

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik telah menjadi kebutuhan yang penting untuk dipenuhi bagi kehidupan masyarakat. PT. PLN (Persero) yang dipercayakan oleh pemerintah untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang terus meningkatkan dayanya sehingga kebutuhan listrik bagi masyarakat dapat terpenuhi (Saiful *et al.*, 2010). Salah satu jenis pembangkit listrik PLN yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Suppa yang berada di Sulawesi Selatan tepatnya di daerah Suppa Kabupaten Pinrang. PLTD ini menghasilkan daya listrik sekitar 6 x 10,4 MW (Safaruddin, 2020). Pengoperasian PLTD dapat menghasilkan berbagai macam limbah baik limbah padat, limbah cair dan gas buang. Limbah yang dihasilkan oleh aktivitas PLTD ini harus dikelola dengan baik karena limbah tersebut merupakan limbah berbahaya seperti pestisida, limbah domestik, dan limbah B3 jika tidak dikelola dengan tepat akibatnya akan berdampak pada lingkungan hidup di sekitarnya (Saiful *et al.*, 2010). Lokasi perairan di sekitar PLTD Suppa dimanfaatkan sebagai lahan tambak dan lahan pertanian rumput laut (Bibin dan Ani, 2020), dan budidaya perikanan yang menyebabkan kerusakan hutan mangrove dan berdampak bagi masyarakat sekitar. Kerusakan yang terjadi dapat menyebabkan meningkatnya beban polutan seperti pencemaran logam berat (Halim *et al.*, 2022).

Logam berat seperti Hg, Pb, Cd, Cu, Fe, dan Zn termasuk limbah yang berpotensi menyumbangkan pencemaran lingkungan hasil dari pembuangan limbah PLTD (Souisa, 2017). Jenis limbah terbanyak yang dihasilkan dari kegiatan unit PLTD adalah oli bekas yang berasal dari proses produksi (pelumas mesin-mesin pembangkit) yang merupakan sumber pencemaran potensial bagi lingkungan sekitar perusahaan (Kamil dan Sudarmadji, 2013). Limbah oli bekas termasuk limbah B3 yang sebagian besar mengandung logam berat Cu, Fe, dan Zn (Nindyapuspa dan Tatv, 2018). Pada konsentrasi tertentu, logam berat sangat berbahaya apabila



laut. Logam berat yang berada dalam badan perairan akan mengendapan dan terakumulasi dalam sedimen selain itu, logam terakumulasi dalam tubuh biota yang ada dalam perairan. Akumulasi logam berat dalam tubuh biota untuk menimbun logam (bioakumulasi) melalui

rantai makanan sehingga akan memengaruhi organisme yang ada di perairan tersebut (Putri *et al.*, 2019).

Sedimen yang mengandung bahan organik sangat berhubungan dengan tekstur sedimen. Tekstur sedimen yang berbeda memiliki kandungan bahan organik yang berbeda pula (Alkautsar *et al.*, 2022). Sedimen yang mengandung banyak logam berat mempunyai korelasi positif dengan bahan organik total dan ukuran butir sedimen. Kandungan logam berat lebih banyak ditemukan pada sedimen yang ukuran butir sedimennya lebih halus dan lebih banyak bahan organik totalnya (Maslukah, 2013). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Souisa (2017) menunjukkan bahwa konsentrasi logam Cd dan Pb pada sedimen di Wilayah Pantai Teluk Ambon di sekitar PLTD Poka yaitu sebesar 0,0517 mg/L untuk Cd dan 0,5329 mg/L untuk Pb. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis logam berat pada sedimen yang berada di perairan.

Analisis sedimen laut merupakan suatu metode yang sangat berguna dalam mempelajari pencemaran lingkungan oleh logam berat. Logam berat terakumulasi dalam sedimen melalui mekanisme adsorpsi kimia dan fisika yang kompleks tergantung pada matrik sedimen yang ada di alam dan sifat dari senyawa yang diserap (Rabee *et al.*, 2011). Metode yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran logam pada sedimen yaitu dengan menggunakan indeks geokumulasi (Geoaccumulation Index, I-geo), indeks beban polusi (Pollution Load Index, PLI), dan indeks resiko ekologi (Ecological Risk Index, ERI). I-geo digunakan secara luas sebagai ukuran dari pencemaran sedimen, PLI menyatakan berapa kali konsentrasi logam berat telah melebihi konsentrasi normalnya, dan memberikan suatu indikasi jumlah dari level keseluruhan dari toksisitas logam berat dalam suatu contoh tertentu (Ahmad, 2013). Ecological Risk Index (ERI) secara komprehensif mempertimbangkan toksisitas dan efek dari banyak kontaminan logam berat. Selain itu ERI juga digunakan secara luas untuk mengevaluasi kualitas sedimen (Nugraha *et al.*, 2022). Setelah menentukan tingkat pencemaran logam berat pada sedimen



dan distribusi logam berat menggunakan metode CoKriging. Teknik geostatistik yang efisien untuk memodelkan distribusi kontaminan logam berat untuk menentukan potensi asal muasal kontaminasi di wilayah yang luas (Nugraha *et al.*, 2023). Oleh karena itu, perlu dilakukan pemantauan tingkat distribusi logam berat Cu, Fe dan Zn pada sedimen di perairan Kabupaten Pinrang.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang muncul dari latar belakang penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana distribusi logam berat Cu, Fe dan Zn pada sedimen di perairan sekitar PLTD Suppa Kabupaten Pinrang?
2. Bagaimana tingkat pencemaran logam berat Cu, Fe dan Zn pada sedimen di perairan sekitar PLTD Suppa Kabupaten Pinrang?
3. Bagaimana hubungan konsentrasi logam berat Cu, Fe, dan Zn dengan karakteristik sedimen di perairan sekitar PLTD Suppa Kabupaten Pinrang?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menentukan distribusi logam berat Cu, Fe dan Zn pada sedimen di perairan sekitar PLTD Suppa Kabupaten Pinrang.
2. Menganalisis tingkat pencemaran logam berat Cu, Fe dan Zn pada sedimen di perairan sekitar PLTD Suppa Kabupaten Pinrang.
3. Menganalisis hubungan konsentrasi logam berat Cu, Fe, dan Zn dengan karakteristik sedimen di perairan sekitar PLTD Suppa Kabupaten Pinrang.

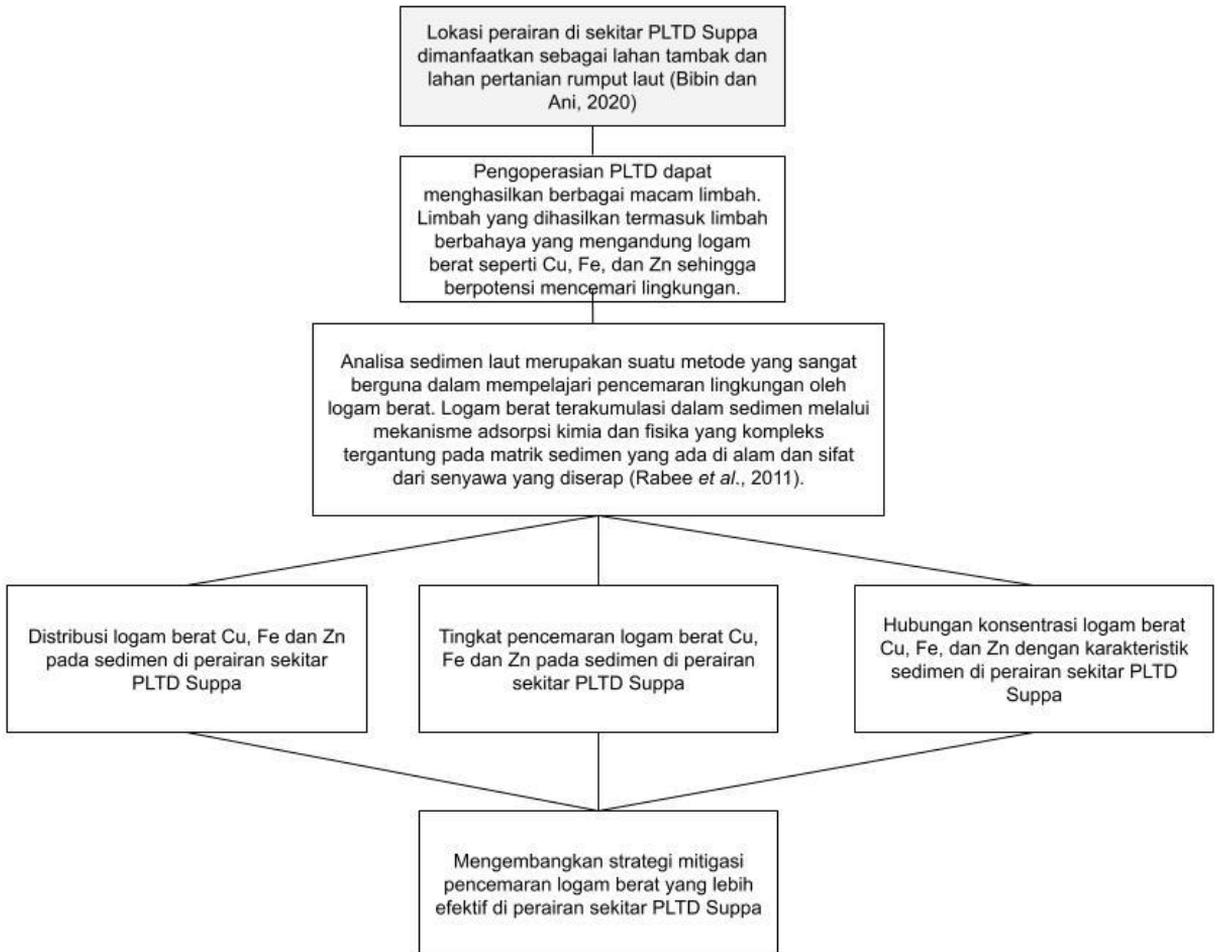
Manfaat dari penelitian yaitu:

1. Sebagai informasi pengelolaan lingkungan di sekitar PLTD Suppa.
2. Menjadi dasar acuan instansi terkait untuk mengembangkan strategi mitigasi pencemaran logam berat yang lebih efektif di perairan sekitar PLTD Suppa.



1.4 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran pada penelitian ini dapat dilihat pada skema berikut:



BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Hasil Perkebunan Mineral Logam dan Maritim, Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, serta Laboratorium Oseanografi Fisika dan Geomorfologi Pantai Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Sampel penelitian diambil di area sekitar PLTD Suppa, Desa Watang Suppa, Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2024, dan lokasi pengambilan sampel sedimen di sekitar PLTD Suppa ditampilkan pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Peta Lokasi Penelitian



1

gunakan dalam penelitian ini adalah Spektrofotometer Serapan katoda Cu, Fe, dan Zn, *sieve shake*, *grab sampler*, *hot plate*, pH, pipet, labu takar, corong gelas, microwave, kertas saring

whatman, lumpang dan alu, neraca analitik, labu semprot, plastik *ziplock*, label, *ice box*, batang pengaduk, gunting.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuabides (H_2O), asam nitrat (HNO_3), kalium klorida (KCl), larutan induk logam besi (Fe), larutan standar logam seng (Zn), larutan standar tembaga (Cu), asam perklorat ($HClO_4$).

2.3 Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari eksperimen dengan pendekatan kuantitatif dan hasil analisis sedimen laut. Data sekunder diperoleh dari penelusuran pustaka berupa buku-buku teks, dokumen resmi, penelitian sebelumnya, jurnal ilmiah dan lain-lain.

2.4 Metode Pengambilan Sampel

Sampel sedimen diambil di perairan sekitar PLTD Suppa Kabupaten Pinrang. Pengambilan sampel dilakukan dengan sistem grid. Sistem ini merupakan teknik pengambilan sampel sedimen yang didefinisikan dahulu dalam bentuk grid pada peta kerja survei sedimen. Grid dibuat dengan ketelitian perwakilan disesuaikan dengan skala peta (1:50.000) untuk kondisi lahan pada tiap satu sampel.

2.5 Prosedur Kerja

2.5.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada tiap stasiun menggunakan *grab sampler* kemudian sedimen dimasukkan ke dalam plastik *ziplock* setelah itu diberi label dan disimpan dalam *ice box*.

2.5.2 Preparasi Sampel

Sampel sedimen dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 105-120°C hingga kering kemudian dilakukan penggerusan dengan menggunakan lumpang dan alu. Setelah itu dilakukan pengayakan dengan ayakan ukuran 200 mesh menggunakan shaker.

Sebanyak 3 gram sampel sedimen yang telah diayak digunakan, kemudian



- akuades dan 5 mL HNO_3 . Larutan tersebut dipanaskan di atas (hot plate) pada suhu 120°C hingga volume berkurang menjadi 10 mL. Kemudian ke dalam bejana tersebut ditambahkan larutan mencapai 10 mL, larutan diangkat dan didinginkan. Setelah itu ditambahkan dengan 5 mL HNO_3 dan 2 mL $HClO_4$, kemudian dididihkan hingga timbul asap putih dan larutan menjadi jernih. Volume

sampel diukur sekitar 10 mL menggunakan gelas ukur, lalu disaring dengan kertas saring Whatman 40. Sampel uji ditempatkan pada labu takar 100 mL dan ditambahkan aquadest sampai tanda batas. Sampel uji siap diukur ke dalam Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Menggunakan metode uji SNI 6989.4:2009 untuk Fe, SNI 6989.6:2009 untuk Cu, dan SNI 6989.7:2009 untuk Zn.

2.5.3 Karakteristik Sedimen

1) Ukuran Butiran Sedimen

Analisis sedimen menggunakan metode pengayakan kering diklasifikasikan menurut Wenworth untuk mengetahui ukuran butir sedimen. Metode ini dilakukan dengan cara membersihkan sedimen dari kotoran, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 150°C. Sampel ditimbang sebanyak 100 gr sebagai berat awal kemudian diayak menggunakan *sieve net* yang disusun berurutan dengan ukuran 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm, 0,063 mm, dan < 0,063 mm. Setelah itu, sampel sedimen dipisahkan dari ayakan dan ditimbang (Ramadhan *et al.*, 2021). Untuk menghitung % berat sedimen dengan menggunakan metode ayakan kering, digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat (\%)} = \frac{\text{berat hasil ayakan}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

hasilnya kemudian digunakan untuk mengklasifikasikan sedimen menurut ukuran butirnya dengan menggunakan Skala Wentworth (Hatubarat dan Evans, 1985).

Tabel 2.1 Klasifikasi sedimen berdasarkan Wentworth Scale (Suhaidi, 2013)

Fraksi Sedimen	Partikel	Ukuran Butiran (mm)
Batu	Bongkahan	>256
	Kraka	64-256
	Kerikil kasar	4-64
	Kerikil halus	2-4
ir	Pasir sangat kasar	1-2
	Pasir kasar	0.5-1
	Pasir medium	0.25-0.5
	Pasir halus	0.125-0.25



Fraksi Sedimen	Partikel	Ukuran Butiran (mm)
	Pasir sangat halus	0.063-0.125
Lanau	Lanau kasar	0.031-0.063
	Lanau medium	0.016-0.031
	Lanau halus	0.008-0.016
	Lanau sangat halus	0.004-0.008
	Liat kasar	0.002-0.004
Liat	Liat medium	0.001-0.002
	Liat halus	0.0004-0.001
	Liat sangat halus	0.0002-0.0004

2) Bahan Organik Total (BOT)

Penentuan Bahan Organik Total (BOT) dilakukan dengan cara mengeringkan cawan porselin dan sedimen dengan menggunakan oven selama 20 menit pada suhu 105°C kemudian didinginkan. Setelah itu cawan porselin ditimbang dan sampel sedimen kering sebanyak 5 gr ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselin dan dipanaskan dalam tanur selama 3 jam pada suhu 650°C. Setelah itu, sampel dikeluarkan dari tanur kemudian didinginkan dalam desikator dan sampel ditimbang kembali sebagai berat akhir (Ramadhan *et al.*, 2021; Audina *et al.*, 2021). Perhitungan BOT sedimen menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Bahan Organik (\%)} = \frac{A-B}{C} \times 100\%$$

Keterangan:

A = Berat cawan kosong + berat sampel (gr)

B = Berat setelah pemanasan (gr)

C = Berat sampel (gr)

3) Potensial Redoks (Eh)

Pengukuran potensial redoks (Eh) sedimen dilakukan dengan menimbang 5 gr sampel sedimen kemudian dimasukkan ke dalam botol dan ditambahkan 12,5 mL akuades. Setelah itu, sampel diguncangkan menggunakan mesin shaker selama 30 menit pada putaran 200 rpm dan sampel didiamkan hingga sedimen mengendap.



Setelah itu, diukur nilai Eh menggunakan ORP meter dan mencatat hasilnya.

4) Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran derajat keasaman (pH) sedimen dilakukan dengan menimbang 5 gr sampel sedimen kemudian dimasukkan ke dalam botol kocok dan ditambahkan 12,5 mL akuades. Setelah itu, sampel dihomogenkan menggunakan mesin shaker selama 30 menit pada kecepatan 200 rpm dan sampel dibiarkan hingga sedimen mengendap. Kemudian suspensi sedimen diukur dengan pH meter. Setelah itu, melihat hasil pH yang ditunjukkan pada alat pH meter.

2.6 Analisis Data

2.6.1 Distribusi Logam Berat

Distribusi logam berat dibuat dengan menggunakan Teknik interpolasi spasial. Metode interpolasi yang dipilih yaitu Co-Kriging dengan menggunakan Arcgis 10.8.2.

CoKriging adalah multivariate variant dengan operasi dasar Kriging. CoKriging menghitung perkiraan atau prediksi dengan sampel minimum dengan bantuan variabel yang lebih baik (covariable). Variabel harus dengan korelasi tinggi (positif atau negatif). CoKriging baik untuk mendapatkan hasil yang presisi. CoKriging menggunakan semivariogram kovarian dengan memperhitungkan bobot $\sum \omega_i = 1$ dan $\sum \eta_j = 0$ dan metode Kriging (ILWIS, 2014). Nilai variogram dengan model semivariogram γ_A , γ_B dan model cross variogram untuk m observasi dari predictand A_i dan n observasi dari covariabel B_j sesuai dengan persamaan CoKriging sebagaimana ditunjukkan pada persamaan dibawah

$$\hat{Z} = \sum_i^m \omega_i A_i + \sum_j^n \eta_j B_j$$

2.6.2 Menentukan Tingkat Pencemaran

Indeks Beban Pencemaran (PLI) memberikan cara sederhana untuk menilai tingkat pencemaran di suatu lokasi untuk berbagai elemen dan dihitung dengan formula sebagai



$$PLI = [CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \dots \times CF_n]^{1/n}$$

CF = Faktor kontaminasi/ Faktor kontaminasi tiap logam/ Faktor kontaminasi elemen; n = Jumlah logam

Tingkat pencemaran logam berat dalam sedimen ditentukan dengan menggunakan Indeks Geoakumulasi (*Geoaccumulation Index, I-Geo*) dengan rumus:

$$I_{geo} = \log_2 [C_n / (1,5 \times B_n)]$$

dimana C_n merupakan konsentrasi logam n dalam sampel sedimen dan B_n adalah konsentrasi logam n dalam latar atau nilai acuan. Nilai latar dapat diukur atau diambil dari pustaka untuk data latar sedimen. Faktor 1,5 digunakan karena kemungkinan adanya variasi nilai dalam latar seperti adanya pengaruh antropogenik.

Tabel 2.2 Indeks Geoakumulasi (Alahabadi dan Hassan, 2018)

Nilai I-geo	Tingkat Kontaminasi
$I_{geo} \leq 0$	Tidak tercemar
$0 < I_{geo} < 1$	Tidak tercemar hingga tercemar sedang
$1 < I_{geo} < 2$	Tercemar sedang
$2 < I_{geo} < 3$	Tercemar sedang hingga berat
$3 < I_{geo} < 4$	Tercemar berat
$4 < I_{geo} < 5$	Tercemar berat hingga sangat berat
$I_{geo} > 5$	Tercemar sangat berat

Indeks Potensi Resiko Ekologi (ERI) diusulkan oleh Hakanson (1980) yang merupakan suatu pendekatan yang mewakili sensitivitas dari komunitas biologis terhadap keseluruhan zat beracun/ toksik yang ada pada sedimen. RI dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$ERI = \sum_{i=1}^n E_r^i = \sum_{i=1}^n T_r^i \cdot C_f^i$$

Keterangan: C_f^i = nilai konsentrasi dari logam i dibagi nilai background logam; T_r^i = "faktor respon toksik" dari logam i yang merefleksikan tingkat toksik dan sensitivitas bioorganisme terhadap logam berat.

Tabel 2.3 Indeks Resiko Ekologi (ERI) (Wang et al., 2014)

Nilai RI	Resiko Ekologis
$RI < 150$	Resiko rendah
$50 < RI < 300$	Resiko sedang
$00 < RI < 600$	Resiko cukup besar
$600 > RI$	Beresiko tinggi



2.6.3 Menentukan Hubungan Konsentrasi Logam Berat Cu, Fe, dan Zn dengan Karakteristik Sedimen.

Hubungan karakteristik sedimen dengan konsentrasi logam berat ditentukan dengan menggunakan metode korelasi. Metode korelasi digunakan untuk menentukan keeratan hubungan antara dua variabel atau lebih variabel berbeda yang digambarkan dengan ukuran koefisien korelasi. Koefisien korelasi merupakan koefisien yang menggambarkan kedekatan hubungan antara dua atau lebih variabel. Besar kecilnya koefisien korelasi tidak menggambarkan hubungan sebab akibat antara dua variabel atau lebih, namun hanya menggambarkan linier antar variabelnya. Selain itu, koefisien korelasi juga menunjukkan hubungan timbal balik sehingga tidak akan menjadi masalah apabila dalam menentukan variabel bebas maupun terikat dalam sebuah penelitian. Persamaan korelasi sebagai berikut:

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2} \cdot \sqrt{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Keterangan:

X_i dan Y_i adalah nilai individual dari variabel X dan Y.

X dan Y adalah rata-rata dari masing-masing variabel.

r bernilai antara -1 sampai dengan 1, dengan:

$r > 0$ menunjukkan hubungan positif (searah).

$r < 0$ menunjukkan hubungan negatif (berlawanan arah).

$r = 0$ menunjukkan tidak ada hubungan.

(Wibowo dan Anrdriyatna, 2020)

