

SKRIPSI

KANDUNGAN LOGAM TIMBEL (Pb) DAN KADMIUM (Cd) PADA SEDIMEN DI PERAIRAN KOTA MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh:

MANJANI FATIMAH MALAHAYATI

L011171519



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**KANDUNGAN LOGAM TIMBEL (Pb) DAN KADMIUM (Cd) PADA SEDIMEN
DI PERAIRAN KOTA MAKASSAR**
Disusun dan diajukan oleh

MANJANI FATIMAH MALAHAYATI
L011171519

Telah dipertahankan di hadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Studi S1 Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 25 Januari 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

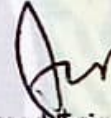
Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,



Dr. Mahatma Lanuru, ST., M.Sc.
NIP. 19701029 199503 1 001



Dr. Ahmad Faizal, ST., M.Si.
NIP. 19750727 200112 1 003

Ketua Program Studi Ilmu Kelautan,



Dr. Ahmad Faizal, ST., M.Si.
NIP. 19750727 200112 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Manjani Fatimah Malahayati
NIM : L011 17 1519
Program Studi : Ilmu Kelautan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul
Kandungan Logam Timbel (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Sedimen
di Perairan Kota Makassar

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 14 Februari 2022

Yang menyatakan



Manjani Fatimah Malahayati

L011171519

PERNYATAAN AUTHORSHIP

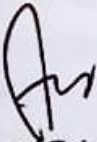
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Manjani Fatimah Malahayati
NIM : L011 17 1519
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi Skripsi/Tesis/Disertasi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai author dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan Skripsi) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan skripsi ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan demikian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, 14 Februari 2022

Mengetahui,
Ketua Departemen Ilmu Kelautan



Dr. Ahmad Faizal, ST., M.Si.
NIP. 19750727 200112 1 003

Penulis,



Manjani Fatimah Malahayati
NIM. L011 17 1519

ABSTRAK

MANJANI FATIMAH MALAHAYATI L011 17 1519. “Kandungan Logam Timbel (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Sedimen di Perairan Kota Makassar” dibimbing oleh **MAHATMA LANURU** sebagai Pembimbing Utama dan **AHMAD FAIZAL** sebagai Pembimbing Anggota.

Pencemaran di perairan laut dapat disebabkan oleh tertimbunnya zat polutan yang berasal dari aktivitas Pelabuhan, limbah rumah tangga, masukan dari beberapa kanal pembuangan limbah Kota Makassar dan buangan limbah industri yang menggunakan logam Pb dan Cd dalam proses produksinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat konsentrasi logam timbel (Pb) dan kadmium (Cd) pada sedimen di wilayah-wilayah perairan Pelabuhan Paotere, Center Point of Indonesia (CPI), dan Pulau Samalona, Kota Makassar. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari - Mei 2021, penentuan stasiun dibagi menjadi 3 titik di perairan Kota Makassar berdasarkan daerah yang merupakan sumber masuknya logam timbel (Pb) dan kadmium (Cd). Pengambilan data dilakukan dengan metode *purposive random sampling*. Parameter oseanografi fisika dan kimia pada penelitian ini yaitu, Suhu, Salinitas, Kecepatan arus, Kedalaman perairan, Derajat keasaman (pH) dan Potensial redoks (Eh) dan Bahan organik total. Nilai rata-rata konsentrasi logam Pb dan Cd yang tertinggi yakni (11,79 mg/kg) dan Cd (0,133 mg/kg) pada stasiun 2 di wilayah perairan Pelabuhan Paotere dan nilai rata-rata konsentrasi terendah yakni Pb (0,07 mg/kg) dan Cd (0,031 mg/kg) pada stasiun 3 di wilayah perairan Pulau Samalona sebagai titik kontrol yang berjarak cukup jauh dari Kota Makassar. Berdasarkan hasil yang didapatkan, konsentrasi Pb dan Cd pada sedimen di lokasi pengamatan tidak melewati standar baku mutu yang ditetapkan oleh ANZECC and ARMCANZ (2000) untuk logam Pb pada sedimen yaitu 50 mg/kg dan Cd 1,5 mg/kg.

Kata kunci : Kandungan Logam Berat; Logam Timbel (Pb); Logam Kadmium (Cd); Sedimen; Parameter oseanografi.

ABSTRACT

MANJANI FATIMAH MALAHAYATI L011 17 1519. “*Metal Deposits of Lead (Pb) and Cadmium (Cd) in the sediments in the waters of Makassar City*” Guided by **MAHATMA LANURU** as the Main Advisor and **AHMAD FAIZAL** as a member advisor.

Marine waters pollution can be caused by the accumulation of pollutant substances originating from port activities, household waste, input from several Makassar City waste disposal canals and industrial waste disposal using Pb and Cd metals in the production process. This study aims to determine the concentration levels of lead (Pb) and cadmium (Cd) in sediments in the waters of Paotere Port, Center Point of Indonesia (CPI), and Samalona Island, Makassar City. This research was carried out in January - May 2021, the determination of the station was divided into 3 points in the waters of Makassar City based on the area which is the source of the entry of lead (Pb) and cadmium (Cd). Data collection was done by purposive random sampling method. The physical and chemical oceanographic parameters in this study are temperature, salinity, current velocity, water depth, acidity (pH) and redox potential (Eh) and total organic matter. The highest average values of metal concentrations of Pb and Cd were (11.79 mg/kg) and Cd (0.133 mg/kg) at station 2 in the waters of Paotere Port and the lowest average concentration value was Pb (0.07 mg/kg) and Cd (0.031 mg/kg) at station 3 in the waters of Samalona Island as a control point which is quite far from Makassar City. Based on the results obtained, the concentrations of Pb and Cd in the sediment at the observation site did not exceed the quality standards set by ANZECC and ARMCANZ (2000) for Pb metal in sediments are 50 mg/kg and Cd 1.5 mg/kg.p

Keywords : Heavy Metal Content; Lead Metal (Pb); Metal Cadmium (Cd); Sediment; Oceanographic parameters.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Kandungan Logam Timbel (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Sedimen di Perairan Kota Makassar"**. Keberhasilan penyusunan skripsi ini tentunya tidak terlepas dari keterlibatan berupa dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Bapak Almarhum Prof. Dr. Akbar Tahir, M.Sc. selaku pembimbing utama dan penasehat akademik yang terkasih, terimakasih atas banyak saran, ilmu dan telah membimbing penulis sejak awal masa studi hingga akhir masa studi sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Dr. Mahatma Lanuru, ST., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, banyak arahan serta saran-saran yang sangat membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik.
3. Bapak Dr. Ir. Muh. Farid Samawi, M.Si. selaku dosen penguji yang juga telah banyak membantu penulis dengan meluangkan waktunya untuk konsultasi mengenai topik penelitian ini dan telah bersedia untuk memberikan kritik dan masukan yang bermanfaat dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Marzuki Ukkas, DEA. selaku dosen penguji yang telah bersedia untuk memberikan kritik dan masukan yang bermanfaat sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik.
5. Bapak Safruddin, S.Pi., M.P., PH.D. selaku Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan beserta seluruh staff FIKP-UH yang telah banyak membantu pada masa perkuliahan hingga akhir masa studi.
6. Bapak Dr. Ahmad Faizal, ST., M.Si. selaku Ketua Departemen Ilmu Kelautan yang telah bersedia untuk berpartisipasi sebagai pembimbing pendamping menggantikan pembimbing yang terdahulu dan seluruh bapak dan ibu Dosen FIKP-UH yang telah membagikan ilmu dan pengalaman yang bermanfaat selama masa studi serta masukan yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Kedua orang tua dan keluarga atas segala do'a, dukungan dan nasehat kepada penulis sehingga segala urusan dalam penyelesaian masa studi tercapai dengan baik.

8. Kak Nunu dan kak Alvin yang telah ikhlas meluangkan waktu dan banyak membantu dalam analisis sampel penelitian di Laboratorium Kimia Kesehatan, Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar.
9. Firy Maulana, A.Tenri Abeng, dan Fathin Nur Rahman yang secara khusus terlibat dalam tim penelitian pada saat pengambilan sampel di lapangan.
10. Ghina Nafi'ah Kadir yang telah berjuang bersama-sama dengan berbagai kecemasan dari awal perkuliahan, proposal, penelitian, hingga proses akhir masa studi.
11. Teman-teman KLASATAS dan terkhusus Fajriani, Rani Aprilia S, Sucianti Ramadhani Z, Nur Qalbi Mujahidah, Chumaerah Febrianti, dan Dwiwana Aulia yang juga terlibat dalam penelitian ini baik pada saat pengambilan data di lapangan maupun analisis di laboratorium serta kebersamaan dalam segala susah dan senang sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini di waktu yang tepat.
12. Keluarga Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan (KEMAJIK FIKP-UH) yang memberikan banyak masukan dan berbagi pengalaman dalam setiap kegiatan sedari awal masa perkuliahan hingga akhir masa studi penulis.
13. Alheysha Azalia Ihsan dan Medina Mahmud yang telah memberikan banyak *support* dan saling mendengarkan keluh kesah pada masa perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir.
14. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas segala bantuan dan dukungannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga Allah SWT membalas dengan segala kelimpahan dan kebaikan.

Penulis sangat berterima kasih dan semoga segala kebaikan menyertai semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam penulisan skripsi ini.

Makassar, 14 Februari 2022

Penulis,



Manjani Fatimah Malahayati

BIODATA PENULIS



Manjani Fatimah Malahayati lahir di Makassar pada tanggal 5 September 1999. Penulis telah menempuh pendidikan formalnya di Sekolah Dasar Negeri Sangir Makassar pada tahun 2011 dan melanjutkan pendidikan ke Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 05 Makassar, lulus pada tahun 2014. Lalu melanjutkan ke jenjang pendidikan menengah atas di SMA Negeri 01 Makassar dan lulus pada tahun 2017, hingga akhirnya pada tahun yang sama penulis terdaftar sebagai Mahasiswa di Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin Makassar.

Selama masa studi, penulis aktif mengikuti beberapa kegiatan organisasi internal kemahasiswaan dan organisasi eksternal kampus sebagai upaya pengembangan diri. Penulis pernah menjabat sebagai Anggota Div. Hubungan Masyarakat di Komunitas Relawan Bangku Pelosok Periode 2018-2019 dan Bendahara Umum Badan Pengurus Harian KEMAJIK FIKP-UH Periode 2019-2020. Di bidang akademik, penulis pernah menjadi asisten laboratorium pada mata kuliah Oseanografi Kimia pada tahun 2020.

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, penulis melakukan penelitian yang berjudul "Kandungan Logam Timbel (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Sedimen di Perairan Kota Makassar" pada tahun 2021 dibawah bimbingan Prof. Dr. Akbar Tahir, M.Sc. dan Dr. Mahatma Lanuru, ST., M.Sc.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PERNYATAAN AUTHORSHIP	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
BIODATA PENULIS	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan dan Kegunaan	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
A. Logam Non-Esensial	3
B. Logam Timbel (Pb)	3
C. Logam Kadmium (Cd)	4
D. Siklus Logam di Perairan	5
E. Kandungan Logam Berat dalam Sedimen	6
F. Faktor Fisika-Kimia yang Mempengaruhi Daya Larut Logam	7
1. Suhu.....	7
2. Salinitas	7
3. Derajat Keasaman (pH)	7
4. Kecepatan Arus.....	7
5. Bahan Organik Total (BOT).....	8
6. Kedalaman	8

7. Potensial Redoks (Eh)	8
III. METODE PENELITIAN	9
A. Waktu dan Tempat.....	9
B. Alat dan Bahan	10
1. Alat	10
2. Bahan	10
C. Prosedur Penelitian	11
1. Tahap Persiapan.....	11
2. Tahap Penentuan Stasiun	11
3. Pengambilan Sampel	11
4. Pengambilan Data Parameter Lingkungan	11
5. Analisis Sampel.....	13
D. Pengolahan dan Analisis Data	14
1. Kecepatan Arus.....	15
2. Kandungan Bahan Organik	15
3. Ukuran Butir Sedimen	16
IV. HASIL	17
A. Gambaran Umum Lokasi	17
B. Konsentrasi Logam pada Sedimen	18
1. Logam Timbel (Pb)	18
2. Logam Kadmium (Cd)	18
C. Parameter Oseanografi.....	19
D. Korelasi Logam Timbel (Pb) dan Kadmium (Cd) dengan Bahan Organik Total...20	
E. Korelasi Logam Timbel (Pb) dan Kadmium (Cd) dengan Potensial Redoks (Eh)21	
F. Jenis Sedimen	21
V. PEMBAHASAN	23
A. Konsentrasi Logam Pada Sedimen.....	23
1. Logam Timbel (Pb)	23
2. Logam Kadmium (Cd).....	25
B. Parameter Oseanografi.....	27
1. Suhu.....	27
2. Salinitas	27
3. Kecepatan Arus.....	28

4. Kedalaman	30
5. Bahan Organik Total.....	30
6. Derajat Keasaman (pH)	30
7. Potensial Redoks (Eh)	31
C. Korelasi Logam Timbel (Pb) dan Kadmium (Cd) dengan Bahan Organik Total...	31
D. Jenis Sedimen	32
VI.KESIMPULAN DAN SARAN	34
A. Kesimpulan	34
B. Saran	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Baku mutu logam berat Pb dan Cd pada sedimen (ANZECC and ARMCANZ, 2000)	14
2. Skala Wentworth untuk mengklasifikasikan partikel	16
3. Hasil Pengukuran Parameter Oseanografi	20
4. Kandungan Logam dan Jenis Sedimen	22

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Siklus Logam di Perairan	5
2. Peta Lokasi Penelitian	9
3. Rata-rata Nilai Kandungan Logam Pb	18
4. Rata-rata Nilai Kandungan Logam Cd	19
5. Persentase Pasir Kasar, Pasir Sedang, dan Pasir Halus pada Stasiun Penelitian ..	21
6. Pola arus menuju pasang disekitar perairan CPI (Sahriadi, 2021).....	28
7. Pola arus menuju surut disekitar perairan CPI (Sahriadi, 2021).....	29

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Data Hasil Analisis Kandungan Logam Pb di Sedimen	40
2. Data Hasil Analisis Kandungan Logam Cd di Sedimen	40
3. Hasil Uji Statistik Oneway ANOVA Logam Pb dan Cd	40
4. Data Kecepatan Arus di Lokasi Penelitian.....	42
5. Hasil Uji Korelasi Pearson Logam Pb dan Cd dengan BOT	42
6. Hasil Uji Korelasi Pearson Logam Pb dan Eh	43
7. Hasil Uji Korelasi Pearson Logam Cd dan Eh	43
8. Data Hasil Analisis Kandungan BOT pada Sedimen	44
9. Data Hasil Analisis Ukuran Butir Sedimen.....	45
10. Hasil Pengolahan Data GRADISTAT	46
11. Dokumentasi Pengambilan Data Lapangan	48
12. Dokumentasi Analisis Laboratorium	51

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Wilayah pesisir Kota Makassar termasuk daerah perkotaan dengan jumlah penduduk yang cukup tinggi karena secara geografis Kota Makassar berbatasan langsung dengan Selat Makassar sehingga sebagian besar penduduknya tinggal di wilayah pesisir. Beragam aktivitas di sekitar wilayah perairan pesisir Kota Makassar menjadi salah satu penyebab utama tercemarnya perairan Kota Makassar, seperti input dari kegiatan di sekitar wilayah perairan, yaitu kegiatan industri, pelabuhan, perhotelan, perikanan, pariwisata bahari dan rumah tangga yang turut menjadi sumber bahan pencemar di perairan (Sudding *et al.*, 2012). Selanjutnya Werorilangi *et al.* (2019), mengemukakan bahwa terdapat dua sungai besar di bagian Selatan dan Utara perairan pantai Kota Makassar, yaitu Sungai Jeneberang dan Sungai Tallo. Kedua sungai tersebut serta beberapa kanal di Kota Makassar juga dapat menjadi sumber input logam akibat aliran limbah perkotaan dan limbah industri turut mengangkut bahan pencemar ke dalam perairan pesisir.

Aktivitas manusia di sekitar wilayah perairan pantai Kota Makassar dapat menjadi penyebab tercemarnya perairan, seperti reklamasi, rekreasi, aktivitas pelabuhan, transportasi dan pembuangan akhir limbah dari 13 kanal Kota Makassar (Werorilangi *et al.*, 2019). Reklamasi yang dilakukan di sepanjang pesisir pantai Kota Makassar berdampak sangat besar terhadap perubahan di wilayah pesisir seperti ekosistem pantai terganggu, penimbunan yang berpotensi mencemari perairan laut serta menjadi penyebab menurunnya kelestarian lingkungan, menurunnya tingkat kecepatan arus perairan, buangan material lama dari aktivitas reklamasi tertimbun dan adanya sedimentasi logam berat di dasar perairan. Penataan pembangunan dan fasilitas pengelolaan sampah yang tidak memadai menyebabkan masyarakat membuang sampah ke laut. Selain itu, sepanjang perairan Kota Makassar menjadi tempat berlabuh kapal-kapal yang memuat berbagai macam material dan sisa pembakaran seperti oli bahan bakar yang tidak digunakan dibuang ke perairan laut sehingga dapat meningkatkan potensi pencemaran laut di wilayah pesisir Makassar (Supriadi, 2016; Susanti, 2018).

Pencemaran lingkungan yang terjadi di perairan laut dapat disebabkan oleh tertimbunnya bahan polutan dari aktivitas tambak, pelabuhan, tumpahan minyak dari kapal, limbah rumah tangga dan pembuangan limbah dari kawasan industri Makassar yang menggunakan logam Pb dan Cd dalam proses produksinya. Limbah yang tidak mengalami proses degradasi akan berdampak pada perairan laut dan dapat

menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Perairan pesisir merupakan salah satu tipe perairan yang mudah terdampak oleh bahan pencemar karena perairan pesisir Kota Makassar merupakan jalur bermuaranya drainase dan limbah dari pemukiman penduduk yang masuk melalui aliran sungai. Dari beberapa jenis buangan limbah di perairan, limbah logam Pb dan Cd merupakan salah satu jenis limbah yang dapat memberikan pengaruh buruk bagi kesehatan manusia, logam Pb dan Cd tersebut dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan dan minuman yang dikonsumsi, melalui udara yang dihirup dan dapat meresap pada lapisan kulit. Keberadaan logam Pb dan Cd dalam tubuh dapat mempengaruhi banyak jaringan, organ dan sistem fisiologis pada tubuh seperti sistem syaraf, sistem ginjal, sistem respirasi, sistem sirkulasi, sistem reproduksi, sistem endokrin, jantung, hingga dapat mengakibatkan kerapuhan pada tulang (Palar, 2012).

Melihat kondisi perairan yang terdampak oleh berbagai aktivitas dan berpotensi menghasilkan polutan logam Pb dan Cd yang mengendap pada dasar perairan membentuk sedimentasi, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi logam timbel (Pb) dan kadmium (Cd) yang terakumulasi pada sedimen di perairan Kota Makassar.

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui konsentrasi logam timbel (Pb) dan kadmium (Cd) pada sedimen di wilayah-wilayah perairan Pelabuhan Paotere, Center Point of Indonesia (CPI), dan Pulau Samalona, Kota Makassar.

Kegunaan dari penelitian ini yaitu dapat memberi informasi mengenai tingkat pencemaran logam timbel (Pb) dan kadmium (Cd) yang terakumulasi pada sedimen di wilayah-wilayah perairan Pelabuhan Paotere, Center Point of Indonesia (CPI), dan Pulau Samalona, Kota Makassar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Logam Non-Esensial

Logam adalah unsur kimia yang dapat membentuk ion (kation) serta memiliki ikatan logam. Logam termasuk salah satu dari tiga golongan unsur yang dapat dibedakan berdasarkan sifat ionisasi dan ikatannya, bersama dengan metaloid dan non logam. Logam dapat dikelompokkan berdasarkan tingkat kepadatannya (densitas), logam memiliki densitas minimal 5 g/cm^3 untuk membedakannya dari logam ringan (*light metals*) (BPOM RI, 2020; Koller, 2018). Palar (2012) menambahkan bahwa karakteristik spesifikasi gravitas yang dimiliki logam berat sangat besar yaitu >4 dengan nomor atom 22-34 dan 40-50, memiliki unsur-unsur lantanida dan aktinida, dan mempunyai respon biokimia yang spesifik pada organisme hidup.

Logam di alam dapat berasal dari berbagai sumber, seperti proses tektonik dan vulkanik, proses *up welling*, serta masukan dari atmosfer dan daratan. Masukan dari daratan dapat berperan besar dalam peningkatan konsentrasi logam di perairan serta dalam bentuk padatan seperti sedimen. Kontaminasi logam berat pada ekosistem perairan memiliki hubungan pada proses pelepasan logam berat oleh limbah domestik, industri dan aktivitas antropogenik lainnya (Budiastuti *et al.*, 2016; Puspasari, 2006).

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam ini dapat dibagi menjadi dua jenis. Yang pertama adalah logam berat esensial, dalam jumlah tertentu logam esensial ini dibutuhkan oleh suatu organisme, namun jika dalam jumlah yang berlebihan maka dapat bersifat toksik bagi organisme tersebut. Sedangkan jenis kedua merupakan logam berat non esensial atau logam berat beracun yang belum diketahui manfaatnya dan bersifat toksik seperti Pb jika terakumulasi di dalam tubuh suatu organisme (Khasanah, 2009 *dalam* Tahril *et al.*, 2012).

Jenis logam berat non esensial yang masuk ke perairan dan dapat bersifat toksik adalah Kadmium (Cd) dan Timbel (Pb), karena logam Cd dan Pb merupakan jenis logam berat yang bersifat *non degradable* atau tidak dapat dihancurkan oleh organisme hidup, dapat terakumulasi di dalam lingkungan, serta mengendap di dasar perairan lalu dapat membentuk senyawa kompleks dengan bahan organik dan anorganik lain (Natsir *et al.*, 2019).

B. Logam Timbel (Pb)

Salah satu jenis bahan pencemar yang berasal dari aktivitas manusia adalah logam timbel (Pb), adanya Pb di perairan dapat menjadi ancaman bagi kehidupan organisme di perairan laut dan secara tidak langsung juga dapat berdampak bagi

kesehatan manusia melalui kontaminasi rantai makanan. Salah satu sifat logam yakni sulit terurai sehingga dapat mempermudah proses akumulasi logam ke dalam lingkungan perairan, sedimen, dan biota laut. Walaupun beberapa logam berat diperlukan dalam jumlah yang kecil, namun umumnya logam berat dapat bersifat toksik bagi makhluk hidup (Malau *et al.*, 2018).

Logam timbel (Pb) termasuk kelompok logam yang beracun dan berbahaya bagi kehidupan dan makhluk hidup. Limbah Pb masuk ke badan perairan melalui proses alamiah yaitu dengan bantuan air hujan membentuk proses pengkristalan Pb di udara. Penggunaan logam Pb dalam jumlah yang besar juga dapat mengakibatkan adanya polusi di daratan maupun di perairan (Budhiastuti *et al.*, 2016). Penggunaan Pb terbesar yaitu dalam produksi baterai penyimpan untuk mobil dan pada produk-produk logam seperti amunisi, pelapis kabel listrik yang akan digunakan di dalam tanah atau di bawah permukaan air, juga digunakan pada pipa, solder, bahan kimia, dan pewarna (Fardiaz, 1992).

Timbel (Pb) juga merupakan salah satu logam yang paling banyak mencemari ekosistem perairan, hal ini disebabkan karena Pb merupakan salah satu limbah hasil penguraian bahan bakar yang digunakan oleh kapal dan buangan sejumlah industri yang masuk ke badan perairan di sekitar sumber polusinya serta dapat berasal dari batuan kapur (Sudir *et al.*, 2017; Sukaryono & Dewa, 2018).

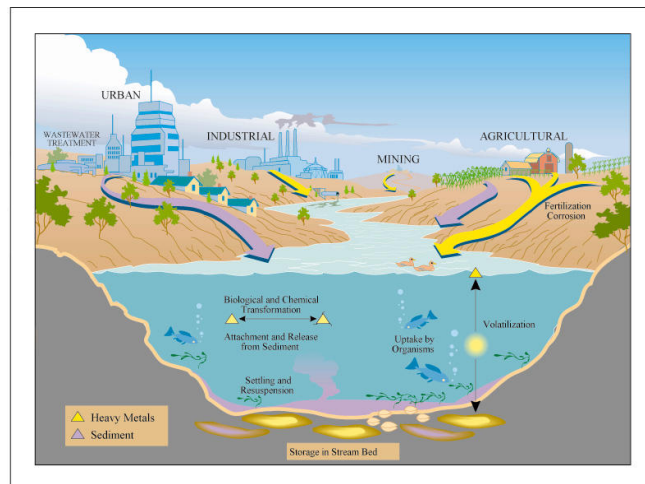
C. Logam Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) adalah logam yang bersifat sangat toksik karena memiliki kemampuan untuk dapat terakumulasi cukup besar dalam tubuh suatu organisme melalui proses absorpsi yang cukup mudah sehingga dapat mengganggu sistem pernapasan serta pencernaan organisme tersebut. Kadmium yang terdapat di perairan dapat berasal dari berbagai proses, salah satunya yaitu dari proses erosi tanah dan pelapukan batuan induk. Peningkatan kandungan logam kadmium (Cd) yang masuk ke dalam perairan berasal dari kegiatan perindustrian terutama plating logam, pigmen, baterai plastik, dan pengecoran seng, timah atau tembaga. Dimana buangan limbah hasil dari aktivitas industri tersebut dibuang langsung ke dalam perairan dan akan terakumulasi di dasar perairan yang dapat membentuk sedimentasi. Logam Cd di perairan akan mengalami proses pengendapan dan terakumulasi pada suatu jaringan organisme yang sulit terurai akibat senyawa sulfid yang sukar larut. Sumber lain logam Cd dapat ditemukan pada aktivitas kapal dan endapan sampah anorganik (Indirawati, 2017 ; Sukaryono & Dewa, 2018).

Jenis logam berat seperti kadmium merupakan jenis logam yang tidak dibutuhkan dalam proses metabolisme suatu organisme. Pembuangan limbah secara

berlebihan ke perairan laut yang mengandung bahan pencemar kadmium dapat membahayakan bagi ekosistem dan makhluk hidup. Seperti pembuangan sisa industri yang tidak terkontrol, lumpur minyak yang mengandung logam berat Cd dengan konsentrasi tinggi, pembakaran minyak (hidrokarbon) dan batubara di daratan dimana logam berat mengalami proses pelepasan ke dalam atmosfer kemudian bercampur dengan air hujan dan masuk ke badan perairan (Hutabarat & Evans, 1985).

D. Siklus Logam di Perairan



Gambar 1. Siklus Logam di Perairan
(Sumber : usgs.gov)

Keberadaan logam di perairan laut dapat berasal dari berbagai sumber, diantaranya dengan proses alamiah yaitu logam yang masuk ke perairan berupa pengikisan dari batu mineral yang berada disekitar perairan. Selain itu, partikel-partikel logam di udara berasal dari air hujan yang masuk ke badan perairan. Sedangkan sumber logam yang berasal dari aktivitas manusia meliputi, kegiatan pertambangan, rumah tangga, limbah pertanian dan buangan dari kegiatan industri. Limbah industri umumnya dapat mengandung lebih banyak logam berat yang sering digunakan dalam beberapa industri sebagai bahan baku, bahan tambahan maupun sebagai katalis. Peningkatan kadar logam berat pada air laut dapat mengakibatkan logam yang awalnya dibutuhkan untuk proses metabolisme akan berubah menjadi racun bagi organisme perairan. Logam juga akan terakumulasi dalam sedimen dan rantai makanan biota perairan melalui proses gravitasi (Palar, 2012; Rochyatun, 2006).

Secara alamiah, Pb dapat masuk ke badan perairan dengan bantuan air hujan. Selain itu, proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin juga dapat menjadi sumber masuknya logam Pb di perairan. Sumber Pb yang berasal dari aktivitas manusia diantaranya adalah buangan limbah industri yang

menggunakan bahan Pb yang dialirkan melalui aliran sungai. Adapun logam Cd dapat masuk ke perairan berasal dari aktivitas manusia, dan kegiatan industri yang banyak melibatkan Cd dalam proses kerja industrinya. Kandungan logam Cd juga dapat ditemukan pada daerah penimbunan sampah dan aliran air hujan yang membawa logam Cd memasuki badan perairan. Dalam badan perairan, kelarutan Cd dalam konsentrasi tertentu dapat membunuh biota perairan karena akumulasi logam Cd yang terus meningkat dalam sistem rantai makanan dan dengan adanya proses biomagnifikasi di badan perairan (Palar, 2012).

E. Kandungan Logam Berat dalam Sedimen

Suatu perubahan dalam ekosistem perairan akan berdampak bagi organisme yang hidup di dalamnya. Keberadaan logam berat di perairan dapat menjadi ancaman terhadap kehidupan biota di perairan. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit terdegradasi, sehingga dapat terakumulasi dalam lingkungan perairan dalam kurun waktu yang lama. Logam berat juga dapat terakumulasi di dalam tubuh biota perairan seperti kerang dan ikan, serta dapat terakumulasi dengan baik di dalam sedimen. Sumber logam Pb dari aktivitas manusia yang masuk ke dalam perairan dapat membentuk air buangan atau limbah kemudian akan mengalami proses pengendapan atau sedimentasi logam. Sedimen merupakan lapisan bawah yang melapisi perairan sungai, danau, teluk, muara, dan lautan. Biasanya, kandungan logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan logam berat yang masuk ke dalam kolom air karena akan mengalami pengendapan pada sedimen. Tingginya kandungan timbel dalam sedimen akan menyebabkan biota perairan tercemar, dimana biota tersebut hidup di dasar perairan dan jika dikonsumsi oleh manusia dapat berdampak buruk bagi kesehatan (Budiastuti *et al.*, 2016).

Kandungan logam berat yang lebih tinggi di sedimen dibandingkan dalam air laut menunjukkan adanya akumulasi senyawa-senyawa logam berat karena proses pengendapan di sedimen. Hal ini dapat terjadi karena logam dalam air akan mengalami proses pengenceran karena pengaruh pola arus pasang surut. Rendahnya kadar logam berat di perairan, tidak dapat mengindikasikan bahwa bahan cemaran mengandung logam berat tersebut tidak memberikan dampak negatif terhadap perairan, namun disebabkan oleh kemampuan perairan dalam proses pengenceran bahan pencemar tergolong cukup tinggi (Rochyatun *et al.*, 2006).

Keberadaan logam dalam sedimen juga dapat dipengaruhi oleh ukuran butir sedimen. Semakin halus ukuran butir sedimen maka kandungan logam berat dalam sedimen meningkat, karena semakin kecil ukuran partikel sedimen tersebut memiliki luas permukaan yang besar dan memiliki kemampuan dalam mengikat logam berat pada

sedimen akan semakin meningkat (Huang & Lin, 2003; Felik *et al.*, 2019). Sahara (2009) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa distribusi Pb pada sedimen dipengaruhi oleh ukuran partikel sedimen, kandungan Pb meningkat dengan mengecilnya ukuran partikel. Sedangkan untuk ukuran butir yang lebih besar membuat logam dan bahan organik lainnya sulit mengendap (Male *et al.*, 2017).

F. Faktor Fisika-Kimia yang Mempengaruhi Daya Larut Logam

1. Suhu

Suhu merupakan pengaruh yang umum ditemukan dalam proses alami di perairan, karena dapat mempengaruhi komponen biotik dan abiotik. Suhu juga berpengaruh pada toksisitas logam berat pada biota dan perairan. Kenaikan suhu air akan mengurangi penyerapan senyawa logam berat pada partikulat, sedangkan penurunan suhu akan meningkatkan penyerapan logam berat ke partikulat untuk mengendap di dasar perairan (Budiastuti *et al.*, 2016 ; Rachmawatie *et al.*, 2009).

2. Salinitas

Salah satu faktor yang mempengaruhi akumulasi logam berat adalah salinitas. Peningkatan daya toksik logam berat Pb dan Cd dapat terjadi akibat penurunan salinitas perairan. Hal ini diperkuat oleh Rustiah *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwa keberadaan logam berat juga dipengaruhi oleh salinitas di perairan pesisir dan laut.

3. Derajat Keasaman (pH)

Menurut Maslukah *et al* (2019) pH sedimen dapat mempengaruhi keberadaan logam pada sedimen. Kadar pH yang rendah akan mengakibatkan kelarutan yang tinggi pada logam berat di perairan, jika nilai pH bersifat basa maka logam tersebut sukar larut ke badan perairan dan akan mengendap ke dasar perairan (Budiastuti *et al.*, 2016 ; Rochyatun & Rozak, 2007).

4. Kecepatan Arus

Arus laut merupakan gerakan massa air dari satu tempat ke tempat lain yang digerakkan oleh angin, mendorong lapisan air di permukaan laut sejalan dengan arah gerakan angin. Namun karena adanya pengaruh rotasi bumi, sehingga arus tidak dapat bergerak searah dengan arah angin. Perubahan arah dan kecepatan arus terhadap kedalaman dapat menimbulkan suatu transpor massa air (Azis, 2006).

Perairan laut memiliki gerakan arus yang cukup besar dan lebih dinamis sehingga hanya material yang cukup besar saja yang dapat terendapkan. Arus yang cukup kuat juga memungkinkan terjadinya proses pelepasan dan pengenceran material

dari sedimen ke kolom air (Alim, 2014). Maslukah (2013) menambahkan bahwa kecepatan arus dapat berpengaruh terhadap proses laju pengadukan dan pengendapan atau sedimentasi, serta dapat mempengaruhi ukuran butir sedimen yang terendapkan. Hal ini membuktikan bahwa proses fisis kecepatan arus ini dapat mempengaruhi distribusi logam berat pada badan perairan dan sedimen dasar perairan.

5. Bahan Organik Total (BOT)

Bahan organik merupakan bahan pencemar di perairan yang paling umum dijumpai dan dampak yang ditimbulkannya umumnya tidak langsung. Kandungan bahan organik berkaitan erat dengan ukuran butir sedimen. Sedimen perairan yang mempunyai persentase ukuran butir yang berbeda akan mempunyai kandungan bahan organik yang berbeda pula. Sedimen dengan ukuran partikel lebih halus akan diikuti dengan kenaikan jumlah bahan organiknya karena semakin halus sedimen, kemampuan dalam mengakumulasi bahan organik semakin besar. Kandungan logam berat dalam sedimen akan semakin meningkat dengan meningkatnya kandungan bahan organik didalamnya (Pariwono, 1996 *dalam* Mahengkey, 2010; Maslukah, 2013).

6. Kedalaman

Konsentrasi logam berat dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, salah satunya adalah kedalaman perairan. Rendahnya kandungan logam berat erat kaitannya dengan kedalaman perairan yang relatif lebih dangkal karena proses pelepasan partikel sedimen lebih tinggi, sehingga dapat menyebabkan partikel logam berat yang terkandung dalam sedimen dapat terlepas ke kolom perairan (Sari *et al.*, 2017; Maslukah, 2013).

7. Potensial Redoks (Eh)

Eh sedimen merupakan salah satu parameter kimia sedimen untuk mengetahui adanya perpindahan elektron (e-) atau proses reduksi dan oksidasi (redoks) terhadap logam berat. Peranan nilai potensial redoks dapat menentukan mekanisme reaksi oksidasi reduksi dalam pengikatan dan pelepasan logam berat. Semakin kecil nilai potensial redoks maka konsentrasi logam berat dalam sedimen semakin besar (Najamuddin *et al.*, 2020; Effendy, 2017). Aulia (2017) dalam penelitiannya menemukan bahwa nilai Eh pada sedimen memiliki pengaruh terhadap akumulasi logam berat pada sedimen. Hasil yang ditemukan dalam penelitiannya yaitu hubungan Eh dengan logam berat Cd menunjukkan bahwa nilai Eh mempengaruhi konsentrasi logam berat Cd.