

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Muara sungai merupakan bagian hilir dari sungai yang langsung berhubungan dengan air laut, dan sangat dipengaruhi oleh adanya pasang surut. Di daerah hulu sungai, terdapat berbagai aktivitas seperti industri, pemukiman penduduk, dan perikanan. Aktivitas-aktivitas ini menghasilkan limbah yang mengandung logam dan dialirkan ke sungai, kemudian menuju perairan laut. Hal ini sejalan dengan penelitian Dierrisska et al. (2024) menunjukkan bahwa aktivitas manusia merupakan sumber utama pencemaran perairan dengan logam. Selain itu, Pratama et al. (2021) menemukan bahwa aliran sungai membawa sedimen yang mengandung berbagai polutan, termasuk logam, dari hulu ke muara. Celis-Hernandez et al. (2021) menjelaskan bahwa muara sungai berfungsi sebagai penghubung antara ekosistem darat dan laut. Muara juga berperan sebagai penyaring polutan yang berasal dari daratan sebelum mencapai laut lepas.

Masalah pencemaran ini menjadi hal yang perlu diperhatikan oleh masyarakat dan pemerintah, aktivitas yang dilakukan oleh manusia tidak terlepas dari penyebab meningkatnya pencemaran yang masuk kedalam perairan sehingga dapat merusak ekosistem perairan. Selain dapat merusak ekosistem perairan, pencemaran juga akan menjadi penyebab menurunnya kualitas air hal ini tentunya akan berdampak kepada manusia karena berkurangnya sumber air bersih (Atami et al., 2024). Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pasal 1 ayat 28 menyatakan bahwa Pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

Logam merupakan senyawa berbahaya bagi perairan jika kadarnya melebihi ambang batas. Proses bioakumulasi menyebabkan logam terakumulasi dalam tubuh organisme perairan, sehingga dapat menimbulkan efek negatif seperti gangguan pada reaksi kimia dan penyerapan nutrien-nutrien yang esensial (Hananingtyas, 2017). Timbal (Pb) merupakan salah satu logam yang bersifat sangat toksik atau beracun jika terakumulasi dalam suatu perairan dan melebihi ambang batasnya. Pencemaran logam Pb banyak ditemukan di perairan akibatnya dapat merusak ekosistem yang berada di sungai dan juga dapat mengganggu keberlangsungan hidup organisme perairan (Arkianti et al., 2019). Logam Timbal (Pb) biasanya berasal dari buangan limbah industri, limbah rumah tangga, buangan bahan bakar kendaraan, penggunaan pupuk yang mengandung pestisida dan lainnya (Hananingtyas, 2017).

Kota Makassar terletak di antara Sungai Jeneberang dan Sungai Tallo, dua sungai utama yang menjadi sumber mata pencaharian bagi masyarakat sekitar. Sungai-sungai ini dimanfaatkan untuk transportasi, perikanan, dan berbagai aktivitas

lainnya. Namun, intensitas penggunaan yang tinggi telah menyebabkan degradasi lingkungan di sepanjang aliran sungai, terutama di wilayah muara (Indrawati et al., 2022). Dalam zonasi wilayah perairan Kota Makassar, kedua sungai utama ini memiliki karakteristik yang berbeda dari segi penggunaan perairan sungai, aktifitas antropogenik sekitar sungai dan potensi pencemaran logam dengan inputan yang berbeda di sepanjang aliran sungai. Muara Sungai Tallo lebih banyak menerima inputan logam dari berbagai sumber seperti dermaga/pelabuhan dan Kawasan industri dibandingkan dengan muara Sungai Jeneberang. Menurut penelitian Werorilangi et al. (2013) menunjukkan bahwa perairan bagian selatan lebih aman dari pencemaran logam.

Oleh karena itu studi sebaran spasial logam, khususnya timbal (Pb), di kedua muara sungai Kota Makassar sangat penting untuk dilakukan. Hal ini bertujuan untuk mengidentifikasi sumber pencemaran, menganalisis dampaknya terhadap ekosistem dan kesehatan manusia, serta memberikan informasi yang dibutuhkan untuk upaya mitigasi. Berdasarkan uraian-uraian permasalahan diatas, maka penting untuk dilakukan penelitian tentang sebaran spasial logam timbal (Pb) di perairan muara Sungai Jeneberang dan muara Sungai Tallo Kota Makassar Sulawesi Selatan.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

1. Menganalisis distribusi spasial logam timbal (Pb) di perairan muara Sungai Jeneberang dan muara Sungai Tallo
2. Mengetahui hubungan logam timbal (Pb) dengan parameter fisika-kimia perairan pada sedimen dan air di muara Sungai Jeneberang dan muara Sungai Tallo.

Kegunaan dari penelitian ini yaitu memberikan informasi sebaran spasial logam timbal (Pb) di perairan muara Sungai Jeneberang dan muara Sungai Tallo Kota Makassar Sulawesi Selatan.

1.3 Landasan Teori

1.3.1 Logam Timbal (Pb)

Logam merupakan salah satu jenis polutan berbahaya yang dapat mencemari perairan. Berdasarkan fungsinya bagi organisme hidup, logam dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu logam esensial dan logam non-esensial. Logam esensial diperlukan oleh tubuh dalam jumlah tertentu, namun dapat menjadi racun jika berlebihan. Sebaliknya, logam non-esensial umumnya tidak memiliki fungsi biologis dan bersifat toksik bagi organisme. Proses bioakumulasi menyebabkan logam terakumulasi dalam tubuh organisme perairan, sehingga dapat mengganggu ekosistem dan menyebabkan berbagai masalah kesehatan pada biota laut. (Hananingtyas, 2017). Logam sangat sulit terdegradasi secara alami dan cenderung terakumulasi pada air, sedimen, dan masuk kedalam tubuh organisme (Putra et al., 2022).

Timbal (Pb) adalah salah satu logam yang sangat berbahaya bagi lingkungan, terutama perairan. Ketika kadar timbal melebihi batas aman, logam ini

dapat mengganggu ekosistem perairan dan membahayakan kesehatan manusia. Timbal dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk kerusakan ginjal, gangguan reproduksi, dan kerusakan sistem saraf (Putra et al., 2022). Pencemaran logam ini banyak ditemukan di perairan akibatnya dapat merusak ekosistem yang berada di sungai dan juga dapat mengganggu keberlangsungan hidup organisme perairan (Arkianti et al., 2019). Sumber pencemaran logam Timbal (Pb) biasanya berasal dari buangan limbah industri, limbah rumah tangga, buangan bahan bakar kendaraan, penggunaan pupuk yang mengandung pestisida dan lainnya (Hananingtyas, 2017). Hal serupa juga dikatakan oleh Harmesa & Cordova (2021) bahwa timbal yang terdapat pada perairan kebanyakan berasal dari aktivitas transportasi, dimana kandungan timbal yang terdapat pada bahan bakar anti pemecah minyak. Akibat dari aktivitas inilah polusi Pb dilepaskan ke atmosfer melalui pembuangan asap dan akan larut ke dalam perairan.

1.3.2 Sebaran Logam Pb dan Perilakunya Di Muara Sungai serta Hubungannya dengan Parameter Lingkungan

Muara sungai merupakan tempat pertemuan antara sungai dengan laut. Muara sungai adalah bagian akhir dari sistem sungai yang mengalirkan air dan sedimen ke badan air yang lebih besar. Muara sungai berfungsi sebagai sirkulasi aliran atau adanya pengeluaran dan pembuangan debit air sungai yang terjadi terutama pada saat terjadinya banjir (Lumbanraja et al., 2023). Masuknya logam ke dalam perairan disebabkan adanya buangan limbah atau dampak dari aktivitas manusia sehingga perairan menerima inputan tersebut lalu mengalirkan air hingga masuk ke badan air yang lebih besar dan bahkan dapat mengalami pengendapan ke dasar perairan (Pratama et al., 2021).

Interaksi sedimen dan logam sangat mempengaruhi penyebarannya di perairan terbukti jika pada saat logam berada pada fase solid, yaitu logam akan berpartisipasi pada fraksi-fraksi geokimia di sedimen dan pada akhirnya akan menentukan bioavailabilitas bagi biota (Werorilangi et al., 2019). Hal ini berkaitan dengan terjadinya distribusi vertikal logam, Menurut Purwiyanto (2015) menyatakan bahwa kondisi logam yang memiliki berat jenis lebih berat jenis air menyebabkan logam memiliki sifat mudah tenggelam. Meski demikian, logam tersebut tidak serta merta tenggelam begitu saja. Interaksi ini diduga turut berperan dalam pengendapan logam sehingga terjadi distribusi vertikal logam yang bervariasi.

Sun et al. (2018) menjelaskan bahwa proses pengendapan logam yang terikat pada partikel tersuspensi di muara dan dipengaruhi oleh berbagai faktor fisik seperti topografi, kecepatan arus, dan gradien densitas. Proses flokulasi yang diakibatkan oleh peningkatan salinitas juga mempercepat pengendapan partikel, sehingga sedimen yang berada di muara menjadi tempat akumulasi logam yang signifikan. Namun jika logam yang teradsorpsi pada partikel sedimen dapat mengalami desorpsi dan kembali ke kolom air akibat perubahan kondisi redoks, salinitas, pH dan ketika terjadi resuspensi karena dampak pasang surut yang kuat atau kejadian bencana alam.

Logam di kolom air lebih beracun dibandingkan yang berada di sedimen karena lebih mudah diserap oleh organisme. Oleh karena itu, pelepasan sekunder logam dari sedimen dapat semakin memperburuk pencemaran air dan mendorong bioakumulasi logam dalam organisme akuatik sehingga dapat menimbulkan ancaman yang lebih fatal terhadap ekosistem dan kesehatan manusia. Perilaku logam berat dalam sistem akuatik dipengaruhi oleh berbagai proses biogeokimia, termasuk penyerapan-desorpsi, presipitasi-pelarutan, dan difusi yang didorong oleh gradien konsentrasi. Aktivitas bioturbasi organisme benthik juga berperan signifikan dalam mengatur distribusi vertikal logam berat dalam sedimen (Zhenzhen et al., 2021).

Menurut Salamahu (2012), parameter yang dapat mempengaruhi konsentrasi logam di perairan adalah salinitas, suhu, pH, kecepatan arus, potensial reduks (Eh) dan Bahan Organik Total (BOT). Sehingga keterkaitannya dengan parameter tersebut dapat mempengaruhi fluktuasi konsentrasi logam dalam air.

Salinitas. Salinitas di daerah estuaria merupakan percampuran antara air sungai dan air laut, sehingga menyebabkan daerah muara sungai memiliki air yang bersalinitas lebih rendah. Salinitas dapat mempengaruhi keberadaan logam di perairan jika terjadi penurunan salinitas karena adanya proses desalinasi maka akan menyebabkan adanya peningkatan daya toksik logam dan tingkat bioakumulasi logam akan semakin besar (Parawita et al., 2009). Hal ini didukung oleh penelitian Pribadi et al. (2023) Korelasi salinitas terhadap logam Pb memiliki hubungan yang kuat, karena pada saat terjadi penurunan salinitas di suatu perairan dapat menimbulkan peningkatan toksisitas logam Pb dan tingkat akumulasinya semakin besar.

Suhu. Kadar logam Pb dipengaruhi oleh suhu dan pH, pada suhu yang tinggi senyawa logam akan larut dalam air dan jika suhu rendah senyawa logam akan mengendap di sedimen karena kelarutannya rendah. Suhu yang rendah memudahkan senyawa logam mengendap di sedimen karena kelarutan yang rendah. Suhu tinggi akan memudahkan logam larut dalam air (Azizah et al., 2018). Hal ini diperkuat oleh penelitian Sari et al. (2017) bahwa penurunan suhu dapat mempengaruhi logam di perairan karena penurunan suhu di perairan dapat menyebabkan logam mengendap ke dasar perairan. Menurut penelitian Haupea et al. (2022) bahwa selain suhu dapat mempercepat reaksi-reaksi kimia, reduksi kelarutan gas-gas dalam air suhu juga dapat mempengaruhi keberadaan dan sifat logam. Menurut Emilia (2013) menyatakan bahwa suhu yang tinggi pada perairan akan menurunkan akumulasi logam.

Derajat Keasaman (pH). Derajat keasaman merupakan gambaran dari keseimbangan asam dan basa yang mutlak ditentukan oleh besarnya ion hidrogen dalam perairan. Menurut Mariwy et al. (2017) Toksisitas logam dipengaruhi oleh pH yang rendah sehingga menyebabkan logam lebih mudah terlarut dalam air. Konsentrasi logam dipengaruhi oleh adanya kondisi pH asam untuk melarutkannya dalam air. Semakin asam perairan maka semakin meningkat kelarutan logam dalam perairan yang akan menyebabkan tingginya tingkat toksisitas logam (Juhama et al., 2022).

Bahan Organik Total. Bahan Organik Total merupakan salah satu indikator kesuburan lingkungan baik darat maupun di laut. Kandungan bahan organik berkaitan dengan ukuran butir sedimen. Sedimen perairan mempunyai ukuran butir yang bervariasi sehingga hubungan ukuran butir sedimen dengan kandungan bahan organik mempengaruhi bentuk ukuran butir sedimen. Semakin halus partikelnya maka semakin tinggi tingkat bahan organiknya, karena semakin halus sedimen maka kemampuan dalam mengakumulasi bahan organik semakin besar. Bahan organik pada umumnya akan meningkat pada sedimen yang lebih halus seperti lumpur. Kandungan logam dalam sedimen akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya bahan organik di dalamnya (Maslukah, 2013).

Kecepatan Arus. Arus merupakan pergerakan massa air secara horizontal yang dapat disebabkan oleh tiupan angin di permukaan laut, maupun adanya pengaruh pasang surut. Arus permukaan perairan berpengaruh terhadap akumulasi Pb, semakin tinggi kecepatan arus maka akumulasi Pb pada sedimen akan semakin kecil. Hal ini dapat terjadi karena arus permukaan yang cepat dapat membawa partikel sedimen yang telah terakumulasi Pb menyebar ke seluruh perairan. cepat lambatnya arus akan mempengaruhi distribusi logam pada suatu kawasan, perairan yang memiliki arus cenderung kuat dapat membuat penyebaran logam yang merata (Pribadi et al., 2023).

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 (Paena et al., 2014). Menurut Najamuddin et al. (2020) bahwa peranan nilai potensial redoks dapat menentukan mekanisme reaksi oksidasi reduksi dalam pengikatan dan pelepasan logam. Sedimen pada suatu perairan dibagi menjadi 3 zona berdasarkan pada nilai reduks potensial dan reaksi kimia yang terjadi. Zona tersebut adalah zona oksidasi dimana nilai Eh >200 mV, zona transisi dengan nilai Eh berkisar antara $0-200$ mV, dan zona reduksi yang memiliki nilai Eh <0 mV (Mustafa, 2019). Potensial reduks memiliki korelasi dengan logam. Semakin tinggi Eh sedimen maka potensi oksidasi di sedimen juga semakin tinggi dan kompleksasi logam akan melemah sehingga logam dalam bentuk ion dapat bebas ke perairan, namun jika Eh rendah maka terjadi potensial reduks dan logam cenderung akan berikatan kuat pada sedimen (Ramadhani, 2022).

1.3.3 Spasial

Pengolahan data spasial adalah bagian yang krusial dalam pengelolaan data Sistem Informasi Geografi (SIG). Proses ini melibatkan menerapkan aturan-aturan relasional secara bersamaan. Sistem Informasi Geografi (SIG) bukan hanya alat yang berfungsi untuk memindahkan atau mentransformasi peta konvensional (*analog*) menjadi digital (*digital map*), melainkan juga sistem ini memiliki kemampuan untuk mengolah dan menganalisis data berdasarkan lokasi geografis sehingga menghasilkan informasi berharga. Karakteristik utama Sistem Informasi Geografi adalah kemampuannya dalam melakukan analisis spasial seperti analisa statistik dan *overlay* (Handayani et al., 2005).

Data spasial adalah data yang menunjuk posisi geografi dimana setiap karakteristik memiliki satu lokasi yang harus ditentukan dengan cara yang unik. Penentuan posisi absolut yang paling sederhana biasanya menggunakan sistem koordinat grid segiempat teratur. Untuk area yang lebih besar, berdasarkan proyeksi kartografi yang umum digunakan. Proses analisis spasial meliputi kegiatan membuat *buffer* disekitar titik (*point*), garis (*line*), dan area (*polygon*), menganalisis peta dengan titik, garis dan area dengan proses *overlay* menggunakan metode *intersection*, *union*, identitas, hapus, dan klip (Handayani et al., 2005).

Interpolasi spasial adalah suatu metode yang digunakan untuk memperkirakan data di lokasi yang belum diketahui, dengan memanfaatkan informasi yang ada di daerah lain. Berbagai teknik interpolasi spasial sudah banyak dikembangkan dan digunakan. Salah satu metode interpolasi yang paling banyak digunakan adalah metode *Inverse Distance Weight* (IDW). Metode ini memiliki keuntungan dapat digunakan ketika distribusi parameter estimasi bukanlah distribusi normal (Feng dan Chen, 2012). Menurut Sofia et al. (2018) Ide utama metode *Inverse Distance Weight* (IDW) adalah mengasumsikan bahwa nilai suatu lokasi yang tidak disampel dapat diperkirakan sebagai rata-rata berbobot dari nilai-nilai yang diketahui di sekitarnya. Proses ini melibatkan pemberian nilai pada lokasi yang tidak diketahui dengan menggunakan data dari kumpulan titik yang sudah diketahui. Nilai di lokasi yang tidak diketahui ini dihitung sebagai jumlah berbobot dari nilai-nilai sejumlah N titik yang diketahui.

1.3.4 Studi Kasus

Penelitian mengenai Distribusi Spasial Logam Timbal (Pb) pada Sedimen di Muara Sungai yang telah dilakukan pada berbagai perairan.

Penelitian Dierrisska et al. (2024) menunjukkan bahwa konsentrasi timbal (Pb) pada sedimen di Perairan Pantai Loji Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah berkisar antara 3,708-6,149 mg/kg, sedangkan kadmium (Cd) berada di bawah batas deteksi. Distribusi Pb dipengaruhi oleh persentase bahan organik sebesar 43%, namun tidak dipengaruhi oleh ukuran butir sedimen. Meskipun demikian, konsentrasi logam masih berada di bawah baku mutu ANZECC, mengindikasikan bahwa perairan pantai Loji masih dalam kondisi relatif bersih.

Penelitian Pratama et al. (2021) menunjukkan bahwa konsentrasi timbal (Pb) dan seng (Zn) pada sedimen di Muara Sungai Kaligung Tegal, Kota Tegal bervariasi, dengan Pb berkisar antara 17,8-31,4 ppm dan Zn antara 107,1-112,1 ppm. Logam cenderung terakumulasi di dekat muara dan menurun ke arah laut. Distribusi Pb lebih erat kaitannya dengan kandungan karbon organik dan ukuran butir sedimen dibandingkan Zn. Pola distribusi logam ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kandungan bahan organik, ukuran butir sedimen, jarak dari sumber pencemar, kecepatan arus, dan kedalaman perairan.

Penelitian Rustiah et al. (2019) menunjukkan bahwa kandungan timbal (Pb) pada sedimen di perairan Spermonde, Sulawesi Selatan rata-rata sebesar 17,38 ppm, lebih tinggi dibandingkan kadmium (Cd). Konsentrasi Pb tertinggi ditemukan di

Pulau Lanjukang dan Pulau Bone Tambung (sekitar 20 ppm), sedangkan konsentrasi terendah di Pulau Barrang Lompo (9,86 ppm). Cd hanya terdeteksi di beberapa pulau dengan konsentrasi yang relatif rendah. Berdasarkan nilai SQG, secara keseluruhan kondisi sedimen di Perairan Spermonde masih tergolong belum terkontaminasi logam.

Werorilangi et al. (2019) telah melakukan penelitian untuk mengidentifikasi distribusi spasial logam (Pb, Cd, Cu, dan Zn) serta fraksi bioavailabilitas di sedimen perairan pantai Kota Makassar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam meningkat secara signifikan dari selatan ke utara, mengindikasikan adanya pengaruh dari aktivitas antropogenik di daratan. Analisis fraksi geokimia menunjukkan bahwa ketersediaan biologis logam Pb dan Cu tidak selalu sebanding dengan konsentrasi totalnya, sedangkan pada logam Cd dan Zn terdapat korelasi positif.

Penelitian Haupea et al. (2022) menunjukkan bahwa ukuran butir sedimen di Pelabuhan Hitu Kecamatan Leihitu, Kabupaten Maluku Tengah. Didominasi oleh pasir (48,68-90,03%). Kandungan timbal (Pb) pada semua stasiun pengamatan melebihi baku mutu yang ditetapkan, dengan konsentrasi tertinggi mencapai 16,44 mg/kg. Hal ini mengindikasikan adanya pencemaran logam di wilayah tersebut, yang kemungkinan besar disebabkan oleh aktivitas pelabuhan.

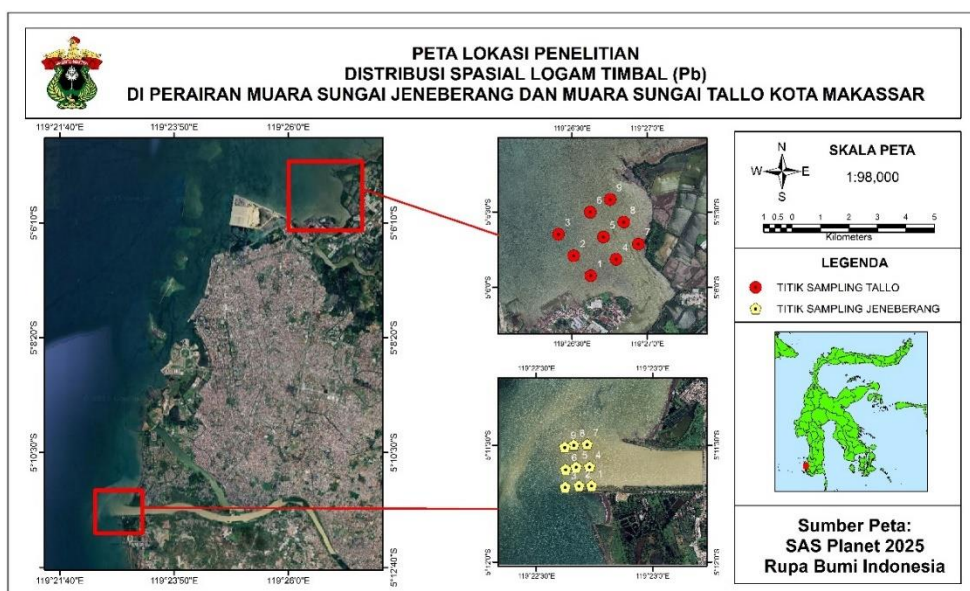
Maslukah (2013) telah menyelidiki hubungan antara logam (Pb, Cd, Cu, Zn) dengan karakteristik sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. Penelitian ini menemukan bahwa kandungan bahan organik dalam sedimen sangat berpengaruh pada ukuran butirnya. Selain itu, logam Pb, Cd, dan Cu menunjukkan korelasi positif dengan baik bahan organik maupun ukuran butir, mengindikasikan bahwa logam-logam tersebut cenderung terakumulasi pada partikel sedimen yang lebih halus dan kaya organik. Sebaliknya, logam Zn menunjukkan pola yang berbeda, dengan korelasi negatif terhadap kedua variabel tersebut.

Studi Zhenzhen et al. (2021) membuktikan bahwa pelepasan logam endogen dari sedimen pada muara Sungai Modaomen, Cina Selatan merupakan kontributor signifikan terhadap pencemaran air kolom. Stratifikasi densitas yang diakibatkan oleh intrusi air asin menghambat pencampuran vertikal, menyebabkan akumulasi logam di lapisan bawah, terutama di zona yang sangat terstratifikasi. Waktu tinggal logam yang lama di zona ini meningkatkan risiko toksisitas dan mengganggu keseimbangan ekosistem muara. Mengingat fenomena stratifikasi dan eutrofikasi yang semakin meluas di banyak muara di dunia, diperlukan pemahaman yang lebih mendalam mengenai dampaknya terhadap siklus kontaminan.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini berlangsung dari bulan Maret hingga Juni 2025. Pengambilan sampel berlokasi di perairan muara Sungai Jeneberang dan muara Sungai Tallo Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Titik pengambilan sampel terbagi menjadi 9 titik di masing-masing lokasi. Pada lokasi muara Sungai Jeneberang dan muara Sungai Tallo dilakukan pengambilan data dengan 9 titik mengarah ke laut dengan jarak 300 meter antar titik *sampling*. Analisis data dilakukan pada Laboratorium Oseanografi kimia dan Laboratorium Oseanografi Fisika dan Geomorfologi Pantai Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Serta Laboratorium Kimia Pakan Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin Makassar.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian muara sungai. Sumber. SASplanet, ArcGIS

2.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Alat

No.	Alat	Kegunaan
1.	Botol sampel	Untuk menyimpan sampel air
2.	<i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i> (AAS)	Untuk mengukur kandungan Logam
3.	<i>Ekman grab</i>	Untuk mengambil sampel sedimen
4.	Cawan porselin	Sebagai wadah sampel sedimen
5.	Lumpang dan alu	Untuk menghaluskan sampel sedimen

No.	Alat	Kegunaan
6.	Oven	Untuk mengeringkan sampel sedimen
7.	Nampan	Sebagai wadah sampel saat mengeringkan sedimen
8.	<i>Sieve and sieve shaker</i>	Sebagai alat yang digunakan untuk mengayak sampel sedimen
9.	Timbangan analitik	Untuk menimbang berat sampel sedimen
10.	<i>Cool box</i>	Untuk menyimpan botol sampel
11.	<i>Digital refractometer</i>	Untuk mengukur salinitas perairan
12.	<i>Thermometer</i>	Untuk mengukur suhu perairan
13.	Kamera	Untuk mengambil dokumentasi kegiatan
14.	pH meter	Untuk mengukur kadar pH perairan
15.	Pipet Tetes	Untuk mengambil larutan dengan skala kecil
16.	Plastik sampel	Untuk menyimpan sampel sedimen
17.	<i>Avenza maps</i>	Untuk menentukan titik kordinat pada lokasi penelitian
18.	Alat Tulis	Mencatat hasil data di lapangan
19.	Perahu	Sebagai alat transportasi untuk mengambil data
20.	Eh meter	Alat untuk mengukur potensial redoks
21.	Layang – layang arus	Untuk mengetahui kecepatan arus
22.	<i>stopwatch</i>	Untuk menghitung selisih waktu
23.	Kompas	Untuk melihat arah angin

Tabel 2. Bahan

No.	Bahan	Kegunaan
1.	Sampel sedimen	Sebagai bahan yang akan dianalisis
2.	Sampel air	Sebagai bahan yang akan dianalisis
3.	Larutan asam sulfat (HNO_3)	Untuk melarutkan senyawa
4.	Larutan asam perklorat (HClO_4)	Untuk mendestruksi logam
5.	Label	Untuk memberi penanda sampel
6.	Spidol	Untuk memberi penanda pada label
7.	<i>Tissue</i>	Untuk membersihkan alat
8.	Aquades	Untuk mengkalibrasi alat

2.3 Metode Penelitian

2.3.1 Tahap persiapan

Pada tahap ini penulis akan melakukan konsultasi dengan pembimbing untuk melakukan studi literatur, mengumpulkan informasi yang terkait dengan kondisi umum lokasi penelitian, dan penentuan metode penelitian. Kemudian mengobservasi terlebih dahulu lokasi yang akan diteliti.

2.3.2 Tahap penentuan titik pengambilan sampel

Pada tahap ini penulis bersama pembimbing menentukan titik berdasarkan kondisi perairan yang akan diteliti. Titik pengambilan sampel terbagi menjadi 9 titik di masing-

masing lokasi. Pada lokasi muara Sungai Jeneberang dan muara Sungai Tallo dilakukan pengambilan data dengan 9 titik mengarah ke laut dengan jarak 300 meter antar titik.

2.4 Pelaksanaan penelitian

2.4.1 Pengambilan sampel air laut

Pengambilan sampel air laut dilakukan dengan mengambil air laut menggunakan botol sampel, isi botol sampel dengan air laut hingga penuh. Beri label pada botol sampel sebagai penanda. Masukkan botol sampel yang telah berisi air laut ke dalam *Cool Box*. Lakukan hal yang sama pada setiap titik.

2.4.2 Pengambilan sampel sedimen

Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan mengambil sedimen menggunakan alat *Ekman grab* lalu turunkan alat ke perairan hingga mencapai dasar kemudian angkat alat tersebut yang telah berisi sedimen kemudian sampel dimasukkan ke dalam plastik sampel dan disimpan ke dalam *coolbox*.

2.4.3 Pengukuran parameter fisika-kimia

Suhu. Suhu akan dilakukan dengan cara *in situ* di lapangan pada setiap titik menggunakan *thermometer*. Pengukuran suhu dilakukan dengan cara mencelupkan sebagian *thermometer* ke perairan selama beberapa detik. Setelah itu dibaca dan dicatat skala pada *thermometer*.

Salinitas. Salinitas dilakukan dengan cara *eksitu* di laboratorium dengan menggunakan alat *Digital refractometer*. Pengukuran salinitas ini dilakukan dengan cara kalibrasi terlebih dahulu *Digital refractometer* menggunakan aquades dan keringkan alat menggunakan *Tissue*. Setelah itu, sampel diambil menggunakan pipet tetes lalu ditetaskan pada sensor *Digital refractometer*. Dan catat hasilnya.

Derajat Keasaman (pH). Pengukuran Derajat Keasaman dilakukan dengan cara *eksitu* di Laboratorium menggunakan alat pH meter. Sampel air laut dimasukkan ke dalam gelas kimia, kemudian kalibrasi alat pH meter menggunakan aquades. Lalu celupkan *probe* pH meter ke dalam sampel. Setelah itu baca dan catat hasilnya.

Kecepatan Arus. Pengukuran kecepatan arus dilakukan secara *insitu* di setiap titik dengan menggunakan alat layang-layang arus dan *stopwatch*. Sebelum melakukan pengukuran, hal yang harus terlebih dahulu dilakukan adalah menentukan titik koordinat lokasi dengan menggunakan alat GPS dan melihat arah pergerakan arus menggunakan kompas. Kemudian layang-layang arus dilepaskan ke perairan dan dibiarkan terapung dan terbawa arus hingga tali pengukur menegang. Lalu catat waktu awal pelepasan layang-layang arus sampai waktu akhir tali lurus horizontal yang dihitung menggunakan *stopwatch*, untuk mengetahui arah arus gunakan alat kompas dan arahkan dengan pergerakan arus tersebut. Rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan arus.

$$v = \frac{s}{t}$$

Keterangan :

v = Kecepatan arus (m/s)

s = Jarak (m)

t = Waktu tempuh (s)

Ukuran butir sedimen. Untuk menganalisis ukuran butir sedimen dapat dilakukan dengan cara keringkan terlebih dahulu sampel sedimen menggunakan oven selama kurun waktu 2x24 jam pada suhu 150°C, setelah sampel sedimen telah kering kemudian sampel didinginkan lalu haluskan sampel menggunakan lumpang dan alu. Setelah sampel telah halus kemudian bersihkan sampel dari kotoran-kotoran dan pecahan cangkang biota. Kemudian sampel ditimbang sebanyak 100 gram dan diayak menggunakan alat *sieve shaker* yang berisi sieve net yang tersusun dari ukuran 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.125 mm dan 0.0063 mm serta <0.063 mm. Lalu hasil ayakan dapat dipisahkan sesuai dengan ukuran butir sedimen. Rumus menghitung persentase ukuran butir sedimen menggunakan rumus menurut Hutabarat & Evand (1985).

$$\%Berat = \frac{Berat\ hasil\ ayakan}{Berat\ awal} \times 100\%$$

Perhitungan untuk mengelompokkan ukuran butir sedimen menggunakan diameternya, lalu dihitung menggunakan logaritma phi (Φ). Setelah itu klasifikasikan menurut analisis ukuran butir sedimen menggunakan skala Wenworth pada tabel di bawah.

Tabel 3. Skala Wentworth.

Nama partikel	Ukuran Butir (mm)
Pasir Sangat Kasar (<i>Very Coarse Sand</i>)	1 – 2
Pasir Kasar (<i>Coarse Sand</i>)	0,5 – 1
Pasir Sedang (<i>Medium Sand</i>)	0,025 – 0,5
Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>)	0,125 – 0,25
Pasir Sangat Halus (<i>Very Fine Sand</i>)	0,0625 – 0,125

Sumber: Hafizh et al., (2021)

Bahan Organik Total (BOT). Analisis bahan organik total dapat dilakukan Laboratorium. Pertama timbang terlebih dahulu cawan untuk menentukan berat cawan (Bc) yang akan digunakan, kemudian masukkan sampel sedimen ke dalam cawan. Lalu sampel dikeringkan menggunakan oven selama 2 x 24 jam pada suhu 105°C. Setelah sampel kering, dinginkan sampel pada suhu ruang. Lalu ketika sampel telah dikeringkan, timbang menggunakan timbangan analitik sebagai awal (Baw). Kemudian masukkan sampel ke dalam tanur pada suhu 500°C selama 3,5

jam. Setelah itu sampel yang telah di tanur kemudian didinginkan dan ditimbang kembali sebagai berat akhir (Bak). Setelah tahap diatas telah selesai kemudian lakukan perhitungan kadar BOT. Lakukan perhitungan menggunakan rumus di bawah.

a. Bahan Organik Total (BOT)

$$\text{Berat BO awal} = \text{Berat cawan} + \text{Berat sampel}$$

b. Kandungan Bahan Organik Total (BOT)

$$\text{Kandungan BO} = \pm(\text{Baw} - \text{Bc})(\text{Bak} - \text{Bc})$$

c. Persentase Kandungan Bahan Organik Total (BOT)

$$\% \text{Bahan organik} = \frac{A - B}{C} \times 100$$

Keterangan :

- Baw = Berat awal (gr)
- Bak = Berat akhir (gr)
- Bc = Berat cawan (gr)
- A = Cawan + sampel (gr)
- B = Setelah di tanur (gr)
- C = Sampel (gr)

Potensial Redoks (Eh). Pengukuran potensial reduks dilakukan langsung di lapangan dengan menggunakan *Eh meter*. Sampel sedimen diambil menggunakan *Ekman grab* kemudian langsung diukur menggunakan *Eh meter* tanpa mengaduk sampel sedimen. Pengukuran potensial redoks harus dilakukan dengan cepat agar potensial redoks sampel tidak banyak berubah.

2.5 Pengukuran Logam Pb pada Sedimen dan Air

Pengukuran logam pada sedimen dan air menggunakan analisa AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) *detector flame* dengan deteksi limit 0.001 ppm. Standar baku mutu logam Pb pada sedimen dan air yaitu :

Tabel 4. Standar Baku Mutu Logam Pb

Sampel	Sumber Baku Mutu	Nilai
Air	PP RI No. 22 Tahun 2021	0,008 mg/L
Sedimen	<i>Australian and New Zealand and Environment and Conservation Council (ANZECC). Agriculture and Resource Management Council of Australian and New Zealand (ARMCANZ).</i>	50 mg/kg

2.5.1 Analisis Kandungan Logam pada Sedimen

Analisis kandungan logam Pb pada sedimen dilakukan menggunakan metode destruksi basah. selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam tabung *digestion block* sebanyak 2 gram. Kemudian tambahkan aquades sebanyak 5.0 ml lalu tambahkan larutan HNO_3 sebanyak 10 ml saat sampel dipanaskan menggunakan *digestin block* sekitar suhu 100 °C hingga volume larutan berkurang setengah dari volume awal. Lalu dinginkan sampel kemudian tambahkan 0.5 ml larutan HClO_4 ke dalam sampel sedikit demi sedikit. Selanjutnya sampel kembali dipanaskan menggunakan *digestion block* kurang lebih 1 jam, lalu melakukan pengenceran pada larutan yang telah diekstraksi dengan cara menambahkan aquades hingga volume larutan 100 ml. Selanjutnya larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 42, selanjutnya setelah diekstraksi, kemudian analisis kadar logam Pb pada sampel sedimen menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

2.5.2 Analisis Logam pada Air

Analisis kandungan logam pada air dilakukan di Laboratorium. Pertama sampel air disaring menggunakan kertas Whatman No. 42 sebanyak 100 ml pada erlenmeyer. Lalu ditambahkan larutan HNO_3 pekat sebanyak 10 ml. Lalu panaskan menggunakan alat *hotplate* hingga volume berkurang menjadi 35 ml. Kemudian larutan tersebut diendapkan. Lalu fase airnya disaring menggunakan kertas saring. Larutan yang telah diendapkan tersebut kemudian dianalisis kadar logam Pb menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

2.6 Analisis Data

Untuk mengetahui hubungan konsentrasi logam Pb pada sedimen dengan parameter oseanografi dianalisis menggunakan Korelasi *Pearson* dengan SPSS. Proses ini sebagai interpolasi data spasial konsentrasi logam Pb menggunakan perangkat Sistem Informasi Geografis (SIG) berupa aplikasi ArcGIS dan menampilkannya dalam bentuk peta spasial. Peta dasar (*base map*) penelitian yang diperoleh dari hasil scan kemudian dilakukan digitasi. Sebelum digitasi terlebih dahulu lakukan proses registrasi peta agar (*base map*) memiliki titik koordinat melalui proses *georeferencing*. Kemudian proses digitasi diawali dengan melakukan pembuatan

layer yang nantinya disimpan pada format (*shapefile*) yang meliputi digitasi daerah lautan, daratan, serta titik sampling.

Selanjutnya melakukan proses input dengan memasukkan data area kajian dan juga nilai konsentrasi logam Pb. Proses ini semua *layer* dari hasil digitasi akan diinput ke ArcGIS. Semua layer diberikan label agar memudahkan proses analisis spasialnya. Selanjutnya lakukan interpolasi data menggunakan metode IDW agar konsentrasi logam Pb dapat divisualisasikan dalam bentuk peta spasial. Setelah peta hasil interpolasi berhasil, maka lakukan proses *Layout* dan menyimpan Peta.