

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran air laut umumnya disebabkan oleh air yang telah terkontaminasi limbah dari industri serta berbagai kegiatan di pelabuhan. Aktivitas pabrik dan kendaraan di sekitar perairan, baik di darat maupun di pesisir pantai semakin meningkat, maka semakin tinggi pula kadar logam berat yang bisa ditemukan (Anggraini, 2007; Anggraini & Puryanti, 2019). Pencemaran laut adalah salah satu konsekuensi dari kegiatan pembangunan di daerah pesisir. Pencemaran ini mencakup bahan organik dan anorganik, termasuk logam berat yang menjadi salah satu jenis polutan yang masuk ke laut (Samawi *et al.*, 2014). Logam yang memasuki ekosistem perairan biasanya akan terkumpul di sedimen. Ketika berada didalam sedimen, logam ini kemudian diserap oleh organisme bentik dan setelah itu masuk ke dalam rantai makanan (Stauber *et al.*, 2005 dalam Werorilangi *et al.*, 2019).

Sedimen merupakan lapisan bawah yang memisahkan laut, sungai, muara, danau, teluk, dan waduk. Biasanya, logam yang terurai dalam sedimen tidak terlalu membahayakan bagi kehidupan akuatik. Namun, logam-logam ini dapat terionisasi kembali di badan air karena kondisi perairan yang dinamis, seperti perubahan pH. Jika jumlahnya terlalu tinggi, hal ini bisa berubah menjadi polutan yang berbahaya bagi makhluk hidup (Siaka, 1998 ; Amalia, 2022). Dibandingkan dengan air, sedimen seringkali mengandung lebih banyak logam berat. Hal ini disebabkan oleh kecenderungan logam berat untuk mudah berikatan dengan bahan organik, mengendap atau tenggelam ke dasar laut, dan terakumulasi/terkumpul dalam sedimen (Muttaqin, 2017; Ilham, 2023).

Logam berat biasanya terdapat di perairan dalam bentuk terlarut maupun tidak terlarut. Logam berat yang tidak larut terdiri dari partikel koloid dan senyawa logam yang teradsorpsi pada partikel tersuspensi, sedangkan logam berat terlarut bergabung membentuk kompleks dengan zat organik dan anorganik. Ada tiga jenis Tembaga (Cu) di perairan alami yang dapat ditemukan yaitu dalam bentuk partikulat, koloid, dan terlarut. Cu dapat berupa sebagai ion Cu^{2+} bebas atau kompleks dalam fase terlarut, baik dengan ligan anorganik seperti (CuOH^+ , $\text{Cu}_2(\text{OH})_2^{2+}$) maupun dengan ligan organik, terutama dari material humus (Imelda *et al.*, 2019).

Ada dua jenis logam berat yaitu logam esensial dan non-esensial. Logam seperti Cu, Fe, Mn, Ni dan Zn adalah contoh logam berat esensial, yang diperlukan untuk proses biologis dan metabolisme organisme hidup tetapi dalam jumlah kecil. Sedangkan logam berat non-esensial seperti Pb, As Hg, Cd, dan Cr. Logam-logam ini tidak dibutuhkan oleh makhluk hidup untuk aktivitas fisiologis. Kesehatan manusia sangat terancam oleh penumpukan logam berat ini (Hamzah & Priyadarshini, 2019).

Meskipun organisme memerlukan tembaga (Cu) untuk metabolisme, peningkatan konsentrasi Cu di lingkungan dapat membahayakan makhluk hidup (Richards *et al.*, 2011). Sumber alami logam tembaga (Cu) diketahui berasal dari partikel debu yang mengandung Cu di atmosfer/udara dan erosi batuan mineral

(Palar, 2012 ; Amalia, 2022). Sumber aktivitas manusia berasal dari berbagai sektor termasuk industri, perumahan, galangan kapal, dan dalam penggunaan cat *antifouling*/anti noda pada kapal dan pestisida serta fungisida (*Canadian Environmental Quality Guidelines*, 1999 ; Amalia, 2022).

Tiga proses yang memungkinkan logam berat memasuki saluran air dan mengendap di sedimen yaitu adsorpsi, curah hujan, dan penyerapan oleh organisme akuatik. Logam berat diserap oleh partikel-partikel di lingkungan perairan, dan berakhir sebagai sedimen. Untuk mengendap di dasar laut dan bercampur dengan sedimen lainnya, logam berat dapat berikatan dengan partikel lain dan molekul organik. Akibatnya, konsentrasi logam berat di sedimen seringkali lebih tinggi dibandingkan di air (Kementrian Lingkungan Hidup, 2004). Jika jumlah logam berat dalam sedimen melebihi batas standar yang telah ditetapkan, maka dapat menjadi kontaminan.

Salah satu pelabuhan di Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan adalah Pelabuhan Garongkong yang menunjang aktivitas ekonomi di kawasan tersebut. Pelabuhan ini telah lama beroperasi dan telah banyak aktivitas bongkar muat kapal serta kendaraan yang keluar masuk, aktivitas industri dan limbah rumah tangga di sekitar area pelabuhan. Seiring dengan meningkatnya aktivitas pelabuhan, potensi pencemaran lingkungan terutama oleh logam berat seperti Tembaga (Cu) juga meningkat. Logam berat tembaga diketahui memiliki dampak negatif terhadap ekosistem laut jika terkandung dalam konsentrasi tinggi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan karena belum adanya penelitian yang meneliti kandungan logam berat Cu dan untuk memberikan informasi tingkat akumulasi logam Cu di sedimen perairan Pelabuhan Garongkong.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini untuk :

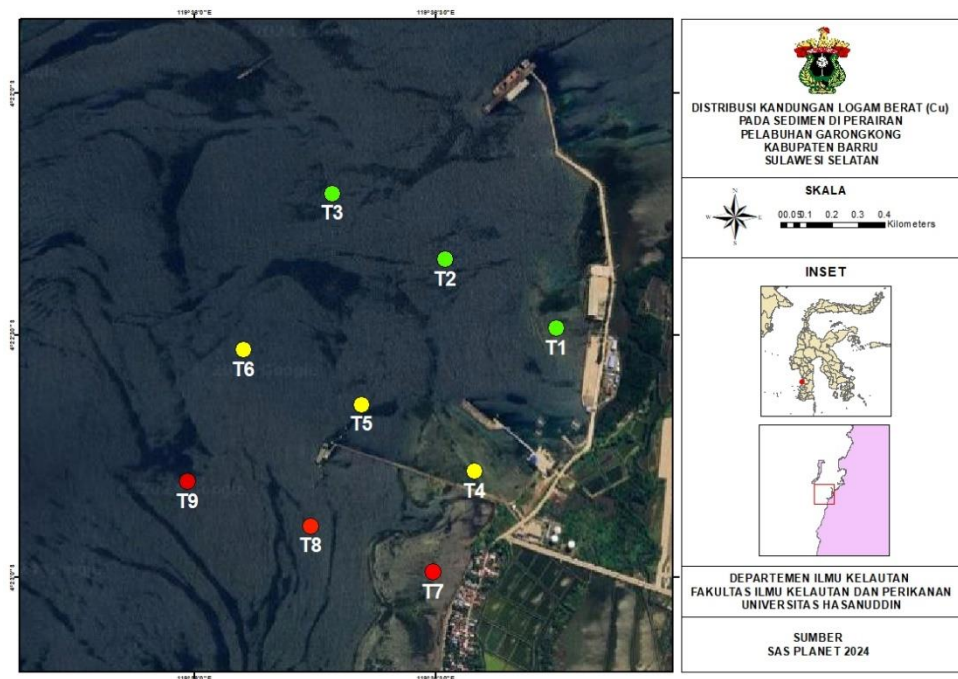
1. Mengetahui konsentrasi logam berat Cu pada sedimen di perairan Pelabuhan Garongkong
2. Menganalisis karakteristik lingkungan terkait dengan kandungan logam berat Cu di sedimen perairan Pelabuhan Garongkong

Penelitian ini memiliki manfaat yaitu memberikan informasi mengenai status logam berat tembaga (Cu) di sedimen di perairan Pelabuhan Garongkong Kabupaten Barru.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pelabuhan Laut Garongkong, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan pada bulan Oktober-November 2024. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Oseanografi Kimia, Laboratorium Oseanografi Fisika dan geomorfologi Pantai, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Pengukuran konsentrasi logam dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar (BBLK).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Berikut adalah peralatan yang dipakai dalam penelitian ini:

Tabel 1. Alat dan fungsinya

No.	Alat	Fungsi
1.	<i>Eikman Grab</i>	Pengambil sampel sedimen di perairan
2.	GPS	Penentu titik koordinat di lokasi penelitian

3.	<i>Cool box</i>	Menyimpan sampel sedimen
4.	Perahu	Alat transportasi dalam mengambil sampel
5.	Kamera	Pendokumentasian penelitian
6.	<i>Water quality tester</i>	Pengukur salinitas, suhu, pH dan potensial redoks
7.	Layang-layang arus	Pengukur kecepatan arus
8.	<i>Stopwatch</i>	Pengukur waktu
9.	Alat tulis	Pencatat data penelitian
10.	Cawan porselin	Wadah sampel sedimen
11.	Oven	Pengering sedimen
12.	<i>Sieve Net</i>	Pengayak sedimen
13.	Timbangan analitik	Penimbang bobot sampel sedimen
14.	Tanur	Pemanas sampel sedimen
15.	Nampan	Wadah sampel sedimen
16.	<i>Beaker glass</i>	Wadah sampel sedimen
17.	<i>Inductively Coupled Plasma Spectrometry (ICPS)</i>	Pengukur kandungan logam berat pada sedimen

Berikut adalah bahan yang akan dipakai dalam penelitian ini:

Tabel 2. Bahan dan fungsinya

No.	Bahan	Fungsi
1.	Sampel sedimen	Sebagai bahan analisis
2.	Aquades	Pensteril alat
3.	Plastik sampel	Penyimpan sampel sedimen
4.	Kertas saring <i>Wathman</i>	Penyaring sampel

2.3 Prosedur Penelitian

Beberapa langkah-langkah yang diambil dalam proses penelitian ini yaitu studi pendahuluan, pemilihan titik lokasi, pengambilan sampel dan pengumpulan data, analisis laboratorium, pengolahan data, dan analisis data.

2.3.1 Studi pendahuluan

Pada tahap ini dilakukan terlebih dahulu dengan konsultasi bersama pembimbing, observasi disekitar pelabuhan yang diduga menerima input polutan dari banyaknya aktivitas yang ada disekitar pelabuhan seperti transportasi laut, industri, dan aktivitas lainnya, serta menyiapkan alat dan bahan yang digunakan selama penelitian.

2.3.2 Penentuan titik sampling

Penelitian ini terdiri dari 9 titik sampling, Jarak setiap titik adalah 500 meter menuju arah laut lepas di sekitar Pelabuhan Garongkong. Penentuan titik didasarkan pada area yang diperkirakan terkontaminasi Logam berat Cu.

Tabel 3. Penentuan lokasi titik sampling

Titik Sampling	Latitude	Longitude	Keterangan
1	-4,374762559	119,6124922	Terletak di sekitar dermaga bongkar muat
2	-4,372402957	119,6086554	
3	-4,370128679	119,604761	
4	-4,379694871	119,6096655	Terletak di sekitar dermaga kapal feri dan kilang minyak
5	-4,377392462	119,6057824	
6	-4,375521364	119,6016895	
7	-4,383163796	119,608225	Terletak di sekitar area pemukiman warga
8	-4,381571228	119,6040116	
9	-4,380050897	119,5997742	

2.3.3 Pengambilan sampel

Sampel sedimen diambil dari titik lokasi yang telah ditentukan. Pengambilan sampel sedimen dilakukan menggunakan *eikman grab* yang dijatuhkan kedalam perairan hingga sampel sedimen terambil. Sampel yang diambil sebanyak 500 gram hanya pada bagian tengah *eikman grab* saja guna menghindari kontaminasi dari alat. Setelah itu, sampel yang diambil kemudian dimasukkan ke dalam kantong sampel dan disimpan dalam *cool box* untuk kemudian dianalisis dalam laboratorium.

2.3.4 Pengukuran parameter fisika-kimia

1. Suhu dan salinitas air

Pengukuran suhu dan salinitas dilakukan langsung di lapangan menggunakan *water quality tester* pada setiap titik lokasi. *Water quality tester* dimasukkan ke dalam air laut selama beberapa detik. Kemudian mencatat skala pada *water quality tester*.

2. Potensial redoks (Eh) dan pH sedimen

Pengukuran Eh dan pH dilakukan langsung di lapangan menggunakan *water quality tester* pada setiap titik lokasi. *Water quality tester* dimasukkan ke dalam sedimen selama beberapa detik. Kemudian mencatat skala pada *water quality tester*.

3. Kecepatan dan arah arus

Pengukuran kecepatan dan arah arus dilakukan langsung di lapangan menggunakan layang-layang arus. Layang-layang arus dilempar ke perairan,

dan secara bersamaan menyalakan *stopwatch* untuk mengetahui rentang waktu yang digunakan. Setelah tali layang-layang arus terbentang, kemudian menggunakan GPS untuk menentukan arah arus sesuai tali. Selanjutnya mencatat posisi koordinat yang ditunjukkan. Rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan arus:

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

Keterangan :

V : kecepatan arus (m/s)

s : jarak (m)

t : waktu tempuh (s)

2.3.5 Analisis di Laboratorium

a. Analisis bahan organik total

Analisis bahan organik dalam sedimen menggunakan metode *Loss On Ignition* (LOI), pertama-tama sampel dikeringkan menggunakan oven. Lalu cawan ditimbang sebelum dimasukkan sampel ke dalamnya untuk mendapatkan berat awal menggunakan timbangan analitik. Kemudian menambahkan sampel sedimen sebanyak 5 gram. Selanjutnya, sampel tersebut dipanaskan dalam tanur selama 3,5 jam pada suhu 500°C lalu didinginkan dan ditimbang kembali dengan timbangan analitik untuk memperoleh berat akhir.

Berat bahan organik :

$$B_a = B_c + B_s$$

Kandungan bahan organik

$$\text{Kandungan Bahan Organik} = \pm(B_{aw} - B_c) - (B_{ak} - B_c)$$

Persentase Kandungan Bahan Organik

$$\%BOT = \frac{\text{Berat BO}}{B_s} \times 100\%$$

Keterangan:

Ba = Berat Cawan Kosong + Berat Sampel

Bb = Berat Sampel Setelah di Tanur

Bc = Berat Cawan Kosong

Bs = Berat Sampel

BOT= Bahan Organik Total

Bak = Berat akhir

Bo = Bahan organik

b. Analisis ukuran butir sedimen

Analisis sedimen dilakukan menggunakan metode pengayakan kering, kemudian diklasifikan berdasarkan kriteria Wentworth untuk menentukan ukuran butir sedimen. Proses pengayakan kering dimulai dengan membersihkan sedimen dari kotoran yang menempel, lalu mengeringkannya. Sampel sedimen seberat 100 gram ditimbang sebagai berat awal, kemudian diayak menggunakan rangkaian ayakan *sieve net* dengan ukuran berturut-turut 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,063 mm, dan <0,063 mm. Setelah itu, sedimen yang tertahan pada setiap ayakan ditimbang, dianalisis, dan diklasifikan menurut skala Wentworth (Daeng, 2018).

Tabel 4. Klasifikasi Ukuran Butiran Skala Wenworth (1922) dalam penelitian Lestari *et al.*, (2017)

Jenis Sedimen	Diameter
Batu Besar (<i>Boulder</i>)	>256
Kerikil (<i>Gravel</i>)	2-256
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>)	0.25-0.5
Pasir halus (<i>Fine Sand</i>)	0.0125-0.5
Pasir Sangat Halus (<i>Very Fine Sand</i>)	0.0625-0.125
Lanau (<i>Silt</i>)	0.002-0.625
Lempung (<i>Clay</i>)	0.0005-0.002
Material Terlarut (<i>Dissolve Material</i>)	<0.0005

Rumus yang digunakan untuk ukuran berat butir sedimen:

Perhitungan % berat sedimen :

$$\% \text{Berat} = \frac{\text{Berat Hasil Ayakan}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

c. Analisis kandungan logam Cu pada sedimen

Analisis kadar logam berat pada sedimen menggunakan metode ICPS. Sampel sedimen dikeringkan pada suhu ruang terlebih dahulu dan digerus, kemudian ditimbang sebanyak 0,5 g yang dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan larutan nitrat sebanyak 10 mL. Selanjutnya sampel dipreparasi selama 3 hari, setelah dingin sampel disaring hingga jernih dan ditambahkan 50 mL aquades. Konsentrasi logam pada sampel sedimen kemudian dianalisis menggunakan ICPS (*Inductively Coupled Plasma Spectrometry*).

Tabel 5. Baku mutu logam Cu pada sedimen (ANZECC AND ARMCANZ, 2000)

Jenis logam	Satuan	Baku mutu
Tembaga (Cu)	mg/kg	65

2.3.6 Analisis data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium diolah dan dianalisis secara deskriptif. Data ini kemudian dibandingkan dengan standar kualitas sedimen dari *Australian and New Zealand Environment and Conservatic Council* (ANZECC)'s low levels (ANZECC AND ARMCANZ, 2000). Kemudian menggunakan aplikasi ArcGIS untuk menampilkan gambaran geografis melalui peta spasial yang menunjukkan sebaran konsentrasi logam Cu. Setelah itu, dianalisis dengan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) untuk mengetahui hubungan karakteristik lingkungan seperti suhu, salinitas, kecepatan arus, pH, Eh, dan BOT terhadap logam Cu pada sedimen. Analisis PCA dilakukan dengan menggunakan *software* XLStat.