

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM TIMBEL (Pb) PADA AIR DAN
SEDIMEN DI DAERAH *HOTSPOT* PERAIRAN SUNGAI TALLO,
KOTA MAKASSAR**

SKRIPSI

VANIA AMADEA LASE MENDENG



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
DEPARTEMEN PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM TIMBEL (Pb) PADA AIR DAN
SEDIMEN DI DAERAH *HOTSPOT* PERAIRAN SUNGAI TALLO,
KOTA MAKASSAR**

**VANIA AMADEA LASE MENDENG
L021 20 1018**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
DEPARTEMEN PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM TIMBEL (Pb) PADA AIR DAN SEDIMEN DI DAERAH HOTSPOT PERAIRAN SUNGAI TALLO, KOTA MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh:

VANIA AMADEA LASE MENDENG
L021 20 1018

Telah dipertahankan di hadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 7 Mei 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. Khusnul Yaqin, M.Sc.
NIP. 19680726 199403 1 002

Pembimbing Pendamping,



Dr. Sri Wahyuni Rahim, ST., M.Si
NIP. 19750915 200312 2 002

Ketua Program Studi
Manajemen Sumber Daya Perairan



Dr. Sri Wahyuni Rahim, ST., M.Si
NIP. 19750915 200312 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vania Amadea Lase Mendeng

NIM : L021201018

Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan hal ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

"Analisis Kandungan Logam Timbel (Pb) pada Air dan Sedimen di Daerah Hotspot Perairan Sungai Tallo, Kota Makassar"

Adalah karya penelitian saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan karya saya sendiri.

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



Vania Amadea Lase Mendeng
NIM. L021201018

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vania Amadea Lase Mendeng

NIM : L021201018

Program Studi: Manajemen Sumberdaya Perairan

Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi Skripsi 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) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan skripsi ini, maka pembimbing sebagai salah satu seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikuti.

Makassar, 14 Mei 2024

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Dr. Sri Wahyuni Rahim, ST., M.Si
NIP. 19750915 200312 2 002

Penulis



Vania Amadea Lase Mendeng
NIM. L021201018

ABSTRAK

Vania Amadea Lase Mendeng. L021201018. “Analisis Kandungan Logam Timbel (Pb) pada Air dan Sedimen di Daerah *Hotspot* Perairan Sungai Tallo, Kota Makassar” dibimbing oleh **Khusnul Yaqin** sebagai Pembimbing Utama dan **Sri Wahyuni Rahim** sebagai Pembimbing Anggota.

Sungai Tallo merupakan salah satu sungai utama di Kota Makassar yang dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat sebagai sarana transportasi air, pariwisata, sumber air yang digunakan secara domestik dan kawasan perikanan tangkap serta budidaya perairan tawar dengan sistem keramba jaring apung. Di sekitar Sungai Tallo juga terdapat beberapa permukiman, industri, pertambangan dan pertanian yang dapat menyebabkan Sungai Tallo tercemar oleh limbah logam seperti timbel (Pb). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam Pb yang terkandung pada air dan sedimen di daerah *hotspot* perairan Sungai Tallo, Kota Makassar. Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Juli 2023, penentuan stasiun dibagi menjadi 3 titik di daerah *hotspot* pada perairan Sungai Tallo berdasarkan sumber masuknya logam Pb. Titik stasiun yang ditentukan yaitu stasiun 1 (Biring Romang), stasiun 2 (Lakkang) dan stasiun 3 (Bontoa). Pengambilan data dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Hasil penelitian menunjukkan kandungan logam Pb di air tidak terdeteksi pada semua stasiun sedangkan kandungan logam Pb di sedimen berkisar antara 12,79–34,23 mg/kg. Kandungan logam Pb pada sedimen yang tertinggi ditemukan pada stasiun 2 (Lakkang) yaitu 34,23 mg/kg dan yang terendah terdapat pada stasiun 1 (Biring Romang) yaitu 12,79 mg/kg. Hal ini menunjukkan kandungan logam Pb pada air di daerah *hotspot* perairan Sungai Tallo belum melewati ambang batas baku mutu menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Hasil juga menunjukkan bahwa kandungan sedimen di daerah *hotspot* perairan Sungai Tallo belum melewati ambang batas baku mutu menurut Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010 yaitu 36,80 mg/kg dan Pedoman Kualitas Sedimen Tahun 2003 yaitu 36 mg/kg.

Kata Kunci : kandungan logam, logam timbel (Pb), air, sedimen, *hotspot*, Sungai Tallo

ABSTRACT

Vania Amadea Lase Mendeng. L021201018. “Analysis of Lead (Pb) Metal Content in Water and Sediment in the Hotspot Area of Tallo River Waters, Makassar City” supervised by **Khusnul Yaqin** as the principle supervisor dan **Sri Wahyuni Rahim** as the co-supervisor.

The Tallo River is one of the main rivers in Makassar City which is utilized optimally by the community as a means of water transportation, tourism, water sources used domestically and a catch fisheries area as well as freshwater cultivation using a floating net cage system. Around the Tallo River there are also several settlements, industries, fish farms and agriculture which can cause the Tallo River to be polluted by metal waste such as lead (Pb). This research aims to analyze the Pb metal content contained in water and sediment in the Tallo River water hotspot area, Makassar City. This research was carried out in July 2023, the stations were determined to be divided into 3 points in hotspot areas in the waters of the Tallo River based on the source of Pb metal entry. The station points determined are station 1 (Biring Romang), station 2 (Lakkang) and station 3 (Bontoa). Data collection was carried out using the purposive sampling method. The results showed that the metal Pb content in the water was not detected at all stations, while the metal Pb content in the sediment ranged from 12.79–34.23 mg/kg. The highest Pb metal content in sediment was found at station 2 (Lakkang), namely 34.23 mg/kg and the lowest was found at station 1 (Biring Romang), namely 12.79 mg/kg. This shows that the Pb metal content in the water in the hotspot area of the Tallo River has not yet passed the quality standard threshold according to Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 concerning water quality management and water pollution control. The results also show that the sediment content in the hotspot area of the Tallo River waters has not passed the quality standard threshold according to Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 of 2010, namely 36.80 mg/kg and the 2003 Sediment Quality Guidelines, namely 36 mg/kg.

Keywords : metal content, lead metal (Pb), water, sediment, *hotspot*, Tallo River

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Kandungan Logam Timbel (Pb) pada Air dan Sedimen di Daerah *Hotspot* Perairan Sungai Tallo, Kota Makassar**”. Dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini, penulis mendapat banyak bantuan dan dukungan moril maupun materiil dari berbagai pihak, oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Khusnul Yaqin, M.Sc. selaku pembimbing utama yang telah banyak meluangkan waktu, memberikan motivasi, arahan, kritik dan saran dalam penyusunan skripsi.
2. Ibu Dr. Sri Wahyuni Rahim, S.T., M.Si. selaku pembimbing pendamping yang telah meluangkan waktu, memberikan motivasi, arahan, kritik dan saran dalam penyusunan skripsi.
3. Ibu Dr. Ir. Basse Siang Parawansa, MP. selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan, saran dan kritikan yang membangun dalam penulisan skripsi dan juga selaku penasihat akademik yang mendampingi penulis selama menjalankan proses perkuliahan.
4. Bapak Jamaluddin Fitrah Alam, S.Pi., M.Si., Ph. D. selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan, saran dan kritikan yang membangun dalam penulisan skripsi.
5. Seluruh jajaran Civitas akademika Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, khususnya para dosen Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan.
6. Laboratorium Jasa Pengujian, Kalibrasi dan Sertifikasi Institut Pertanian Bogor.
7. Keluarga tercinta, bapak Kristian Y. Mendeng, ibu Hermin dan kakak-kakak saya, Diah A. P. Mendeng, Andre Valentino Mendeng dan Natasya Christy Mendeng atas doa, dukungan serta nasihat yang diberikan kepada penulis.
8. Teman-teman saya Willce Sulle, Markus Tayong Simon dan Nelson Apri Elsi yang telah menemani penulis selama masa perkuliahan, memberikan dukungan dan motivasi selama pengerjaan skripsi ini.
9. A. Arisa Putri yang merupakan teman seperjuangan dari kepengurusan himpunan, magang, KKN dan teman sepenelitian, yang juga telah menemani penulis dalam proses pengerjaan skripsi ini.
10. Teman-teman Tallo *Squad* yang telah membantu dalam pengambilan sampel di lapangan yaitu Moch. Alfian Nabil Arliansyah, Dwi Aryani, Sulistiani Mursalin dan Risqi Amalia.
11. Teman-teman seperjuangan MSP 2020 dan seluruh anggota KMP MSP KEMAPI FIKP UNHAS yang selalu memberi dukungan kepada penulis layaknya keluarga.

12. Pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
13. Terakhir, kepada diri saya sendiri, Vania Amadea Lase Mendeng. Terima kasih sudah berjuang dan bertahan sejauh ini. Apresiasi sebesar-besarnya karena bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih untuk tidak menyerah dalam hal sesulit apapun dalam proses penyusunan skripsi ini. Tetap bersyukur dan rendah hati.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata kesempurnaan. Penulis berharap bahwa adanya kritik dan saran yang membangun untuk peningkatan penulisan yang lebih baik.

Makassar, 14 Mei 2024



Vania Amadea Lase Mendeng

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Vania Amadea Lase Mendeng, lahir di Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan pada tanggal 12 September 2002. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara yang lahir dari pasangan suami istri Bapak Kristian Yunianto Mendeng dan Ibu Hermin. Penulis sekarang bertempat tinggal di Jalan Nusa Tamalanrea Indah, No. 7, Kota Makassar. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 3 Rantepao dan lulus pada tahun 2014. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di Sekolah Lentera Harapan Toraja dan lulus pada tahun 2017. Selanjutnya penulis melanjutkan studi di SMAN 2 Toraja Utara dan lulus pada tahun 2020. Kemudian pada tahun 2020, penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi negeri, tepatnya di Universitas Hasanuddin, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan melalui Jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi (SNMPTN).

Selama masa studi penulis pernah aktif dalam organisasi UKM Panahan UNHAS, organisasi KMP MSP KEMAPI FIKP UNHAS sebagai Badan Pengurus Harian periode 2022/2023 Departemen Keilmuan dan organisasi KBMK FAPETRIK UNHAS sebagai Badan Pengurus Harian periode 2022/2023 Departemen Informasi dan Multimedia. Penulis juga ikut serta dalam Magang Merdeka Kampus Merdeka Bank Sampah FIKP UNHAS pada tahun 2022. Penulis juga pernah menjadi asisten laboratorium pada mata kuliah Iktiologi tahun 2022, mata kuliah Biologi Perikanan tahun 2023 dan mata kuliah Ekotoksikologi tahun 2024.

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Departemen Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, penulis melakukan penelitian berjudul "Analisis Kandungan Logam Timbel (Pb) pada Air dan Sedimen di Daerah *Hotspot* Sungai Tallo, Kota Makassar" pada tahun 2023 dibawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Khusnul Yaqin, M. Sc. dan Dr. Ir. Sri Wahyuni Rahim, ST., M.Si.

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 GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan dan Kegunaan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. Sungai Tallo	4
B. Sedimen	4
C. Logam Timbel (Pb).....	6
D. Dampak Logam Timbel (Pb).....	6
E. Pencemaran Timbel (Pb) pada Perairan dan Sedimen	7
F. Faktor Fisika-Kimia yang Mempengaruhi Kandungan Logam Timbel (Pb).....	9
1. Suhu	9
2. Salinitas	9
3. Derajat Keasaman (pH)	10
4. Oksigen Terlarut (<i>Dissolved Oxygen/DO</i>).....	10
G. <i>Hotspot</i>	11
H. Destruksi Asam	11
I. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	12
III. METODE PENELITIAN.....	13

A.	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	13
B.	Alat dan Bahan.....	13
C.	Prosedur Penelitian.....	14
1.	Penentuan Titik Stasiun.....	14
2.	Pengambilan Sampel.....	15
3.	Pengukuran Parameter Kualitas Air.....	16
4.	Pengamatan di Laboratorium.....	17
D.	Analisis Data.....	18
IV.	HASIL.....	19
A.	Kandungan Logam Timbel (Pb) pada Air.....	19
B.	Kandungan Logam Timbel (Pb) pada Sedimen.....	19
C.	Kualitas Perairan Daerah <i>Hotspot</i> Sungai Tallo.....	20
V.	PEMBAHASAN.....	21
A.	Kandungan Logam Timbel (Pb) pada Air.....	21
B.	Kandungan Logam Timbel (Pb) pada Sedimen.....	22
C.	Kualitas Perairan Daerah <i>Hotspot</i> Sungai Tallo.....	27
1.	Suhu.....	27
2.	Salinitas.....	27
3.	Derajat Keasaman (pH).....	28
4.	Oksigen Terlarut (<i>Dissolved Oxygen/DO</i>).....	28
VI.	PENUTUP.....	30
A.	Kesimpulan.....	30
B.	Saran.....	30
	DAFTAR PUSTAKA.....	31
	LAMPIRAN.....	36

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Peta lokasi pengambilan sampel di perairan Sungai Tallo, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.....	13
2. Lokasi pengambilan sampel stasiun 1 (Biring Romang) (a) dan timestamp titik lokasi (b).....	15
3. Lokasi pengambilan sampel stasiun 2 (Lakkang) (a) dan timestamp titik lokasi (b).	15
4. Lokasi pengambilan sampel stasiun 3 (Bontoa) (a) dan timestamp titik lokasi (b). 15	
5. Histogram kandungan logam Pb sedimen pada setiap stasiun di daerah <i>hotspot</i> perairan Sungai Tallo, Kota Makassar.	19
6. Histogram perbandingan kandungan logam Pb sedimen di perairan Sungai Tallo, Kota Makassar.....	26

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Standar baku mutu Pb pada sedimen menurut Pergub Sulsel No. 69 Tahun 2010 dan Pedoman Kualitas Sedimen Tahun 2003 dan pada air menurut PP No.22 Tahun 2021	18
2. Kandungan logam timbel (Pb) pada air di daerah <i>hotspot</i> Sungai Tallo.....	19
3. Kualitas perairan daerah <i>hotspot</i> Sungai Tallo	20

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Hasil analisis kandungan logam Pb pada air di daerah <i>hotspot</i> perairan Sungai Tallo	37
2. Hasil analisis kandungan logam Pb pada sedimen di daerah <i>hotspot</i> perairan Sungai Tallo.....	37
3. Hasil pengukuran kualitas perairan di daerah <i>hotspot</i> perairan Sungai Tallo.....	37
4. Hasil uji statistik <i>one way ANOVA</i> logam Pb pada sedimen	38
5. Hasil uji lanjut statistik <i>Bonferroni</i> logam Pb pada sedimen	38

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu pencemaran lingkungan hidup adalah pencemaran perairan yang merupakan masalah regional maupun lingkungan global, dan sangat berhubungan dengan pencemaran udara serta penggunaan lahan tanah atau daratan (Rumaisa et al., 2019). Badan Pusat Statistik (2022) melaporkan bahwa di Indonesia sepanjang tahun 2021 terdapat 10.683 desa dan kelurahan yang mengalami pencemaran air. Provinsi dengan jumlah desa dan kelurahan terbanyak yang mengalami pencemaran ini adalah Jawa Tengah, yang terdampak sebanyak 1.310 desa. Disusul kemudian oleh Jawa Barat dengan 1.217 desa/kelurahan terdampak, dan Jawa Timur dengan masing-masing 1.152 desa/kelurahan terdampak.

Provinsi Sulawesi Selatan juga menjadi salah satu daerah yang memiliki permasalahan pencemaran perairan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2020) melaporkan bahwa Sungai Jeneberang, Sungai Sa'dan, Sungai Walanae dan Sungai Gilirang telah tergolong cemar berat untuk status mutu kualitas airnya. Sedangkan Sungai Larona dan Sungai Tangka tergolong cemar ringan - cemar berat. Bentuk pencemaran perairan yang paling berbahaya bagi makhluk hidup adalah pencemaran logam. Logam merupakan unsur yang sangat beracun yang dapat terakumulasi dalam organ tubuh makhluk hidup, dan beberapa bentuk pencemaran logam bahkan dapat mengakibatkan kematian (Nur & Karneli, 2015). Salah satu jenis logam yang sering kali ditemukan pada perairan dan bersifat toksik adalah timbel.

Timbel (Pb) merupakan zat berbahaya yang menimbulkan ancaman signifikan bagi organisme hidup. Hal ini dikarenakan Pb bersifat karsinogenik, dapat menyebabkan mutasi, tidak dapat terurai (*non degradable*) oleh makhluk hidup dan toksisitasnya tidak berubah (Rahayu & Soliat, 2018). Apabila Pb masuk ke dalam perairan dalam jumlah melebihi ambang batas, tentunya akan menyebabkan pencemaran dan dapat mempengaruhi kualitas suatu perairan. Menurut Palar (2012), Pb dan persenyawaannya dapat berada di badan perairan baik secara alamiah maupun sebagai dampak dari aktivitas manusia. Secara alamiah, Pb dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Selain itu, korosi batuan mineral akibat gelombang dan angin merupakan cara lain Pb masuk ke dalam badan perairan. Sedangkan pencemaran Pb pada perairan sebagai dampak dari aktivitas manusia dapat berasal dari kegiatan industri, pertambangan, peleburan logam, serta penggunaan pupuk atau pestisida yang mengandung Pb (Anisa, 2021).

Masuknya logam Pb ke dalam perairan akibat aktivitas manusia dapat membentuk air buangan atau limbah dan selanjutnya akan mengalami pengendapan

pada sedimen. Sedimen adalah lapisan bawah yang melapisi danau, teluk, sungai, muara dan lautan. Biasanya, sedimen memiliki konsentrasi logam yang lebih tinggi dibandingkan perairan tempat sedimen tersebut diendapkan (Budiastuti et al., 2016). Hal ini dikarenakan Pb memiliki densitas yang lebih besar dari air, sehingga Pb setelah masuk ke dalam perairan akan mengendap di dasar perairan (Rumhayati, 2019). Sedimen berfungsi sebagai habitat biota benthik dan menjadi salah satu daerah perangkap bagi logam. Biota yang hidup pada perairan dengan konsentrasi Pb yang tinggi akan mengakumulasi logam tersebut melalui proses gravitasi, biokonsentrasi dan bioakumulasi. Dalam jangka panjang, Pb akan terus terakumulasi pada organ dan tubuh biota hingga melampaui ambang batas toleransi, yang pada akhirnya mengakibatkan matinya biota terkait (Warni et al., 2017). Tingginya kadar Pb dalam perairan maupun sedimen dapat membahayakan biota perairan, mengganggu jaring makanan, hingga mengurangi keanekaragaman hayati pada suatu perairan. Salah satu perairan yang rawan terkena pencemaran akibat limbah Pb adalah Sungai Tallo.

Sungai Tallo merupakan salah satu sungai utama di Kota Makassar yang mengalir ke Selat Makassar, membelah dua wilayah yaitu Kabupaten Gowa dan Kota Makassar. Sungai Tallo dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat sebagai sarana transportasi air, pariwisata, sumber air baku dan kawasan perikanan tangkap serta budidaya perairan tawar dengan sistem keramba jaring apung (Indrawati et al., 2022). Di sekitar Sungai Tallo juga terdapat beberapa permukiman, industri, pertambangan dan pertanian yang menyebabkan Sungai Tallo tercemar oleh limbah-limbah industri dan limbah logam (Jais et al., 2020).

Di samping itu, Harmitha et al. (2022) menyatakan bahwa beberapa perusahaan diduga turut menyebabkan pencemaran di Sungai Tallo dengan membuang bahan berbahaya dan beracun (B3) serta limbah cair tanpa pengolahan yang baik. Harmitha et al. (2022) lebih lanjut menyebutkan bahwa perusahaan-perusahaan tersebut adalah PT Kawasan Industri Makassar, PT. Indra Angkola, PT Makassar Tene, PT *Coal Mining & Energy* dan Rumah Sakit Umum Ibnu Sina. Rata-rata perusahaan tersebut kekurangan fasilitas Instalasi Pengolahan Sampah (IPAL) dan Pengolahan Limbah Cair (IPLC), sehingga sampah langsung mengalir ke Sungai Tallo. Selain itu, aktivitas di darat dan laut, seperti limbah domestik, pertanian dan industri, juga berkontribusi terhadap terganggunya keberlanjutan ekosistem Sungai Tallo (Rukminasari & Sahabuddin, 2012).

Beberapa titik di Sungai Tallo diduga sebagai *hotspot* pencemaran Pb berdasarkan aktivitas antropogenik yang ada di sekitar Sungai Tallo. *Hotspot* merupakan daerah pada perairan dengan tingkat pencemaran yang tinggi (Rifai, 2013). Daerah pada Sungai Tallo yang dicurigai sebagai *hotspot* pencemaran Pb meliputi aliran sungai sekitar Biringromang, Lakkang dan Bontoa. Hal ini disebabkan oleh tingginya aktivitas

nelayan, industri, permukiman, pertambangan serta pertanian pada ketiga daerah ini. Dari ketiga daerah ini, aliran sungai di sekitar Lakkang sudah pernah diteliti oleh Mustawa, (2019) dan didapatkan hasil kandungan logam Pb pada air sebesar 21,56 mg/L dan pada sedimen sebesar 5.749,23 mg/kg. Nilai tersebut telah melewati batas yang telah ditetapkan dan menandakan daerah ini merupakan *hotspot* pencemaran Sungai Tallo.

Penelitian mengenai analisis kandungan logam timbel (Pb) di Sungai Tallo sudah pernah dilakukan oleh Azis (2004), Wasir (2013), Sukma et al. (2020), Mahluddin et al. (2022) dan beberapa peneliti terdahulu sebelumnya. Namun penelitian tersebut tidak melakukan pengambilan sampel pada daerah *hotspot* Sungai Tallo dan kurang berfokus pada anak-anak Sungai Tallo. Penelitian yang ada sebelumnya melakukan pengambilan sampel secara acak dan lebih memfokuskan penelitian pada daerah muara Sungai Tallo. Selain itu, penelitian ini penting dilakukan secara berkelanjutan karena adanya perubahan aktivitas antropogenik pada daerah sekitar Sungai Tallo tiap tahunnya. Penting untuk menganalisis kandungan Pb pada air dan sedimen di daerah *hotspot* perairan Sungai Tallo karena Pb akan mempengaruhi kualitas air sehingga kondisi lingkungan tidak sesuai lagi dengan peruntukannya. Adanya Pb di perairan sangat berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan biota perairan, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Selain itu, dengan memfokuskan penelitian pada daerah *hotspot* untuk mengetahui titik-titik fokus utama pencemaran berada, dapat memudahkan pengambilan tindakan kontrol yang lebih terarah dan efektif untuk mengurangi pencemaran.

Berdasarkan uraian tersebut maka perlu dilakukan penelitian mengenai kandungan logam timbel (Pb) pada air dan sedimen di daerah *hotspot* perairan Sungai Tallo, Makassar untuk mengetahui seberapa besar kandungan logam Pb pada air dan sedimen Sungai Tallo.

B. Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam timbel (Pb) yang terkandung pada air dan sedimen di daerah *hotspot* perairan Sungai Tallo, Makassar. Kegunaan dari penelitian ini yaitu diharapkan dapat menjadi salah satu bahan informasi mengenai kandungan logam timbel (Pb) pada air dan sedimen di daerah *hotspot* perairan Sungai Tallo yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pengelolaan Sungai Tallo.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sungai Tallo

Sungai Tallo merupakan salah satu sungai yang terletak di Sulawesi Selatan dengan panjang 10 km. Sungai Tallo bermuara di Selat Makassar dan mengalir melewati Kota Makassar, Kabupaten Gowa dan Kabupaten Maros, dengan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) mencapai 432,21 km² (Khafifah et al., 2023). Hal ini menjadikan Sungai Tallo memiliki aktivitas yang sangat padat. Sungai Tallo merupakan wilayah beriklim tropis, dengan rata-rata curah hujan tahunan berkisar 4.000 mm di daerah pegunungan dan 2.800 mm di daerah dataran rendah. Suhu rata-rata di kawasan Sungai Tallo berkisar 30°C dengan suhu minimum 22°C (Wasir, 2013). Di sepanjang sempadan Sungai Tallo ditumbuhi oleh pohon nipah (*Nypa Fruticans*) yang cukup lebat serta beberapa jenis *mangrove* seperti *Rhizophora sp* dan *Avicennia sp.* yang berfungsi sebagai penyangga erosi dan memperkuat tanggul (Bisjoe et al., 2019).

Sungai Tallo mempunyai peranan yang sangat penting bagi masyarakat dan makhluk hidup lainnya. Masyarakat setempat memanfaatkan Sungai Tallo untuk berbagai keperluan seperti penyediaan air minum, pertanian dan irigasi perkebunan, penyediaan air tambak, pariwisata, penggunaan sehari-hari, penangkapan ikan, transportasi air, hingga pembuangan limbah industri (Rukminasari & Sahabuddin, 2012). Namun, tingginya berbagai aktivitas masyarakat di sepanjang Sungai Tallo menjadikan sungai ini sangat rentan terhadap pencemaran yang dapat membahayakan kelangsungan berbagai organisme air dan mengganggu keseimbangan ekosistem sungai. Menurut uraian penelitian yang dilakukan oleh Wasir (2013), saat ini Sungai Tallo tergolong tercemar dengan tingkat pencemaran mulai dari ringan hingga berat.

B. Sedimen

Sedimen merupakan hasil disintegrasi dan dekomposisi batuan. Proses disintegrasi melibatkan segala tindakan yang menyebabkan batuan rusak/pecah menjadi partikel yang lebih kecil tanpa mengubah komposisi kimianya. Sedangkan dekomposisi berkaitan dengan reaksi kimia yang menyebabkan penguraian komponen mineral batuan. Sifat sedimen dapat ditentukan oleh karakteristik butiran mineral, seperti ukuran, bentuk, berat volume, berat jenis dan laju sedimentasi (Ponce, 1989). Simpson et al. (2005), mendefinisikan sedimen perairan sebagai material mineral dan partikulat organik yang tidak tergabung, yang mengendap dan berada di bawah lingkungan akuatik, termasuk sungai.

Sedimen perairan dapat berasal dari sumber alami antropogenik. Sumber alamiah sedimen meliputi presipitasi partikulat yang berasal dari debu kosmik, udara, erosi tanah, serta pelapukan material organik dan anorganik. Sementara itu, aktivitas manusia seperti pengelolaan tanah untuk pertanian maupun hutan, pengerjaan infrastruktur, serta buangan industri dan domestik menyumbang partikulat organik dan anorganik yang mengendap di dasar perairan (Rumhayati, 2019). Sedimen pada dasar perairan terdiri dari partikel-partikel dengan ukuran yang bervariasi, mulai dari besar (*boulder*) hingga sangat halus (koloid) dan dapat berbentuk persegi, bulat atau lonjong (Usman, 2014). Partikel yang lebih berat dan lebih besar akan mengendap di dasar perairan, sedangkan partikel yang lebih kecil akan tetap tersuspensi di kolom air (Rumhayati, 2019). Perbedaan komposisi sedimen di dasar sungai dapat mempengaruhi berbagai aspek perairan secara signifikan, seperti karakteristik kimia, porositas dasar sungai dan aliran air. Secara umum, sedimen dasar sungai dapat dikelompokkan menjadi batu kali (*bedrock*), kobel (*cobble*), buler (*boulder*), kerikil (*gravel*), lumpur (*silt*), pasir (*sand*), dan tanah liat (*clay*) (Effendi, 2003).

Sedimen memainkan peran penting dalam ekosistem perairan karena berfungsi sebagai tempat terjadinya siklus biogeokimia dan menjadi basis rantai makanan dalam sistem perairan. Sedimen perairan merupakan rumah bagi berbagai organisme, termasuk makrofauna, mikrofauna dan mikroba. Organisme ini bertugas memecah bahan organik menjadi nutrisi dasar untuk hewan-hewan pada tingkat trofik yang lebih tinggi dalam rantai makanan (Rumhayati, 2019). Dalam konteks pencemaran, sedimen memiliki peran penting sebagai reservoir zat pencemar. Substansi toksik seperti logam berbahaya dari limbah industri ke perairan, dapat terakumulasi dalam sedimen. Akumulasi substansi toksik yang terjadi pada sedimen menyebabkan kontaminasi sedimen (Sudarningsih, 2021).

Pada umumnya, sedimen yang berada di perairan tidak terlalu berbahaya bagi makhluk hidup. Faktanya, dalam beberapa kasus, akumulasi logam berbahaya oleh sedimen perairan bahkan mengurangi potensi toksisitas logam tersebut terhadap makhluk hidup di dalam sistem perairan. Namun, adanya perubahan fisika dan kimiawi yang terjadi pada sedimen dan badan air secara dinamis menyebabkan mobilisasi logam yang sebelumnya terakumulasi dalam sedimen kembali ke badan air (Connell & Miller, 1995). Selain itu, mineral-mineral dan bahan organik dalam sedimen perairan menimbulkan muatan negatif dan/atau positif pada permukaan sedimen perairan sehingga dapat berinteraksi dengan ion-ion logam non-esensial dari limbah industri maupun pertambangan, serta nutrient (ion nitrat dan fosfat) yang berasal dari aktivitas pertanian (Rumhayati, 2019). Dalam kondisi seperti ini, sedimen perairan dapat menjadi sumber polutan yang bersifat toksik bagi organisme perairan.

C. Logam Timbel (Pb)

Timbel atau timah hitam merupakan suatu jenis logam yang dalam bahasa ilmiah disebut plumbum dan disimbolkan dengan Pb (Lubis et al., 2013). Pb diklasifikasikan sebagai kelompok logam golongan IV-A dalam tabel periodik unsur kimia dengan nomor atom (NA) 82 dan berat atom (BA) 207,2. Pb memiliki karakteristik berwarna abu-abu kebiruan dengan titik leleh 327,5°C dan titik didih 1.725°C. Selain itu, Pb memiliki densitas yang tinggi dibanding logam yang lain kecuali emas dan merkuri, yaitu 11,34 gr/cm³. Pb dapat dipadukan dengan logam lain sehingga menghasilkan paduan yang mempunyai sifat berbeda dengan Pb murni (Palar, 2012).

Pb merupakan logam non-esensial yang secara alami terdapat di dalam kerak bumi dan tersebar ke alam dalam jumlah kecil melalui proses alami pada batu-batuan, penguapan lava, tanah dan tumbuhan. Namun aktivitas manusia telah menyebabkan kandungan Pb di lingkungan jauh lebih besar dibandingkan dengan sumber alami (Rahayu & Soliat, 2018). Pb digunakan untuk berbagai keperluan seperti amunisi, pelapis kabel dan pipa, bahan cat, pembuatan bantalan logam, produksi solder, baterai, pembuatan pigmen dan penstabil plastik, serta ekstraksi logam mulia. Selain itu, Pb digunakan sebagai bahan tambahan bahan bakar bensin dalam bentuk timbel tetra etil yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi pelumasan dan pembakaran. Dalam industri pertanian, Pb dimanfaatkan sebagai rodentisida, insektisida dan herbisida (Indrawati et al., 2022).

Terdapat bermacam-macam sumber yang mengakibatkan terbentuknya Pb, baik itu dalam udara, air maupun tanah. Berbagai sumber yang memberikan kontribusi signifikan terhadap produksi Pb antara lain dari pembakaran batu bara, asap dari pabrik-pabrik yang mengolah senyawa Pb alkil, Pb oksida, peleburan biji Pb dan transfer bahan bakar kendaraan bermotor. Bahan bakar ini mengandung senyawa Pb yang mudah menguap sehingga mengakibatkan lepasnya partikel Pb ke udara, yang kemudian akan turun ke tanah secara alami. Partikel-partikel ini memiliki ukuran mulai dari 0,02-1,00 µm dan dapat tetap tersuspensi di atmosfer selama jangka waktu 4-40 hari (Anisa, 2021). Sumber utama kontaminasi Pb dalam air adalah pembuangan limbah yang mengandung Pb. Salah satu industri yang menghasilkan air limbah yang mengandung Pb adalah industri aki penyimpanan mobil, karena elektroda pada aki tersebut terdiri dari 93% Pb dalam bentuk Pb oksida (PbO₂) (Rahayu & Soliat, 2018).

D. Dampak Logam Timbel (Pb)

Penggunaan Pb yang berlebihan tentu akan menghasilkan limbah yang dapat menjadi sumber pencemaran jika tidak diolah dengan baik. Pb berpotensi mencemari

berbagai aspek lingkungan, baik udara, air, tanah, tumbuhan, hewan, bahkan manusia. Tubuh manusia dapat menyerap Pb melalui konsumsi makanan dan minuman (Palar, 2012). Pb dapat menyebabkan penyumbatan sel darah merah, anemia, kanker dan memengaruhi bagian tubuh lainnya (Ika et al., 2012). Menurut Gusnita (2012), Pb merupakan racun syaraf yang bersifat toksik dan *continue* pada sistem hemolitik, kardiovaskuler dan ginjal. Anak yang telah menderita toksisitas Pb cenderung menunjukkan gejala hiperaktif, mudah bosan, mudah terpengaruh, sulit berkonsentrasi terhadap lingkungannya termasuk pada pelajaran, serta akan mengalami gangguan pada masa dewasanya nanti yaitu anak menjadi lamban dalam berpikir. Orang akan mengalami keracunan Pb bila mengonsumsi Pb sekitar 0,2-2 mg/hari.

Pada organisme perairan, Pb dapat diserap oleh organisme melalui air dan sedimen tempat organisme itu hidup. Ikan mengalami kematian jika mengandung Pb hingga 188mg/L. Biota-biota perairan seperti krustasea akan mengalami kematian setelah 245 jam, bila pada badan perairan tempat biota itu berada terlarut Pb pada konsentrasi 2,75-49 mg/L. Golongan insekta yang hidup di perairan akan mengalami kematian dalam kurun waktu 168-336 jam, jika di badan air terdapat Pb terlarut sebesar 3,5-64 mg/L (Rumhayati, 2019). Pb bersifat neurotoksin dan dapat terakumulasi di dalam tubuh hewan maupun manusia sehingga meningkatkan efek berbahaya (Mahluddin et al., 2022). Pb merupakan logam yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena bersifat karsinogenik dan mutagenik. Selain itu, Pb terurai sangat lambat dan toksisitasnya tidak berubah (Rahayu & Soliat, 2018).

E. Pencemaran Timbel (Pb) pada Perairan dan Sedimen

Logam Pb yang umumnya ditemukan dalam perairan berupa Pb^{2+} , $PbSO_4$, $PbHCO_3$ dan $PbCO^+$. Keberadaan Pb di perairan dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain air, tanah dan udara (Alsuhendra & Ridawati, 2013). Menurut Palar (2012), Pb berada pada perairan secara alamiah akibat proses korofikasi batuan-batuan mineral yang disebabkan oleh hempasan gelombang dan angin. Selain itu, kegiatan industri yang menghasilkan limbah Pb menjadi penyumbang besar masuknya Pb ke perairan. Limbah tersebut akan jatuh pada jalur-jalur perairan seperti anak-anak sungai yang kemudian akan terus mengalir hingga ke lautan. Masuknya limbah sisa perindustrian yang mengandung Pb ke perairan mengakibatkan kerusakan tata lingkungan perairan yang dimasukinya, menjadikan sungai dan alurnya tercemar.

Limbah Pb yang masuk ke dalam perairan kemudian akan mengalami pengendapan yang disebut sebagai sedimen. Konsentrasi Pb yang masuk ke perairan sangat mempengaruhi konsentrasi Pb yang berada pada sedimen. Pb yang berada pada

perairan akan menyebar dan akan terikat dengan partikel tersuspensi sehingga akan mengendap di dasar perairan dan terakumulasi pada sedimen (Suryo et al., 2021). Hal ini menjadikan konsentrasi Pb dalam sedimen biasanya lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasinya di air. Namun, sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan air akan melarutkan kembali Pb yang dikandungnya ke dalam air, sehingga sedimen menjadi sumber pencemaran potensial dalam skala waktu tertentu. Tingginya konsentrasi Pb pada sedimen dapat mencemari biota air seperti tumbuhan air, ikan udang dan kerang (Budiastuti et al., 2016).

Pb dapat ditemukan dalam sistem perairan baik sebagai ion bebas atau senyawa anionik, yang dihasilkan melalui berbagai reaksi kimia seperti kompleksasi, pengendapan dan oksidasi-reduksi. Reaksi ini menyebabkan Pb mengendap di dasar perairan atau berubah bentuk menjadi spesi yang kurang toksik. Namun, biota yang mengonsumsi ion bebas ini dapat mengalami biomagnifikasi, dengan Pb terakumulasi dalam jaringan lemaknya. Pb dapat masuk ke dalam tubuh biota melalui difusi melalui permukaan kulit, insang atau rantai makanan. Pb tersebut kemudian akan terserap dan terakumulasi dalam jaringan, sehingga berpotensi menyebabkan kerusakan organ pada konsentrasi yang lebih tinggi. Apabila jumlah Pb dalam perairan melebihi konsentrasi aman, maka dapat menyebabkan kematian biota perairan (Palar, 2012).

Menurut penelitian Wasir (2013), air pada Sungai Tallo menunjukkan kadar Pb sebesar 0,9285 mg/L pada titik pertama (PLTU), 0,5357mg/L pada titik kedua (Pampang) dan 0,6190 mg/L pada titik ketiga (Tol). Kandungan Pb pada tiga titik sampel tersebut telah melewati ambang batas yang telah ditetapkan oleh Keputusan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 14 Tahun 2003 Tentang Kriteria Mutu Air Kelas II yaitu 0,03 mg/L. Penelitian Sukma et al. (2020) menunjukkan hasil konsentrasi kadar logam Pb pada air di titik I tidak terdeteksi, titik II sebesar 0,0892 mg/L, dan titik III sebesar 0,6506 mg/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar Pb pada beberapa titik di Sungai Tallo telah melewati ambang batas yang ditetapkan. Sedangkan penelitian Mahluddin et al. (2022) menyatakan bahwa kandungan timbel (Pb) dalam air pada titik I, II dan III yaitu sebesar <0,001 mg/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar Pb pada air di Sungai Tallo memenuhi syarat standar baku mutu.

Menurut penelitian Azis (2004), sedimen di Muara Sungai Tallo mengandung logam Pb dengan konsentrasi rata-rata 110,44 mg/kg, melebihi ambang batas yang ditetapkan berdasarkan Pedoman Kualitas Sedimen (PKS) 2003 sebesar 36 mg/kg. Hasil penelitian Yafyet et al. (2016) menunjukkan bahwa sedimen di sekitar lokasi pengambilan sampel pada Sungai Tallo telah dicemari oleh Pb. Kandungan Pb dalam sedimen berkisar antara 147,69– 272,02 mg/kg dan telah melewati ambang batas yang ditetapkan. Sedangkan penelitian Mustawa (2019) menyatakan bahwa kandungan Pb

pada sedimen di beberapa titik di Sungai Tallo berkisar 3.685,05-11.113,24 mg/kg dan telah melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan.

F. Faktor Fisika-Kimia yang Mempengaruhi Kandungan Logam Timbel (Pb)

1. Suhu

Pengaturan proses alami dalam perairan secara *universal* dipengaruhi oleh suhu, yang berdampak pada komponen biotik dan abiotik. Pada lingkungan perairan, perubahan suhu memengaruhi kinetika dan termodinamika reaksi kimiawi, kelarutan gas dan senyawa kimiawi di badan air dan proses metabolisme organisme air (Rumhayati, 2019). Selain itu, suhu memainkan peran penting dalam toksisitas logam terhadap biota. Dengan meningkatnya suhu, laju akumulasi logam ke dalam tubuh biota akan meningkat, dan reaksi pembentukan ikatan antara logam dan protein dalam tubuh biota akan semakin cepat (Budiastuti et al., 2016).

Suhu juga mempengaruhi konsentrasi logam di kolom air dan sedimen. Perairan dengan suhu yang lebih dingin akan memudahkan logam mengendap di sedimen, sedangkan perairan dengan suhu yang lebih tinggi menyebabkan senyawa logam larut dalam air (Suryo et al., 2021). Perubahan suhu air berdampak langsung terhadap penyerapan senyawa logam pada partikulat. Penurunan suhu akan meningkatkan penyerapan logam dalam partikulat sehingga menyebabkan logam mengendap di dasar air, sedangkan peningkatan suhu akan mengurangi penyerapannya. Kenaikan suhu di perairan akan mempercepat reaksi pembentukan ion-ion logam (Azizah et al., 2018).

2. Salinitas

Konsentrasi garam dalam suatu perairan dikenal sebagai salinitas. Garam ini tersusun dari berbagai ion yang terlarut dalam air. Pada umumnya salinitas disebabkan oleh 7 ion utama yaitu natrium (Na), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), klorit (Cl), sulfat (SO₄) dan bikarbonat (HCO₃). Salinitas dinyatakan dalam satuan gram/kg atau promil (‰) (Effendi, 2003). Salinitas pada sungai akan semakin bertambah atau naik seiring dengan bertambahnya jarak dari hulu sungai ke arah hilir atau muara. Perubahan ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti pasang surut air laut, karakteristik estuari dan debit sungai (Mahluddin et al., 2022).

Tingkat salinitas berpotensi mempengaruhi konsentrasi logam yang ada di perairan. Salinitas yang menurun akibat proses desalinasi menyebabkan peningkatan sifat toksik serta bioakumulasi logam (Budiastuti et al., 2016). Perairan dengan tingkat salinitas rendah cenderung memiliki kandungan logam yang lebih tinggi, sedangkan perairan dengan tingkat salinitas tinggi mengandung lebih sedikit logam. Laju

pengendapan logam yang terdapat pada kolom air cenderung lebih cepat pada kondisi salinitas berkisar antara 0-18‰ (Dewi et al., 2020).

3. Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran sifat asam dan basa suatu larutan ditentukan oleh pH atau nilai derajat keasamannya. Pengukuran ini didasarkan pada konsentrasi ion hidrogen yang ada dalam larutan. Rentang nilai pH berkisar dari 0 hingga 14 yang dikategorikan menjadi nilai pH <7 bersifat asam, nilai pH 7 bersifat netral dan nilai pH >7 bersifat basa. Semakin rendah nilai pH maka semakin besar sifat asam dari suatu larutan tersebut, sedangkan semakin tinggi nilai pH maka semakin besar sifat basa dari suatu larutan. Sebagian besar biota perairan sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7-8.5 (Mahluddin et al., 2022).

Keberadaan logam pada suatu perairan dapat dipengaruhi oleh pH perairan tersebut. Nilai pH yang lebih tinggi dalam suatu perairan mengakibatkan tingginya kadar logam yang mengendap pada sedimen. Dengan ini, tingkat kelarutan logam pada suatu perairan akan menurun. Penurunan kelarutan logam pada badan air disebabkan oleh perubahan kestabilan bentuk senyawa karbonat menjadi senyawa hidroksida yang dapat memberikan daya ikat partikel yang terdapat pada kolom air (Palar, 2012). Sebaliknya, nilai pH yang rendah mengakibatkan kelarutan logam pada kolom air meningkat sehingga toksisitas logam juga meningkat (Budiastuti et al., 2016).

4. Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*)

Oksigen terlarut (DO) dapat mengindikasikan jumlah oksigen dalam perairan yang dibutuhkan oleh organisme air. Kadar oksigen terlarut di perairan alami sangat bervariasi, tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air, dan tekanan atmosfer. Semakin besar suhu dan ketinggian serta semakin kecil tekanan atmosfer, maka kadar oksigen terlarut semakin kecil. Kadar oksigen terlarut juga berfluktuasi secara harian dan musiman, tergantung pada pencampuran dan pergerakan massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi dan limbah yang masuk ke badan air (Effendi, 2003).

Nilai DO dapat mempengaruhi kandungan dan toksisitas logam Pb dalam badan air dan sedimen. Apabila DO di perairan meningkat maka konsentrasi Pb di perairan akan menurun dan mengindikasikan kualitas di perairan tersebut baik (Fernandes et al., 2023). Penurunan nilai DO menyebabkan logam Pb dalam bentuk Pb^{4+} akan berubah menjadi Pb^{2+} (bentuk yang lebih toksik) dan kemudian akan mengendap di sedimen, sehingga konsentrasi logam Pb dalam sedimen meningkat (Wicaksono et al., 2016).

G. Hotspot

Daerah yang berdekatan dengan sumber pencemaran sering kali mempunyai konsentrasi polusi lingkungan yang tinggi, dan daerah tersebut biasanya disebut sebagai *hotspot* pencemaran. *Hotspot* juga dapat didefinisikan sebagai suatu area pada perairan dengan tingkat pencemaran yang lebih tinggi daripada area lainnya (Rifai, 2013). Beberapa titik pada perairan dikelompokkan sebagai *hotspot* pencemaran berdasarkan aktivitas antropogenik yang mengakibatkan tingginya pencemaran pada daerah tersebut. Untuk pencemaran Pb, aktivitas tersebut dapat meliputi kegiatan industri, pertambangan, nelayan, permukiman, pertambangan, pertanian serta PLTU yang dapat menghasilkan limbah Pb (Yang et al., 2022).

Mendeteksi dan mengkarakterisasi titik-titik *hotspot* pencemaran sangat penting dalam pengelolaan kualitas perairan. Untuk penilaian dampak ekologi, kesehatan serta manajemen kualitas perairan, sangat penting untuk memahami pola spasial kualitas perairan, terutama daerah dengan konsentrasi pencemaran lingkungan tinggi (*hotspot*) (Zhang et al., 2021). Pendeteksian suatu *hotspot* pencemaran dapat digunakan untuk mendukung perumusan kebijakan lingkungan yang lebih terukur dan efektif untuk mengendalikan pencemaran perairan, serta memungkinkan identifikasi potensi risiko pencemaran dimasa depan (Wear et al., 2021). Dengan mendeteksi *hotspot* pencemaran, hal ini dapat membantu meningkatkan efektivitas, efisiensi dan responsibilitas dalam menjaga kebersihan dan kesehatan ekosistem perairan tersebut.

H. Destruksi Asam

Metode destruksi asam adalah teknik yang digunakan untuk mengukur kadar logam di lingkungan. Metode ini melibatkan pelarutan atau pendestruksian sampel yang diuji dengan menggunakan asam kuat yang kemudian dipanaskan. Setelah itu, kandungan logam dalam larutan yang dihasilkan diukur menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Salah satu metode destruksi asam adalah destruksi basah. Destruksi basah mencakup perombakan sampel melalui penggunaan asam kuat tunggal maupun campuran, diikuti dengan oksidasi menggunakan zat pengoksidasi (Kristianingrum, 2012). Asam-asam kuat yang dapat digunakan secara ialah asam sulfat (H_2SO_4), asam nitrat (HNO_3), asam klorida (HCl) dan asam perklorat ($HClO_4$). Keuntungan atau kelebihan destruksi basah ialah sederhana dan terhindar dari pengotor (Asmorowati et al., 2020). Namun destruksi basah juga mempunyai kekurangan, yaitu membutuhkan reagen yang bersifat korosif dan membutuhkan pengawasan penuh sehingga dalam satu waktu tidak bisa mengerjakan sampel dalam jumlah yang banyak (Faqihuddin & Ubaydillah, 2021).

Tercapainya destruksi yang ideal ditandai dengan diperolehnya larutan jernih pada larutan destruksi, yang menunjukkan bahwa seluruh komponen yang ada telah larut sempurna. Senyawa-senyawa yang terbentuk setelah destruksi merupakan senyawa yang stabil (Kristianingrum, 2012). Tujuan dari proses destruksi adalah untuk mendapatkan larutan yang tercampur sempurna dengan analit, dekomposisi yang sempurna dari padatan, dan menghindari hilangnya atau terjadinya kontaminasi analit. Adanya kandungan matriks atau ion-ion lain dapat mengganggu proses analisis logam melalui SSA sehingga menyebabkan penurunan keakuratan hasil analisis. Oleh karena itu sebelum analisis, perlu dilakukan destruksi untuk menghilangkan/memisahkan kandungan ion lainnya. Dengan demikian, tingkat kesalahan dalam analisis diharapkan dapat diminimalisir semaksimal mungkin (Rodiana et al., 2013).

I. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektrometri Serapan Atom (SSA) / *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) adalah alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metaloid yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Skoog et al., 2000). SSA sangat berguna untuk menganalisis zat dengan konsentrasi yang sangat rendah karena memiliki kepekaan yang tinggi (batas deteksi kurang dari 1 ppm), pelaksanaannya relatif sederhana dan interferensinya sedikit (Lolo et al., 2020). Aplikasi yang menggunakan SSA ini telah banyak digunakan untuk pengujian kadar logam terlarut dalam air maupun sedimen. Logam-logam yang sering di analisa pada alat ini adalah Pb, Cr, Ni, Cd, Fe, Zn, Cu, dan Co (Sugito & Marliyana, 2021).

Metode SSA berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom, atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Cahaya pada gelombang ini mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat energi elektronik suatu atom. SSA meliputi absorpsi sinar oleh atom-atom netral unsur logam yang masih berada dalam keadaan dasarnya (*ground state*) (Gupta & Roy, 2007). Atom-atom dalam keadaan dasar ini dapat menyerap cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Intensitas dari cahaya yang dihasilkan berhubungan dengan konsentrasi awal atom pada *ground state*. Sebagian besar atom akan berada pada *ground state*, dan sebagian kecil yang tereksitasi akan memancarkan cahaya dengan panjang gelombang yang khas untuk atom tersebut, ketika kembali ke *ground state*. Cahaya yang tidak ikut terserap oleh atom ditransmisikan dan dipancarkan oleh detektor dan kemudian berubah menjadi sinyal yang terukur (Anisa, 2021).