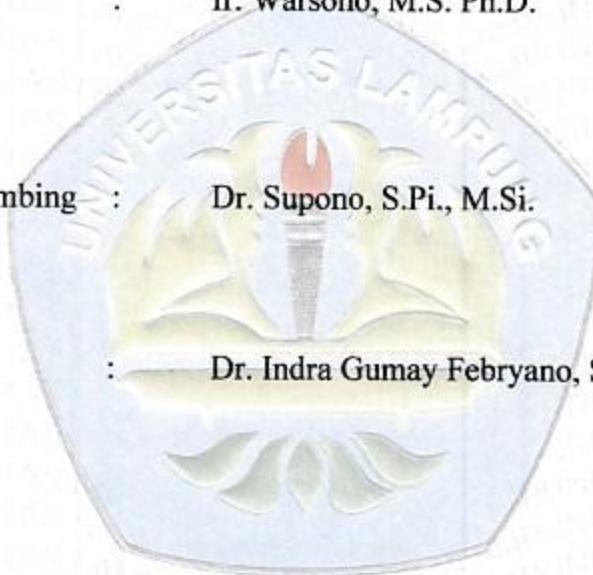
Sekretaris : Ir. Warsono, M.S. Ph.D.



Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Supono, S.Pi., M.Si.



Anggota : Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.



2. Direktur Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.
NIP.197104151998031005

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 07 Agustus 2021

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahawa:

1. Tesis dengan judul: **“ANALISIS LOGAM BERAT PADA BIOTA DI PERAIRAN TELUK RATAI KABUPATEN PESAWARAN PROVINSI LAMPUNG”** adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

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

Bandar Lampung, Desember 2021
Yang membuat pernyataan,



Retno Fitrianingsih
NPM 1920041002

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Trimulyo, Kabupaten Pesawaran, pada tanggal 25 Mei 1995 dengan nama lengkap Retno Fitriyaningsih, merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Alm. Suwarno dan Ibu Suratmi.

Penulis mengawali pendidikan di Sekolah Dasar (SD) Negeri 1 Trimulyo pada tahun 2001, melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 3 Tegineneng pada tahun 2007. Tahun 2010 penulis melanjutkan ke Sekolah Usaha Perikanan Menengah (SUPM) Negeri Kotaagung Kabupaten Tanggamus dan lulus pada tahun 2013 sebagai salah satu siswi dalam peringkat tiga besar. Penulis tercatat menjadi Taruni Sekolah Tinggi Perikanan yang sekarang dikenal dengan nama Politeknik Ahli Usaha Perikanan Jakarta, Program Studi Akuakultur pada tahun 2013 dan lulus pada tahun 2017.

Setelah lulus penulis bekerja di salah satu perusahaan pembenihan Udang Vaname di Anyer, Banten dari tahun 2017 sampai dengan tahun 2021. Penulis melanjutkan pendidikan di Pascasarjana Universitas Lampung pada Program Studi Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut tahun 2019.

PERSEMBAHAN

Kepada Ayahanda dan Ibunda Tersayang

MOTTO

“Berbuat Baiklah Tanpa Perlu Alasan Kenapa Harus Melakukannya”

“Ora Et Labora”

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya tesis ini dapat diselesaikan. Tesis Dengan Judul **“ANALISIS LOGAM BERAT PADA BIOTA DI PERAIRAN TELUK RATAI KABUPATEN PESAWARAN PROVINSI LAMPUNG”** adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Karomani, M.Si., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung;
3. Prof. Drs. Simon Sembiring, Ph.D., selaku Wakil Direktur Bidang Akademik, Kemahasiswaan dan Alumni Universitas Lampung;
4. Dr. Maulana Mukhlis, S.Sos, M.IP. selaku Wakil Direktur Bidang Umum Universitas Lampung;
5. Dr. Supono, S.Pi., M.Si. selaku Ketua Program Studi Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut Universitas Lampung, sekaligus selaku penguji utama pada ujian tesis. Terima kasih untuk masukan dan saran-saran;
6. Ir. Warsono, M.S. Ph.D. selaku pembimbing utama atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tesis ini;
7. Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si., selaku pembimbing kedua atas kesediannya memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tesis ini;
8. Seluruh Dosen Magister Manajemen Wilayah Pesisir dan Laut Universitas Lampung yang telah banyak memberikan ilmu yang sangat bermanfaat dan telah mendidik penulis;
9. Seluruh rekan-rekan mahasiswa angkatan 2019;

10. Bapak dan Ibu Staf administrasi Magister Manajemn Wilayah Pesisir dan Laut
Universitas Lampung.

Bandar Lampung, Desmber 2021

Retno

Fitrianingsi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
II.TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Logam Berat	5
2.1.1 <i>Argentum</i> (Ag)	5
2.1.2 <i>Cadmium</i> (Cd)	6
2.1.3 <i>Cobalt</i> (Co).....	7
2.1.4 <i>Cromium</i> (Cr)	7
2.1.5 <i>Curprum</i> (Cu).....	8
2.1.6 <i>Ferrum</i> (Fe)	8
2.1.7 <i>Mangan</i> (Mn)	9
2.1.8 <i>Nikel</i> (Ni).....	9
2.1.9 <i>Plumbum</i> (Pb).....	10
2.1.10 <i>Zink</i> (Zn)	10
2.2 Ikan, Kerang dan Kepiting sebagai Biota Bioindikator	11
2.3 Teluk Ratai	13
III.METODE PENELITIAN	14
3.1 Tempat dan Waktu	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Metode	15
3.3.1 Pengambilan Sampel.....	15

3.3.2 Preparasi Sampel.....	15
3.3.3 Analisis Kadar Logam Berat Menggunakan ICP OES	16
3.4 Pengamatan	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1 Biota Pengamatan	19
4.2 Konsentrasi Logam Berat	21
4.2.1 <i>Argentum</i> (Ag)	21
4.2.2 <i>Cadmium</i> (Cd).....	23
4.2.3 <i>Cobalt</i> (Co)	26
4.2.4 <i>Cromium</i> (Cr).....	28
4.2.5 <i>Curprum</i> (Cu).....	31
4.2.6 <i>Ferrum</i> (Fe).....	34
4.2.7 <i>Mangan</i> (Mn)	36
4.2.8 <i>Nikel</i> (Ni).....	36
4.2.9 <i>Plumbum</i> (Pb)	39
4.2.10 Zink (Zn).....	41
4.3 Pengelolaan Lingkungan Teluk Ratai	43
V. SIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Simpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Stasiun Pengambilan Sampel	14
2.	Alat dan Bahan Penelitian	15
3.	Jenis Biota Pengamatan.....	19
4.	Konsentrasi <i>Argentum</i> (Ag)	21
5.	Konsentrasi <i>Cadmium</i> (Cd).....	24
6.	Konsentrasi <i>Cobalt</i> (Co)	27
7.	Konsentrasi <i>Chromium</i> (Cr).....	29
8.	Konsentrasi <i>Cuprum</i> (Cu)	31
9.	Konsentrasi <i>Ferrum</i> (Fe).....	34
10.	Konsentrasi <i>Mangan</i> (Mn)	36
11.	Konsentrasi <i>Nikel</i> (Ni).....	38
12.	Konsentrasi <i>Plumbum</i> (Pb)	40
13.	Konsentrasi <i>Zink</i> (Zn)	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan Kerangka Pikir Penelitian	4
2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Teluk Ratai	14
3. Biota Pengamatan.....	21

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Ekosistem perairan pesisir merupakan kawasan yang mendapat perhatian cukup besar dalam berbagai kebijakan dan perencanaan pembangunan. Wilayah pesisir digunakan sebagai tempat aktivitas ekonomi yang mencakup perikanan laut dan pesisir, transportasi dan pelabuhan, pertambangan, kawasan industri, agribisnis dan agrowisata, rekreasi serta kawasan pemukiman dan tempat pembuangan limbah. Selain memiliki potensi yang besar, berbagai aktivitas manusia di wilayah pesisir menyebabkan daerah ini menjadi wilayah yang mudah terkena dampak kegiatan manusia.

Perairan pesisir merupakan perairan yang mempunyai potensi tinggi terhadap adanya akumulasi logam berat karena berbatasan langsung dengan daratan dan merupakan tempat bertemunya perairan dari darat melalui sungai dan perairan laut. Perairan pesisir yang merupakan daerah peralihan antara darat dan laut paling besar terkena dampaknya akibat dari pencemaran (Maslukah, 2013). Keberadaan perairan pesisir sebagai penampungan terakhir bagi sungai yang bermuara dan membawa limbah, baik yang berasal dari industri maupun rumah tangga, sangat membahayakan bagi masyarakat yang bertempat tinggal di sekitarnya, terutama masyarakat yang mengkonsumsi hasil laut yang telah terkontaminasi oleh limbah.

Riani (2012) menjelaskan bahwa limbah yang masuk ke wilayah pesisir akan menimbulkan penurunan kualitas perairan, mengganggu keseimbangan ekosistem yang ada di sekitar perairan dan dapat menyebabkan dampak berbahaya bagi biota ataupun makhluk hidup yang tinggal di sekitar perairan tersebut. Salah satu sumber pencemaran di perairan tersebut adalah logam berat. Logam berat merupakan kontaminan yang sangat umum ditemukan di perairan. Konsentrasi beberapa jenis logam bahkan mengalami peningkatan hingga di atas ambang batas alami akibat kegiatan manusia. Setiawan (2013) menyatakan bahwa logam berat

menjadi 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.

Logam berat dapat terabsorpsi di dalam tubuh biota melalui dua cara, yaitu saluran makanan (*diet exposure*) dan permukaan insang (*water exposure*). Ikan merupakan salah satu biota perairan yang sering dipakai sebagai bioindikator logam berat di perairan, karena ikan termasuk ke dalam trofik level tertinggi dan sumber protein untuk manusia. Apabila ikan yang terakumulasi logam berat dikonsumsi oleh manusia, maka logam berat tersebut dapat terakumulasi dalam tubuh manusia. Logam berat yang telah melebihi ambang batas yang ditetapkan dapat membahayakan dan berdampak buruk bagi kesehatan manusia tersebut (Cahyani *et al.*, 2016).

Logam berat banyak ditemukan di perairan Indonesia, terutama pada wilayah pesisir dengan berbagai aktivitas masyarakat. Teluk Ratai merupakan bagian dari Teluk Lampung yang berada di Kabupaten Pesawaran dan menjadi salah satu lokasi yang berpotensi terdampak logam berat akibat aktifitas pertambangan emas skala kecil. Adanya potensi emas di kawasan tersebut menjadi daya tarik berbagai pihak untuk mengeksploitasinya. Proses pengolahan emas ini dilakukan dengan beberapa tahapan antara lain penggalian batuan, pengolahan, dan pembuangan limbah. Daerah pertambangan khususnya tambang emas menghasilkan limbah yang mengandung senyawa toksik berupa logam berat (Gani *et al.*, 2017)

Simbolon *et al.* (2010) menyatakan bahwa pada proses penambangan dan ekstraksi mineral terutama emas menggunakan berbagai bahan kimia yang cukup merusak lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan manusia, seperti merkuri dan sianida. Kedua bahan kimia tersebut akan menjadi limbah bersama dengan lumpur dan dibuang di sepanjang sungai kemudian bermuara di laut. Boky *et al.* (2015) menerangkan bahwa pada proses penambangan emas limbah yang diolah melalui *tailing* mengandung merkuri dalam proses pemurniannya. Selanjutnya merkuri itu akan langsung dibuang ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu dan ini dapat mencemari biota air seperti ikan dan tumbuhan air lainnya. Selanjutnya akan merusak rantai makanan di lingkungan perairan.

Untuk mengetahui pengaruh pencemaran dari aktivitas di wilayah pesisir terhadap ekosistem Teluk Ratai perlu dilakukan penelitian terkait konsentrasi logam berat pada ekosistem sekitarnya. Karena limbah yang dibuang ke lingkungan, salah satunya adalah air sungai kecil / sungai yang mengalir ke laut lepas, oleh karena itu perlu diketahui konsentrasi logam berat dari biota yang berada di perairan Teluk Ratai.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui jenis biota yang terindikasi logam berat di perairan pesisir Teluk Ratai
2. Menganalisis tingkat konsentrasi logam berat terhadap biota di Teluk Ratai

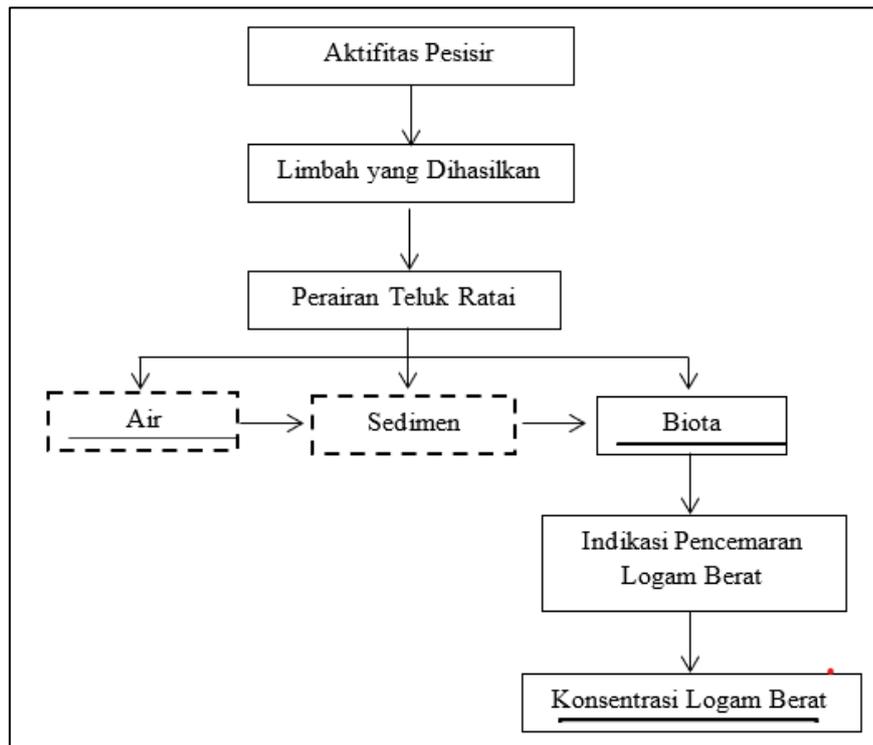
1.3 Kerangka Pemikiran

Logam berat merupakan salah satu jenis zat polutan lingkungan yang paling umum dijumpai dalam perairan. Kandungan logam berat dalam organisme mengindikasikan adanya sumber logam berat yang berasal dari alam atau dari aktivitas manusia. Salah satu sumber logam berat di perairan yang dapat mengindikasikan pencemaran diduga berasal dari aktivitas penambangan emas di sekitar perairan tersebut. Semua jenis logam berat dapat menyebabkan pengaruh negatif terhadap organisme perairan pada batas konsentrasi tertentu. Lingkungan perairan terdapat tiga media yang dapat digunakan sebagai indikator pencemaran logam berat yaitu air, sedimen, dan biota yang ada di perairan. Sedangkan biota sebagai indikator yang disebut dengan bioindikator.

Ikan merupakan salah satu organisme air yang sering kali digunakan sebagai bioindikator pencemaran karena ikan termasuk ke dalam trofik level tertinggi dan sumber protein manusia. Selain ikan, biota yang digunakan sebagai indikator logam berat adalah kerang karena merupakan jenis biota laut yang bersifat *filter feeder* sehingga dapat mengakumulasi logam berat dalam jumlah yang tinggi.

Ikan yang berada di perairan Teluk Ratai diduga telah tercemar oleh logam berat, begitupun dengan air dan sedimen. Hal ini disebabkan adanya kegiatan pertambangan emas di lokasi tersebut. Biota yang terakumulasi logam berat dan dikonsumsi oleh manusia, tidak menutup kemungkinan manusia tersebut juga

akan mengakumulasi logam berat dalam tubuhnya. Jika akumulasi logam berat tersebut cukup tinggi, maka dapat menyebabkan berbagai jenis penyakit dan keracunan. Dari permasalahan tersebut maka perlu dilakukannya penelitian tentang analisis logam berat pada biota di perairan Teluk Ratai. Jenis logam berat yang akan dianalisis pada penelitian ini adalah Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb dan Zn yaitu logam yang umum dikeluarkan saat penambangan dan pemurnian emas.



Gambar 1. Bagan Kerangka Pikir Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

Logam berat merupakan elemen kimia yang memiliki berat massa atom sebesar 5 g/cm^3 atau lebih. Kelompok inorganik metal di perairan alami memiliki kadar sangat rendah. Kelompok ini termasuk logam berat yang bersifat esensial (Cr, Ni, Cu, Zn) dan yang bersifat non esensial (As, Cd, Pb, Hg). Elemen yang sifatnya esensial dibutuhkan dalam proses kehidupan biotik perairan. Kelompok elemen esensial maupun non esensial dapat bersifat toksik atau racun bagi kehidupan biota perairan, apabila jika terjadi peningkatan kadar logam berat tersebut dalam perairan. Kelompok logam berat yang berpotensi memiliki daya racun cukup tinggi terhadap kehidupan biota laut dan kerusakan lingkungan perairan adalah: Hg, Cd, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn dan As (Lestari, 2008).

Logam berat termasuk golongan logam dengan kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya yaitu terletak pada pengaruh yang akan diakibatkan apabila logam berat tersebut masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Tidak semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan pada makhluk hidup, tetapi sebagian logam berat tersebut tetap dibutuhkan namun dalam jumlah yang sangat kecil. Namun demikian, jika jumlah yang sangat kecil itu tidak terpenuhi maka dapat berakibat fatal bagi kelangsungan hidup organisme (Ika *et al.*, 2012; Setiawan, 2013).

Logam berat termasuk zat pencemar karena sifatnya yang stabil dan sulit untuk terurai. Hidayanti (2019) menjelaskan bahwa logam berat dari kegiatan antropogenik, umumnya masuk ke lingkungan sebagai senyawa anorganik kompleks atau ion hidrat yang dapat dengan mudah berikatan dengan permukaan partikel sedimen melalui proses fisik dan ikatan kimia.

2.1.1 *Argentum* (Ag)

Perak adalah logam yang putih, liat dan dapat ditempa, secara komersial merupakan logam berharga. Lambang unsurnya Ag, yang berasal dari bahasa

Latin *Argentum*. Di alam perak bisa terdapat sebagai perak murni, senyawa atau campuran dengan logam lain. Sebagai senyawa, biasanya ditemukan dalam bentuk sulfida dan campuran bersama Cu, Au, Pb, dan Zn.

Kontaminasi logam perak pada perairan akan berdampak pada kualitas perairan serta ekosistem di dalamnya secara umum. Secara spesifik pengaruh kontaminasi logam berat perak atau *Argentum* (Ag) terhadap biota perairan termasuk jenis ikan bervariasi mulai dari dapat menyebabkan hambatan enzim pada hati, menghambat pertumbuhan embrio, telur yang menetas prematur, kemampuan hidup (viabilitas) embrio sampai pada mengakibatkan kematian telur/embrio. Semua konsekuensi ini berkorelasi erat dengan tingkat kelestarian keanekaragaman hayati baik pada aspek kuantitas maupun kualitas biota perairan (Ritabulan, 2011).

2.1.2 Cadmium (Cd)

Cadmium merupakan bahan beracun yang dapat menyebabkan keracunan kronik pada manusia, sehingga tingkat maksimum yang diperbolehkan di perairan adalah 0,01 mg/L (PP No 82 Th 2001 Tentang Kualitas Air). Jenis logam berat ini mempunyai nilai toksisitas yang sangat tinggi bagi manusia (Prabowo *et al.*, 2016).

Bahan organik yang terlarut dalam perairan memiliki kapasitas membentuk ikatan kompleks dengan Cd dan logam berat lainnya. Demikian pula keberadaan asam humus dalam perairan seperti asam fulvik, asam humic akan membentuk ikatan kompleks dengan Cd. Pada perairan tawar, kemampuan pembentukan kompleks Cd oleh asam humus sekitar 2,7% daripada total Cd terlarut, sementara di perairan estuari lebih rendah dari 1% daripada total Cd terlarut. Dengan kata lain, selain ditentukan oleh kadar asam humus dan Cd terlarut, parameter pH dan salinitas berperan dalam membentuk ikatan kompleks logam berat–asam humus. Logam berat Cd terlarut dalam air akan mengalami proses adsorpsi oleh partikel tersuspensi dan mengendap di sedimen. Proses adsorpsi akan diikuti oleh proses desorpsi yang mengembalikan Cd dalam bentuk terlarut dalam badan air. Kadar Cd di perairan alami berkisar antara 0,29-0,55 ppb dengan rata-rata 0,42 ppb (Lestari, 2008).

2.1.3 Cobalt (Co)

Cobalt merupakan unsur kimia yang memiliki lambang Co dan nomor atom 27. Logam berat Co termasuk ke dalam logam transisi yang terdapat pada golongan VIII B. Ketersediaan unsur kimia *Cobalt* terdapat dalam banyak formulasi seperti kertas perak dan kawat. Logam berat Co banyak terdapat berikatan dengan Nikel, perak, timbal, tembaga, dan bijih besi, dimana didapatkan dari hasil samping produksi. Menurut National Sediment Quality Survey US EPA (2004) konsentrasi logam Co yang diperbolehkan pada sedimen yaitu sebesar 50,57-158,13 ppm.

Cobalt tidak dapat dimusnahkan setelah memasuki lingkungan dan akan bereaksi dengan partikel lain atau terserap pada partikel tanah atau sedimen air. *Cobalt* (Co) termasuk logam yang dibutuhkan oleh tumbuhan dalam jumlah sangat sedikit (renik) yang dibutuhkan dalam pertumbuhan dan reproduksi pada tumbuhan dan hewan. *Cobalt* merupakan logam berat yang memiliki karakteristik kimia sama dengan Nikel, tetapi lebih mudah larut (Permatasari, 2017).

2.1.4 Cromium (Cr)

Cromium merupakan salah satu logam mineral yang keberadaannya terkandung dalam lapisan bumi. Logam berat *Cromium* dalam suatu perairan berasal dari alam dalam jumlah yang sangat kecil seperti proses pelapukan batuan dan run-off dari daratan, namun logam berat *Cromium* dapat meningkat dengan jumlah yang besar akibat oleh kegiatan manusia seperti kegiatan industri, limbah rumah tangga, dan kegiatan lainnya melalui limbah yang masuk ke dalam perairan. Masuknya bahan pencemar ke dalam perairan akan mempengaruhi kualitas air dan organisme yang hidup di perairan tersebut (Nuraini *et al.*, 2017).

Dampak *Cromium* (Cr) yang ditimbulkan bagi organisme akuatik yaitu terganggunya metabolisme tubuh akibat terhalangnya kerja enzim dalam proses fisiologis, *Cromium* (Cr) dapat menumpuk dalam tubuh dan bersifat kronis yang akhirnya mengakibatkan kematian organisme. Akumulasi logam berat *Cromium* (Cr) dapat menyebabkan kerusakan terhadap organ respirasi dan dapat juga menyebabkan timbulnya kanker pada manusia (Kristianto *et al.*, 2017).

Melalui rantai makanan *Cromium* dapat terdeposit pada bagian tubuh makhluk hidup yang pada suatu ukuran tertentu dapat menyebabkan racun. Apabila masuk ke dalam sel, dapat menyebabkan kerusakan struktur DNA hingga

terjadi mutasi. Terakumulasinya krom dalam jumlah besar di tubuh manusia jelas-jelas mengganggu kesehatan karena krom memiliki dampak negatif terhadap organ hati, ginjal serta bersifat racun bagi protoplasma makhluk hidup. Selain itu juga bersifat karsinogen (penyebab kanker), teratogen (menghambat pertumbuhan janin), dan mutagen (Kristianto *et al.*, 2017).

2.1.5 Cuprum (Cu)

Cuprum merupakan salah satu logam berat yang termasuk bahan beracun dan berbahaya. Namun merupakan logam yang banyak dimanfaatkan dalam industri, terutama dalam industri elektroplating, tekstil dan industri logam (alloy). Ion Cu (II) dapat pula terakumulasi di otak, jaringan kulit, hati, pankreas, dan miokardium (Fitriyah *et al.*, 2013).

Keberadaan unsur tembaga di alam ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan. Cu yang termasuk dalam kelompok logam esensial, dimana dalam kadar yang rendah dibutuhkan oleh organisme sebagai kofaktor enzim dalam proses metabolisme tubuh, sedangkan dalam kadar yang tinggi bersifat beracun (Fitriyah *et al.*, 2013).

Menurut Ahmad (2009) kadar normal Cu dalam air laut berkisar antara 0,002–0,005 ppm dan 2 ppb atau 0,002 ppm. Nilai Ambang Batas (NAB) Cu untuk kepentingan biota laut adalah 0,008 ppm. Pada konsentrasi 0,01 ppm fitoplankton akan mati karena Cu menghambat aktivitas enzim dalam pembelahan sel fitoplankton. Konsentrasi Cu dalam kisaran 2,5-3,0 ppm dalam perairan akan membunuh ikan.

2.1.6 Ferrum (Fe)

Ferrum merupakan logam dalam kelompok makromineral di dalam kerak bumi, tetapi termasuk kelompok mikro dalam sistem biologi. Pada sistem biologi seperti manusia, hewan, dan tanaman, logam ini bersifat esensial, kurang stabil dan secara perlahan berubah menjadi fero (Fe^{2+}) atau feri (Fe^{3+}). Kadar besi (Fe) di perairan yang mendapat suplay aerasi hampir tidak pernah lebih dari 0,3 mg/L. Kadar besi di perairan alami berkisar antara 0,05-0,2 mg/L. Pada air tanah dangkal dengan kadar oksigen yang rendah, kadar besi dapat mencapai 10-100 mg/L. Kadar besi >1,0 mg/L dianggap membahayakan kehidupan organisme akuatik (Tarigan, 2017).

Toksisitas besi (Fe) pada tubuh manusia kemungkinan besar terjadi karena banyak mengkonsumsi makanan, obat maupun vitamin yang banyak mengandung Fe. Toksisitas Fe akan menyebabkan kerusakan lambung, hati, ginjal dinding pembuluh darah, dan otak. Keracunan Fe ini dapat menyebabkan permeabilitas dinding pembuluh darah kapiler meningkat sehingga plasma darah merembes keluar. Akibatnya, volume darah menurun, dan hipoksia jaringan menyebabkan asidosis. Penelitian pada hewan menunjukkan bahwa toksisitas akut Fe ini menyebabkan lamanya proses koagulasi darah (Darmono, 2001).

2.1.7 Mangan (Mn)

Mangan merupakan kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi, Mangan berada dalam bentuk Manganous (Mn^{2+}) dan Manganik (Mn^{4+}). *Mangan* merupakan salah satu dari tiga elemen penting beracun apabila memiliki konsentrasi yang terlalu tinggi di dalam tubuh, tetapi juga diperlukan oleh manusia untuk bertahan hidup (Sari *et al.*, 2016). Kadar *Mangan* pada perairan alami sekitar 0,2 liter atau kurang, kadar yang lebih besar dapat terjadi pada air tanah dalam dan pada danau yang dalam. Perairan asam dapat mengandung Mangan sekitar 10 – 150 liter.

Mangan merupakan nutrient renik yang esensial bagi tumbuhan dan hewan. Logam ini berperan dalam pertumbuhan dan merupakan salah satu komponen penting pada sistem enzim, defisiensi *Mangan* dapat mengakibatkan pertumbuhan terhambat serta sistem saraf dan proses reproduksi terganggu. Pada tumbuhan, *Mangan* merupakan unsur esensial dalam proses metabolisme. *Mangan* merupakan salah satu dari tiga elemen penting beracun apabila memiliki konsentrasi yang terlalu tinggi di dalam tubuh, tetapi juga diperlukan oleh manusia untuk bertahan hidup.

2.1.8 Nikel (Ni)

Logam anorganik (anion halida, sulfat, fosfat, karbonat, karbonil) dalam badan air akan membentuk ikatan kompleks stabil dengan Ni^{2+} . Demikian pula ligan organik yang memiliki gugus oksigen, nitrogen, dan terutama sulfur akan membentuk kompleks yang stabil dengan Ni^{2+} . Sementara kompleks asam humus- Ni^{2+} bersifat moderat bergantung pada pH dan rasio kadar humus fulvic: Ni^{2+}

bersifat tidak larut dan cenderung mengendap. Apabila kadar rasio humus fulvik- Ni^{2+} > 2, maka kompleks yang terbentuk bersifat larut.

Transpor Ni^{2+} dalam kolom air terutama terjadi melalui adsorpsi logam berat tersebut oleh partikel-partikel padatan tersuspensi. Banyak sedikitnya Ni yang teradsorpsi bergantung pada kadar padatan tersuspensi, ukuran partikelnya dan kadar Ni itu sendiri. Partikel tersuspensi yang berukuran kecil (0,2-30 μm) mampu mengadsorpsi dan mentranspor Ni sebesar $\pm 80\%$ dari total Ni terlarut (<0,2 μm), sehingga hanya sebagian kecil saja yang diserap dan masuk dalam jaringan tubuh biota air ($\pm 8\%$) (Lestari, 2008).

Dalam perairan dimana kandungan tersuspensi, kadar Ni dalam bentuk terlarut relatif tinggi. Cara transpor Ni juga terjadi melalui ikatan dengan Fe-Mn oksida dan hidroksida (koloid), terutama dalam lingkungan perairan tawar dan estuari. Di perairan laut makro elemen Ca diketahui berperan dalam mentranspor Ni ($\pm 15\%$) dalam bentuk ikatan koloid.

2.1.9 Plumbum (Pb)

Keberadaan ligan baik organik maupun inorganik dalam badan air akan membentuk ikatan kompleks dengan Pb. Dengan ligan anorganik fosfat (PO_4) dan sulfida (S), Pb akan membentuk senyawa $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ dan PbS yang bersifat tidak larut. Di perairan dengan $\text{pH} > 6$ senyawa tersebut akan mengalami proses hidrolisis membentuk $\text{Pb}(\text{OH})^+$ terlarut. Senyawa solid $\text{Pb}(\text{OH})_2$ hanya terbentuk pada $\text{pH} \geq 10$, Karena itu, pada suasana pH laut (pH 7.5-8.5) senyawa $\text{Pb}(\text{OH})^+$ terlarut adalah dominan dibandingkan dengan PbCl_2 dan PbCO_3 (Lestari, 2008).

Kandungan Timbal (Pb) dalam sedimen biasanya lebih tinggi dibandingkan dalam air. Tingginya kadar Pb dalam sedimen dibandingkan dalam air menunjukkan terjadinya akumulasi logam Pb pada sedimen sehingga terjadi penumpukan di dasar perairan. Sedangkan pada air laut, logam Pb masih bisa bergerak bebas akibat pengaruh arus, pasang surut dan gelombang sehingga terjadi pengenceran. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa seiring dengan berjalannya waktu maka logam Pb juga akan terakumulasi di dalam tubuh biota yang hidup dan mencari makan di dalamnya (Amriani *et al.*, 2011).

2.1.10 Zink (Zn)

Zink (Zn) adalah komponen alam yang terdapat di dalam kerak bumi. *Zink* (Zn) merupakan logam yang memiliki karakteristik cukup reaktif, berwarna putih kebiruan, dan akan pudar apabila terkena uap udara dan terbakar bila terkena uap udara dengan api hijau terang. *Zink* (Zn) dapat bereaksi dengan asam, basa, dan senyawa non logam. *Zink* (Zn) memiliki nomor atom 30 dan memiliki titik lebur 419,73°C. Kadar *Zink* pada air minum sebaiknya tidak lebih dari 2 mg/L.

Zink adalah logam esensial yang reaktif non toksik, terutama bila termakan langsung melalui mulut. *Zink* dapat menjadi toksik apabila dikonsumsi berlebihan, sehingga menimbulkan gejala seperti mual, muntah, sakit perut dan kelemahan. Toksisitas *Zink* menurun dengan meningkatnya kesadahan, dengan meningkatnya suhu dan menurunnya oksigen terlarut. Logam *Zink* (Zn) sebenarnya tidak toksik dalam keadaan sebagai ion, *Zink* (Zn) bebas memiliki toksisitas tinggi. Meskipun *Zink* (Zn) merupakan unsur esensial bagi tubuh tetapi dalam dosis tinggi *Zink* (Zn) dapat berbahaya. Konsumsi *Zink* (Zn) secara berlebih akan mengalami hematologi, hati, dan ginjal (Tarigan, 2017).

2.2 Ikan, Kerang dan Kepiting sebagai Biota Bioindikator

Biomonitoring telah banyak digunakan sebagai indikator pencemaran di laut dengan menganalisis konsentrasi logam berat pada berbagai jenis hewan laut seperti ikan, kerang-kerangan, dan krustasea (Rumahlatu, 2011). Kontaminasi logam berat pada sistem akuatik umumnya dalam bentuk terlarut atau tersuspensi sehingga pada akhirnya akan mengendap di dasar atau masuk ke dalam tubuh organisme (Baby *et al.* 2010).

Logam berat dapat berpindah dari lingkungan ke organisme, dan dari organisme satu ke organisme lain melalui rantai makanan. Logam berat yang ada pada perairan suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar perairan, membentuk sedimentasi dan hal ini akan menyebabkan biota laut yang mencari makan di dasar perairan (udang, kerang, kepiting) akan memiliki peluang yang sangat besar untuk terkontaminasi logam berat tersebut (Amriani *et al.*, 2011).

Logam berat dapat terakumulasi melalui rantai makanan, semakin tinggi tingkatan rantai makanan yang ditempati oleh suatu organisme, akumulasi logam berat di dalam tubuhnya juga semakin bertambah. Akumulasi logam berat pada

biota perairan dipengaruhi oleh berbagai faktor. Diantaranya adalah ukuran, stadium perkembangan dan kadar garam pada toksisitas logam berat terhadap organisme laut dan muara (Hananingtyas, 2017).

Logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh biota laut melalui beberapa jalan, yaitu saluran pernafasan (insang), saluran pencernaan (usus, hati, ginjal), maupun penetrasi melalui kulit. Jika biota laut yang telah terkontaminasi tersebut dikonsumsi oleh manusia dalam jangka waktu tertentu akan sangat berpengaruh terhadap kesehatan manusia (Setiawan, 2013).

Nurhayati dan Putri (2019), dalam penelitiannya menggunakan kerang sebagai bioindikator karena kerang merupakan komoditi perikanan yang dapat mengakumulasi logam berat dalam jumlah yang tinggi sebab kerang bersifat *filter feeder*. Hidayanti (2019) menggunakan ikan dan udang untuk mengetahui akumulasi logam berat akibat aktivitas penambangan emas dan mendapatkan hasil bahwa kandungan logam berat merkuri melebihi ambang batas yang sudah ditentukan.

Toksisitas Hg menyebabkan penderita biasanya mengalami tremor. Jika terus berlanjut dapat menyebabkan pengurangan pendengaran, penglihatan, atau daya ingat. Senyawa merkuri berpotensi menyebabkan toksisitas terhadap sistem saraf pusat. Kadar Cd yang berlebihan di dalam tubuh juga akan mengganggu metabolisme tubuh dan menimbulkan gangguan kesehatan antara lain merusak sistem fisiologis tubuh, seperti sistem urinaria (ginjal), sistem respirasi (paru-paru), sistem sirkulasi (darah) dan jantung, kerusakan sistem reproduksi, sistem syaraf, dan bahkan dapat mengakibatkan kerapuhan tulang. Selain itu, akibat kelebihan Cu dapat menyebabkan penumpukan tembaga di dalam hati yang dapat menyebabkan nekrosis hati atau serosis hati. Konsumsi sebanyak 10-15 ppm sehari dapat menimbulkan muntah dan diare (Suyanto *et al.*, 2010)

2.3 Teluk Ratai

Teluk Ratai secara administratif terletak di Desa Ketapang, Kecamatan Padang Cermin, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Kabupaten ini merupakan kabupaten yang baru dibentuk di Provinsi Lampung melalui Undang Undang Republik Indonesia No.33 Tahun 2007 hasil pemekaran dari Kabupaten Lampung Selatan dengan 7 kecamatan. Teluk Ratai yang merupakan anak teluk

dari teluk yang lebih besar yaitu Teluk Lampung yang berbatasan langsung dengan Selat Sunda. Secara geografis pantai ini terletak pada koordinat $105^{\circ}13'30''$ BT dan $05^{\circ}35'10''$ LS dengan batas-batas :

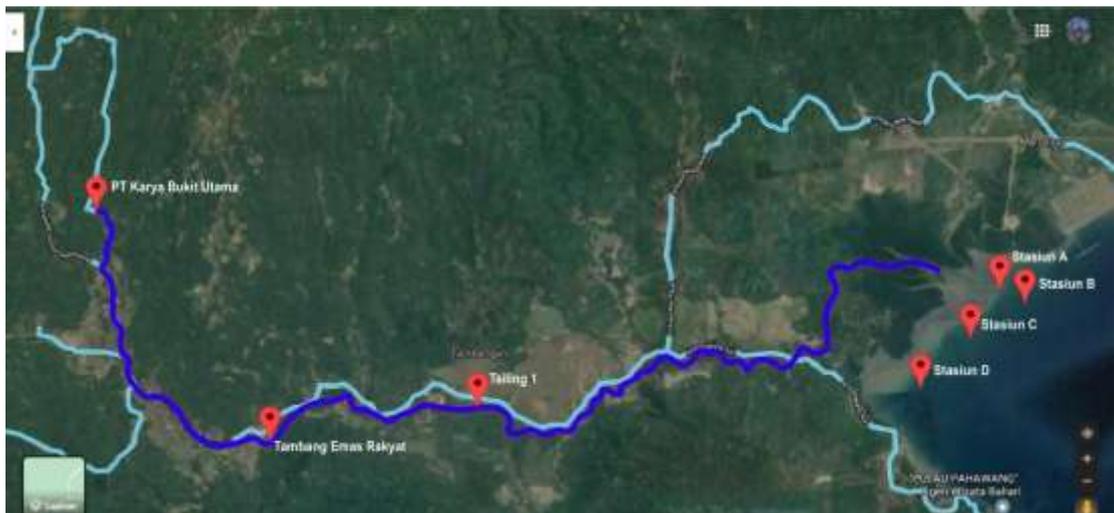
1. Selatan : Pulau Kelagian dan Selat Sunda
2. Utara : Jalan raya Teluk Ratai
3. Timur : Dusun Ketapang
4. Barat : Dusun Margo Dalam dan lahan TNI AL

Teluk Ratai hampir seluruh garis pantainya berbatu karang dengan ke dalaman terjal sepanjang garis pantainya. Daratan di sekitarnya berupa dataran dengan kemiringan $0-2^{\circ}$ ke arah pantai. Sebagian besar telah menjadi tempat pemukiman penduduk, kebun kelapa I sawah, dan sebagian lagi yang dekat dengan pantai berupa hutan bakau. Beberapa sungai, Wai Ratai dan sungai lainnya punya bakat untuk banjir. Keadaan dasar laut disekitar Wai Ratai pada umumnya terdiri dari lumpur, sedang di dekat pantai dasar laut pada umumnya terdiri dari batu karang.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Teluk Ratai, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober-Desember 2020, Persiapan dan preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Biologi Molekuler Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, sedangkan pengujian logam berat pada sampel dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Lampung. Adapun peta lokasi pengambilan sampel di Teluk Ratai dapat dilihat pada Gambar 2 dan letak geografis dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel di Teluk Ratai

Tabel 1. Stasiun Pengambilan Sampel

Stasiun	Letak Geografis		Lokasi Sampling
	Lintang	Bujur	
A	5°35'29,0" S	105°11'01,0" E	Muara Sungai
B	5°35'35,0" S	105°11'16,0" E	Pesisir Teluk Ratai
C	5°36'00,0" S	105°10'50,0" E	Pesisir Teluk Ratai
D	5°36'30,0" S	105°10'15,0" E	Pesisir Teluk Ratai

3.2 Alat dan Bahan

Tabel 2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat	Kantong sampel, Kertas Label, Alat Tulis, <i>Dissecting set</i> , ICP-OES, Neraca analitik dan Oven
Bahan	Sampel Ikan, Sampel Kepiting, Sampel Kerang, Larutan HClO ₄ , Larutan HNO ₃ dan Akuades

3.3 Metode

3.3.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Perairan Teluk Ratai memiliki letak geografis yang strategis yaitu berada di ujung Selatan Pulau Sumatra dan berbatasan langsung dengan laut. Perairan ini mengalir beberapa aliran Sungai yaitu Sungai Way Sabu dan Sungai Ratai, yang mengandung limbah dari berbagai kegiatan di lingkungan perairan tersebut.

Pengambilan sampel dari muara sungai hingga ke pesisir, diharapkan dapat mewakili kondisi perairan pesisir sebenarnya (*representative*). Jarak dari lokasi tambang ke tailing sejauh 7,7 km dan dari tailing ke perairan Teluk Ratai adalah 11 km. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 titik pada setiap stasiun pada pukul 16.00 WIB. Sampel yang telah didapatkan dimasukkan ke dalam kantong sampel yang telah disediakan sebelumnya dan diberi label. Selanjutnya sampel dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan air bersih untuk tahap preparasi berikutnya. Sampel ikan difilet dan bagian daging diambil kemudian dimasukkan ke dalam petri. Sampel kerang dan kepiting dikeluarkan dari cangkang dan dibilas menggunakan air bersih, selanjutnya sampel diletakan di petri.

3.3.2 Preparasi Sampel

Sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam dan didinginkan di dalam desikator, sampel yang telah kering kemudian ditumbuk hingga halus. Sampel kemudian ditimbang sebanyak 1-2 gram yang dimasukkan dalam wadah tertutup, selanjutnya ditambahkan 1,5 mL HClO₄ pekat dan 3,5 mL HNO₃ pekat ditutup dan dibiarkan selama 24 jam. Selanjutnya larutan yang diperoleh dipanaskan di atas penangas air pada suhu 60-70°C selama 2-3 jam (sampai larutan jernih).

Bila sampel tidak semua larut ditambahkan lagi HClO_4 pekat dan HNO_3 pekat, lalu ditambahkan 3 mL aquades, dipanaskan kembali hingga larutan hampir kering. Sampel selanjutnya didinginkan pada suhu ruang dan ditambahkan 1 mL HNO_3 pekat dan diaduk secara perlahan, kemudian ditambahkan 9 mL aquades (Supriatno dan Lelifajri, 2009).

3.3.3 Analisis Kadar Logam Berat Menggunakan ICP-OES

Sampel yang sudah dilakukan preparasi, selanjutnya dianalisis menggunakan ICP-OES untuk mendapatkan hasil logam berat pada sampel tersebut. Setelah sampel disiapkan, perangkat keras diatur dengan benar, dan komputer diprogram, selanjutnya analisis dimulai. Biasanya analisis dimulai dengan memperkenalkan larutan standar pertama ke plasma dan menekan tombol di komputer. Begitu analisis sampel selesai, hasil data analisis dapat terlihat di perangkat komputer yang terhubung dengan ICP OES (Ghosh *et al.*, 2013).

a.) Analisis kadar logam berat pada biota

Analisis kadar logam berat pada sampel biota dilakukan dengan menggunakan metode serapan sampel, kemudian diinterpolasikan ke dalam kurva kalibrasi standar masing-masing unsur sehingga akan diperoleh konsentrasi regresi masing-masing unsur. Kadar unsur dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Supriatno dan Lelifajri, 2009):

$$\text{Kadar} : \frac{C \times P \times V}{G} \text{ mg/kg}$$

Keterangan :

- C = Konsentrasi regresi
- P = Faktor pengenceran
- V = Volume pelarutan
- G = Berat sampel

3.4 Pengamatan

Variabel penelitian yang di amati adalah logam berat berupa Hg, Ag, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, Cu, Co, Fe dan Mn. Sampel biota yang sudah dilakukan pengujian menggunakan ICP OES, hasil pengujian logam berat selanjutnya dibandingkan dengan beberapa sumber tentang batas maksimum cemaran logam berat di biota, air dan sedimen. Batas maksimum cemaran logam berat mengacu pada IAEA-407 (2003), SNI (2009), WHO (1985), Badan Standarisasi Nasional (BSN, 2011), Badan

POM Depkes (1989), BSN (2009), Bulgarian Food Codex (Peycheva *et al.* 2016), Canadian Food Standard (Papagiannis *et al.* 2004), USFDA (Javed *et al.* 2013), Badan Standardisasi Nasional (BSN, 2011), WHO (1985), MFA (1993), FAO (1983), MFR (1985), BPOM (2017) dan WHO (1989).

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Pada perairan pesisir Teluk Ratai didapatkan tiga jenis biota yang mengandung logam berat, yaitu kepiting (*Episesarma sp*), kerang darah (*Anadara granosa*) dan ikan (*Caesio teres*).
2. Berdasarkan hasil penelitian penulis menyimpulkan bahwa konsentrasi logam berat pada biota dari 10 parameter logam berat (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb dan Zn), dan 8 titik sampel pengamatan menunjukkan nilai rerata di atas baku mutu yang telah ditetapkan. Dimana konsentrasi Ag tertinggi terdapat pada biota *Episesarma sp* di stasiun D.1 sebesar 48,9 mg/kg, Cr 415,86 mg/kg, Fe 3.339,89 mg/kg, Mn 26,39 mg/kg, dan Ni 14,88 mg/kg. Konsentrasi Cu tertinggi yaitu 82,89 mg/kg dan Zn 148.80 mg/kg pada biota *Caesio teres* di stasiun B.2. Konsentrasi Pb tertinggi terdapat di stasiun C.1 pada *Anadara granosa* sebesar 2,44 mg/kg. Sedangkan konsentrasi Cd dan Co pada 4 stasiun masih berada dibawah nilai ambang batas baku mutu.

5.2 Saran

Diharapkan adanya penelitian lanjutan untuk analisis kandungan logam berat pada wilayah mangrove dan spesies yang berbeda dengan mengukur faktor biokonsentrasi serta analisis korelasi utama.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. 2014. Kimia Lingkungan. Penerbit Andi. Jakarta
- Adam, M.A. dan M aftuch, M., 2015. Evaluasi Optimasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Terhadap Pencemaran Sungai Wangi Pasuruan, . Environ. Eng. Sustain. Technol.,2, 1–5.
- Adhani, R dan Husaini. 2017. Logam Berat Sekitar Manusia. Diterbitkan Oleh: Lambung Mangkurat University Press Pusat Pengelolaan Jurnal dan Penerbitan Unlam. Banjarmasin.
- Ahmad, F. 2009. Tingkat Pencemaran Logam Berat Dalam Air Laut dan Sedimen Di Perairan Pulau Muna, Kabaena, Dan Buton Sulawesi Tenggara. Makara, Sains, vol. 13, no. 2, november 2009: 117-124 117.
- Amriani, B. Hendrarto dan Agus H. 2011. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (*Anadara granosa L.*) Dan Kerang Bakau (*Polymesoda bengalensis L.*) Di Perairan Teluk Kendari . *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 45-50
- Azhar, H., I, Widowati dan J, Suprijanto. 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*. Vol.1 No.2. Hal. 35-44.
- Baby, J., Justin S., Edwin T., P. Sankarganesh, M. V. Jeevitha, S. U. Ajisha, Sheja S. 2010, Toxic effect of heavy metals on aquatic environment. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 939-952.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. Penentuan kadar Pb dan Cu Pada Kepiting *Scylla serrata* Hidup Untuk Konsumsi. SNI. No 4108.1:2011. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Bijang, C.M., Tehubijuluw, H. dan Kaihatu, T.G., 2018. Biosorption Of Cadmium (Cd²⁺) Metal Ion In Brown Seaweed Biosorbent (*Padina australis*) From Liti Beach, Kisar Island, Indo. *J. Chem. Res.*, 6, 563–570
- Boky, H., J. M. L. Umboh dan B. Ratang. 2015. Perbedaan Kandungan Merkuri (Hg) Air Sumur Gali Berdasarkan Jarak dari Sumber Pencemar di Wilayah Pertambangan Rakyat Desa Tatelu I. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat Unsrat Vol. 5 No. 1*, 63-70

- BPOM (Badan Pengawasan Obat dan Makanan) No.03725/B/SK/VII/1989 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam dalam Makanan.
- BPOM No.5. 2018. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan Olahan, Badan Pengawas Obat dan Makanan. Jakarta.
- Bryan, G.W. 1976. Heavy Metal in The Sea. In: Marine Pollution. Johnson (ED) Academic Press. London. Page 185-130
- BSN 7387.16:2009. Batas Maksimum Cemaran Logam dalam Pangan. Panitia Teknis 67-02 Bahan Tambahan Pangan dan Kotaminan. Badan Standarnisasi Nasional. Jakarta.
- Cahyani, M. D., R, Azizah dan B, Yulianto. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Air, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan sungai Sayung dan Sungai Gonjol, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Juornal of Marine Research*. Vol.1 No.2. Hal 73-78.
- Cahyani, N., Djamar T.F. dan Sulistiono. 2016. Kandungan Logam Berat Pb, Hg, Cd, Dan Cu Pada Daging Ikan Rejung (*Sillago sihama*) Di Estuari Sungai Donan, Cilacap, Jawa Tengah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia Vol.19 No. 3*, 267-276.
- Darmono, 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. Universitas Indonesia, Jakarta
- Darmono. 2006. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. UI-press : Jakarta
- Elawati, Ishak I. dan Fitryane L. 2017. Cemaran Logam Merkuri (Hg) Pada Air dan Sedimen Sungai Buladu Akibat Pertambangan Emas Tanpa Izin (PETI) Di Kecamatan Sumalata. *Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi Vol. 7 No. 1*, 40-43
- Fajri, N. E. 2001. Analisis kandungan logam berat Hg, Cd dan Pb dalam air laut, sedimen dan tiram (*Carassostrea cucullata*) di perairan pesisir Kecamatan Peder, Kab. Karawang. Jawa Barat. Tesis. Fakultas Pascasarjana IPB. Bogor.
- FAO. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. FAO Fishery Circular No. 464, 764, pp 5–100
- FAO/WHO Food and Agriculture Association; Evaluation Of Certain Food Additives And Contaminants. 2004. Summary of Evaluations Ferformade by the Jint FAO/WHO Expert Committee of Food Additives (JECFA 1956-2003). ILSI Press International Life Sciences Institute
- Fitriyah, A. W., Y, Utomo dan Irma. 2013. Analisis Kandungan Tembaga (Cu) dalam Air dan Sedimen di Sungai Surabaya. *Jurnal Kimia Universitas Malang*. 1-18

- Gani, P. R., Jemmy A. dan Audy D.W. 2017. Analisis Air Limbah Pertambangan Emas Tanpa Izin Desa Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal MIPA Unsrat*, 6-11
- Hananingtyas, I. 2017. Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus sp.*) di Pantai Utara Jawa . *BIOTROPIC The Journal of Tropical Biology* , 41-50,
- Harahap. S. 1991. Tingkat Pencemaran Air Kali Cakung Ditinjau dari Sifat Fisika-Kimia Khususnya Logam Berat dan Keanekaragaman Jenis Hewan Benthos Makro. IPB. 167 hal
- Hidayanti, K. 2019. Distribusi Logam Berat Pada Air Dan Sedimen Serta Potensi Bioakumulasi Pada Ikan Akibat Penambangan Emas Tanpa Izin (Studi Kasus : DAS Sekonyer, Kalimantan Tengah). *Media Ilmu Teknik Lingkungan*, 24-33.
- Hutabarat, S dan S.M. Evans. 1986. Pengantar Oseanografi. Jakarta : UI Press
- Hutagalung. H.P. 1991. Pencemaran laut Oleh Logam berat: Puslitbang Oseanologi. Status Pencemaran Laut di Indonesia dan tehnik Pemantaunnya. LIPI. Jakarta.
- IACD/CEDA, 1999. Convension, Codes and Conditions: Marine Disposal. Enviromental Aspect of Dredging.
- IAEA-407. 2003. Trace Elements And methylmercury In Fish Tissue. International Atomic Energy Agency, Analytical Quality Control Services, Wagramer Strasse 5, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.
- Ika, Tahril dan I. Saad. 2012. Analisis Logam Timbal (Pb) dan Besi (Fe) dalam Air Laut di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Taipa Kecamatan Palu Utara. *Jurnal Akademika Kimia*, 181-186. 66-70,
- Istarani , F dan E, S. Pandebesie. 2014. Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan. *Jurnal Teknik POMITS Vol.3, No.1.*
- Javed., Mehjbeen., & Usmani, N. (2013). Assessment of heavy metal (Cu, Ni, Fe, Co, Mn, Cr, Zn) pollution in effluent dominated rivulet water and their effect on glycogen metabolism and histology of Mastacembelus armatus Springer Plus 2013(2): 390.
- Kasan, R., R. M. Rompas dan N. D. C. Rumampuk. 2015. Telaah Kandungan Arsen pada Sedimen d Estuari Sungai Marisa Kabupaten Pohuwato Gorontalo, *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 62-68.
- Kementrian KLH, Keputusan Menteri Negara a KLH Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan, Kementrian KLH, Jakarta, 1988

- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, Tentang Baku Mutu Air Laut. Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia
- Krisnawati, P. 2013. Pencemaran Kadmium Dan Prospek Pemuliaan Tanaman Kedelai Berkandungan Kadmium Rendah. *Jurnal Buletin Palawija* No.26, Hml 61–71.
- Kristianto, Soni, Sukian W. dan Deni W. 2017. Analisis Logam Berat Cromium (Cr) Pada Kali Pelayaran Sebagai Bentuk Upaya Penanggulangan Pencemaran Lingkungan Di Wilayah Sidoarjo. *Jurnal Biota* Vol. 3.
- Latifah, A., 2011. Karakteristik Morfologi Kerang Darah *A.granosa*. Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Laws, E. A. (1993). *Aquatic Pollution. An Introductory Text*. 2nd Edition. John Willey dan Sons Inc. USA.
- Lestari. 2008. Distribusi dan Partisi Geokimia Logam Berat dalam Sedimen di Teluk Jakarta. Tesis. Universitas Indonesia.
- Maslukah, L. 2013. Hubungan antara Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butir dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang . *Buletin Oseanografi Marina* , 55-62.
- Mohiuddin, K. M., Y. Ogawa, H. M. Zakir, K. Otomo, N. Shikazono. 2011. Heavy metals contamination in water and sediments of an urban river in a developing country . *International Journal Environ Science Technology*, 723-736.
- Mulyawan. 2005. Korelasi kandungan Logam Berat Hg, Pb, Cd dan Cr pada air laut, sedimen dan kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. Tesis. Pascasarjana IPB, Bogor.
- Murniasih, S dan A, Taftazani. 2013. Evaluasi Hg, Cd, Co, Cr dan As salam Sampel Produk Agroindustri Berdasarkan Keputusan BPOM dan ADI (*Accept Daily Intake*). *Jurnal Iptek Nuklir Ganendra* Vol.16 No.1. Hal 26-37.
- Nugraha W.A. 2009. Kandungan Logam Berat Pada Air dan Sedimen Di Perairan Socah dan Kwanyar Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Kelautan*, Vol. 2
- Nuraini, Ria A., Hadi E. dan Riza M. 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Cromium (Cr) Pada Air, Sedimen Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Trimulyo Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis* Vol. 20(1), 48-55.
- Nurhayati, D. dan D. A. Putri. 2019. Bioakumulasi Logam Berat Pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Cirebon Berdasarkan Musim yang Berbeda . *Jurnal Akuatika Indonesia*, 6-10,

- Nurjanah, Zulhamsyah dan Kustiyariyah. 2005. Kandungan Mineral dan Proksimat Kerang Darah *A.granosa* yang diambil dari Kabupaten Boalemo, Gorontalo. Buletin Teknologi Hasil Perairan. Vol VIII. Nomor 2 hal.16.
- Nurventi, N. 2019. Perbandingan Metode Analisis Logam Berat Cromium dan Timbal Menggunakan *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy* (ICP OES) dan *Atomic Absorbtion Spectrometry* (AAS). Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta: Jakarta
- Palar. 2008. Pencemaran dan toksikologi logam berat. Jakarta: Rineka Cipta
- Papagiannis, I., Kagalou, I., Leonardos, J., Petridis, D., & Kalfakakou, V. (2004). Copper and zinc in four freshwater fish species from Lake Pamvotis (Greece). *Environ. Int.*, 30: 357-362.
- Peristiwady, T. 2006. Ikan-Ikan Laut Ekonomis Penting di Indonesia: Petunjuk Identifikasi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.
- Permatasari, A. 2017. Analisis Logam Berat Cu, Co dan V pada Sedimen Perairan, Kabupaten Mamuju menggunakan *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy* (ICP-OES). Skripsi: Universitas Hasanuddin.
- Peycheva, K., Panayotova, V., & Stancheva, M. (2016). Assessment of human health risk for copper, arsenic, zinc, nickel, and mercury in marine fish species collected from Bulgarian black sea coast. *Int Jour of Fisheries and Aquatic Studies*; 4(5): 41-46.
- Pirdaus, P., M. Rahman, Rinawati, Ni Luh Gede R. J., Dian P., Agung A. K. 2018. Verifikasi Metode Analisis Logam Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Co, Fe, Mn Dan Ba Pada Air Menggunakan *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer* (ICP-OES). *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 1-10
- Prabowo, R., Purwanto dan HR Sunoko. 2016. Akumulasi Cadmium (Cd) Pada Ikan Wader Merah (*Puntius bramoides* C.V), Di Sungai Kaligarang . *Jurnal MIPA* 39 (1), 1-10,
- Pramudya, B. 2014. Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan di Wilayah Pesisir. *Jurnal Lingkar Widyaiswara*
- Rahmadani T., S.M. Sabang Dan I. Said. 2015. Analisis Kandungan Logam Zink (Zn) Dan Timbal (Pb) Dalam Air Laut Pesisir Pantai Mamboro Kecamatan Palu Utara. *Jurnal Akademi Kimia*. Vol. 4
- Ramlia, R. dan Djalla, A., 2018. Uji Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Wilayah Pesisir Parepare, J. Ilm. Mns. Dan Kesehat., 1, 255 – 264

- Riani, E. 2012. *Perubahan Iklim dan Kehidupan Biota Akuatik (Dampak pada Bioakumulasi Bahan Berbahaya dan Beracun dan Reproduksi)*. IPB Pres. Bogor
- Ritabulan. 2011. Pengaruh Logam Berat Argentum Pada Reproduksi Dan Keanekaragaman Hayati [Khusus Biota Perairan]. Buku; Ekologi dan Pembangunan. Bogor
- Rumahlatu, D. 2011. Konsentrasi Logam Berat Kadmium Pada Air, Sedimen dan *Diadema setosum* (Echinodermata, Echinoidea) di Perairan Pulau Ambon. *Ilmu Kelautan Vol. 16 (2)*, 78-85.
- Rumahlatu, D., A, D. Corebima., M, Amin dan F, Rachman. 2021. Kandminum Dan Efeknya Terhadap Ekspresi Protein Metallothionein Pada *Deadema Setosum* (Echinoidea; Echinodermata). *Jurnal Penelitian Perikanan. Vol.1 No.1. Hal.26-35.*
- Sahara 2011. Karakteristik Kerang Darah *A.granosa*. Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Samman, A. 2014. Konsentrasi Merkuri Pada Air, Sedimen, Dan Keong Popaco (*Telescopium telescopium linnaeus, 1758*), Di Muara Sungai Balaotin, Cibok Dan Kobok, Kecamatan Kao Teluk, Halmahera Utara. Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Sandro, S. R., S, Lestari dan A, I. S. Purwiyanto. Analisa Kandungan Kadar Logam Berat Pada Daging Kepiting *Scylla serrata* Di Perairan Muara Sungai Banyuasin. *Fishtech. Vol.2 No.1.*
- Santosa, R.W. 2013. Dampak Pencemaran Lingkungan Laut Oleh Perusahaan Pertambangan Terhadap Nelayan Tradisional. *Lex Administratum Vol. I No. 2*
- Sari, Frederica G.T., Diky H. dan Dian S.P. 2016. Kajian Kandungan Logam Berat Mangan (Mn) Dan Nikel (Ni) Pada Sedimen Di Pesisir Teluk Lampung. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry, E-ISSN 2540-8267. 17-25.*
- Seale. 1906. Klasifikasi *Caesio teres*. ITIS Report. *Diaskes : https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSNdansearch_value=550962#null*.
- Sekarwati, N., B, Murachman dan Sunarto. 2015. Dampak Logam Berat Cu (Tembaga) dan Ag (Perak) Pada Limbah Cair Industri Perak terhadap Kualitas Air Sumur dan Kesehatan Masyarakat Serta Upaya Pengendaliannya Di Kota Gede Yogyakarta. *Jurnal EKOSAINS Vol. VII*
- Selid, P. D., Hanying X., E. M. Collins, Marla S., Julia X. 20019. Sensing Mercury for Biomedical and Environmental Monitoring. *Sensors ISSN 1424-8220, 5446-5459.*

- Setiawan, H. 2013. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 12-24.
- Setiawan, H. 2013. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan* Vol.7 No.1.
- Siaka. I. M. 2008. Korelasi Antara Ke dalam Sedimen Di Pelabuhan Benoa Dan Konsentrasi Logam Berat Pb Dan Cu. *Jurnal Kimia* 2. Universitas Udayana
- Simbolon, D., Silvanus M. S. dan Sri W. Y. 2010, Kandungan Merkuri dan Sianida pada Ikan yang Tertangkap dari Teluk Kao, Halmahera Utara . *Ilmu Kelautan* Vol. 15 (3), 126-134.
- SNI (Standar Nasional Indonesia). 2009. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam pangan : 25 hal.
- SNI Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan – SNI 7387: 2009.
- Supriyanti, E. dan H. Endrawati. 2015. Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, Vol.18
- Suryani, Y. 2011. Bioremediasi Limbah Merkuri Dengan Menggunakan Mikroba Pada Lingkungan yang Tercemar . *ISSN 1979-8911*, 139-148.
- Susantoro, T.M., D, Sunarjanto dan A, Andayani. 2015. Distribusi Logam Berat Pada Sedimen Di Perairan Muara dan Laut Propinsi Jambi. *Jurnal Kelautan Nasional*. Vol.10 No.1.Hal 1-11.
- Suyanto, A., Sri K., Ch. Retnaningsih. 2010, Residu Logam Berat Ikan Dari Perairan Tercemar di Pantai Utara Jawa Tengah. *Jurnal Pangan dan Gizi* Vol. 01 (02), 33-38
- Tarigan. Z., Edward Dan A. Rozak. 2003. Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni dalam Air Laut dan Sedimen Di Muara Sungai Membramo, Papua dalam Kaitannya dengan Kepentingan Budidaya Perikanan. *Makara, Sains*, Vol. 7
- Trigan, Asti R. 2017. Analisa Kadar Besi (Fe) dan Seng (Zn) pada Sampel Air Sumur Darikampung Susuk Xi dan Pasar VI Padang Bulan dengan Menggunakan Inductively Couple Plasma (ICP). Universitas Sumatera Utara. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/4752>
- US EPA., 2004, The Incidence and Severity of Sediment Contamination in Surface Waters of United States, National Sediment Quality Survey: Second Edition, EPA-823-R-04-2007. US Environmental Protection Agency, Washington D.C
- USEPA. 2004. *The Incidence and Severity of Sediment Contamination in Surface Waters of United States, National Sediment Quality Survey: 2nd Edition*,

- EPA-823-R-04-2007, U. S. Environmental Protection Agency, Washington D.C.
- Utami, R., W. Rismawati dan K. Sapanli. 2018. Pemanfaatan Mangrove Untuk Mengurangi Logam Berat di Perairan. Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia
- WAC 173-204-320, 2019. Marine sediment quality standards
- Wahyuni, H., S. B. Sasongko dan D.P. Sasongko. 2013. Kandungan Logam Berat pada Air, Sedimen dan Plankton di Daerah Penambangan Masyarakat Desa Batu Belubang Kabupaten Bangka Tengah. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
- Wali, W. 2020, Konsentrasi Logam Berat Nikel (Ni) pada Sedimen dan Air Di Perairan Desa Tapuemea, Kabupaten Konawe Utara. *Journal Sapa Laut (Ilmu Kelautan)* Vol.5 Hal.37-47.
- Wanna, M., S. Yanto dan Kadirman. 2017. Analisis Kualitas Air dan Cemaran Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) Pada Ikan Di Kanal Daerah Hertasning Kota Makassar. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, Vol. 3
- Warwah, R. A., Supriharyono dan Haeruddin. 2015. Analisis Konsentrasi Kadmium (Cd) dan Timbak (Pb) Pada Air dan Ikan dari Perairan Sungai Wakak Kendal. *Jurnal Diponegoro Journal of maquares*. Vol.4, No.3. Hlm. 37-41
- Wibowo, D., Basri., A, Adami., Sumarlin., Rosdiana., W, Ndibale dan Ilham. 2020, Analisis Konsentrasi Logam Nikel (Ni) dalam Air Laut dan Persebarannya di Perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara. *Indonesia Journal of Chemical Research*. Vol.8 (2) Hal. 144-150,
- WPCL, 2004, Land Based Water Quality Classification. Official Journal, 25687, Water Pollution Control Legislation, Turkey.
- Yudo, S. 2006. Kondisi Pencemaran Logam Berat Di Perairan Sungai DKI Jakarta. *Jurnal; Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai*. JAI Vol. 2 No.1
- Yunus, R., I. A. Rahayu dan D. Ariyani. 2020, Analisis Kandungan Mangan (Mn) Pada Air Sumur Di Sekitar Kawasan Pertambangan Batubara Di Kecamatan Simpang Empat, Kabupaten Banjar. *Sains dan Terapan Kimia*, Vol. 14
- Yusuf, B. dan Nurliana, S., 2015. Analisa Pb²⁺ Pada Lobster (*Panulirus SP*) Dengan Metode Adisi Standar Spektrofotometer Uv-Vis Menggunakan Pengompleks Ditizon, *J. Kim. Mulawarman*, 11, 56–58 Galib, S., Said, I. dan Napitupulu, M., 2017. Digesti Logam Zink (Zn) Dalam Sedimen Estuaria Sungai Palu Dengan Kombinasi Asam Mineral, *J. Akad. Kim.*, 6, 247–251.