

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air bersih merupakan sumber daya yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan ekosistem. Air bersih tidak hanya dikonsumsi manusia namun juga diperlukan untuk kegiatan pertanian, industri, dan berbagai aktivitas lainnya. Sungai sebagai salah satu sumber air bersih juga berperan bagi kehidupan di sekitarnya. Sungai merupakan saluran alami yang berfungsi sebagai penampung dan penyalur air serta material yang dibawa dari bagian hulu ke hilir (Hendratta & Tangkudung, 2021). Material yang diangkut kemudian mengendap di dasar sungai membentuk sedimen, yang merupakan campuran partikel mineral halus dan bahan organik (Anugrah, 2020). Sedimen berfungsi sebagai "penampung" kontaminan yang stabil, di mana logam berat cenderung terakumulasi jauh lebih tinggi dibandingkan di kolom air akibat presipitasi fisik dan adsorpsi kimia (Tulzuhrah dkk., 2022).

Sungai Batang Ombilin yang terletak di Kota Sawahlunto merupakan sungai yang memiliki peran strategis sebagai sumber air bersih bagi masyarakat. Sungai Batang Ombilin juga dimanfaatkan untuk keperluan irigasi dan aktivitas industri. Namun kegiatan penambangan emas dan batu bara serta operasional Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di sekitarnya berpotensi menurunkan kualitas lingkungan. Aktivitas ini berpotensi melepaskan logam berat dan metaloid seperti Arsen (As) yang memiliki toksisitas tinggi bagi organisme akuatik dan manusia melalui rantai makanan (Meydiyati et al., 2018).

Urgensi penelitian ini didasarkan pada temuan Fauzan (2024) yang menyatakan bahwa kadar Arsen di air Sungai Batang Ombilin telah melebihi baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 yaitu 0,05 mg/L. Kemudian penelitian Putri & Afdal (2017) yang menjelaskan bahwa konsentrasi As, Cr, dan Cu pada sedimen Sungai Batang Ombilin telah melebihi batas yang merujuk pada ANZECC/ARMCANZ (*Australian and New Zealand Environment and Conservation Council/Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand*) *Interim Sediment Quality Guidelines* (ISQG) yaitu 20 mg/kg berat kering (ANZECC/ARMCANZ, 2000). Berdasarkan hasil temuan tersebut, penelitian ini

berfokus pada kajian Arsen, yang merupakan metaloid dengan sifat toksik, persisten, mudah terakumulasi dalam sedimen, serta memiliki potensi untuk menimbulkan risiko ekologis yang signifikan.

Penelitian terdahulu di berbagai wilayah telah mencoba memetakan risiko logam berat, namun terdapat beberapa celah penelitian. Pertama, penelitian di Sungai Winongo (2022) dan Sungai Code (2020) hanya terbatas pada evaluasi tingkat toksisitas dan risiko ekologi tanpa mengidentifikasi sumber pencemar secara kuantitatif (Fadlillah dkk., 2022; Hasti, 2020). Kedua, penelitian di Sungai Lati (2023) dan Teluk Manado (2025) meskipun membahas distribusi spasial, belum menggunakan metode indeks terintegrasi yang menggabungkan faktor toksisitas antar-polutan (Farahnaz dkk., 2023; Triyono dkk., 2025). Ketiga, mayoritas identifikasi sumber di Indonesia masih menggunakan analisis multivariat standar (PCA/CA) seperti pada studi di Sungai Pelus (2023) dan Sumatera Selatan (2024). Penggunaan model reseptor yang lebih akurat seperti *Positive Matrix Factorization* (PMF) memang telah dilakukan di Cina oleh Luo dkk (2021), namun model *Absolute Principal Component Score-Multiple Linear Regression* (APCS-MLR) masih jarang diaplikasikan untuk sedimen sungai di Indonesia.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi metode penilaian risiko dan identifikasi sumber secara komprehensif. Penelitian ini menggunakan *Nemerow Integrated Risk Index* (NIRI) yang divalidasi mampu memberikan gambaran risiko lebih detail karena menggabungkan efek toksisitas berbagai logam, sebuah pendekatan yang telah terbukti efektif pada studi Sungai Danjiang (Cao dkk., 2025). Selain itu, penggunaan model APCS-MLR dalam penelitian ini merupakan pendekatan yang belum banyak diterapkan untuk menentukan proporsi kontribusi sumber pencemar terhadap konsentrasi Arsen secara kuantitatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan penilaian risiko ekologi dan mengidentifikasi sumber logam berat arsen pada sedimen Sungai Batang Ombilin. Dengan memahami kondisi sedimen dan sumber pencemaran, diharapkan penelitian ini dapat memberikan rekomendasi strategis bagi pengelolaan lingkungan dan perlindungan ekosistem sungai di Sawahlunto.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.2.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk menganalisis konsentrasi logam berat Arsen (As) pada sedimen, melakukan penilaian risiko ekologi, dan mengidentifikasi sumber pencemar di Sungai Batang Ombilin, Sawahlunto.

1.2.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini, antara lain:

1. Menganalisis konsentrasi dan distribusi spasial Arsen (As) dalam sedimen Sungai Batang Ombilin serta menilai tingkat kontaminasi menggunakan indeks geo-akumulasi (I_{geo}).
2. Mengevaluasi risiko ekologi Arsen (As) dengan mengintegrasikan metode *Potential Ecological Risk* (E_r) dan *Nemerow Integrated Risk Index* (NIRI) untuk mendapatkan gambaran dampak toksisitas yang lebih mendalam.
3. Menilai potensi efek biotoksik pada organisme akuatik dengan merujuk pada *Sediment Quality Guidelines* (SQG) melalui perhitungan rasio konsentrasi efek probabilitas (PEC-Q).
4. Mengidentifikasi sumber pencemar Arsen (As) secara kuantitatif dengan menentukan proporsi kontribusi dari sumber alami maupun antropogenik menggunakan model *Absolute Principal Component Score-Multiple Linear Regression* (APCS-MLR).

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Penulis

Sebagai sarana pengaplikasian ilmu yang telah didapat selama di bangku perkuliahan sehingga dapat bermanfaat bagi masyarakat.

2. Bagi Pemerintah

Manfaat penelitian ini bagi pemerintah adalah untuk meningkatkan kualitas lingkungan di sekitar lingkungan masyarakat yang berdekatan dengan pertanian, industri rumah tangga, permukiman, industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan pertambangan.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini meliputi:

1. Penelitian dilakukan selama 6 bulan mulai dari Desember 2025 sampai dengan Mei 2026. Analisis sampel berfokus pada evaluasi kondisi sedimen sungai berdasarkan data dari penelitian (Fauzan, 2024; Putri & Afdal, 2017) hingga bulan Februari 2026.
2. Pengambilan sampel sedimen dilakukan di aliran Sungai Batang Ombilin, Sawahlunto, pada area yang terpapar limbah pertanian, industri rumah tangga, permukiman, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), dan aktivitas pertambangan.
3. Sampel sedimen diambil pada 10 titik lokasi berdasarkan tata cara pengambilan sampel Ohio EPA (2012). Metode yang digunakan adalah *grab sampling* dengan frekuensi pengambilan satu kali.
4. Pengukuran parameter kualitas air permukaan sebagai data pendukung meliputi pH, Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*), padatan terlarut (*Total Dissolved Solids/TDS*), Suhu, dan konduktivitas listrik (*Electrical Conductivity/EC*) yang dilakukan langsung di lapangan.
5. Sampel sedimen dianalisis di Laboratorium Air Departemen Teknik Lingkungan dan Laboratorium Sucofindo. Tahapan analisis meliputi preparasi dengan metode destruksi asam sesuai dengan SNI 8910:2021 dan pengukuran konsentrasi Arsen (As) menggunakan instrumen Spektrometer Serapan Atom (SSA) dengan analisis duplo.
6. Analisis logam berat As pada sampel sedimen menggunakan metode destruksi asam yang dilanjutkan dengan analisis menggunakan Spektrometer Serapan Atom (SSA).
7. Penilaian tingkat kontaminasi dan risiko dilakukan melalui dua pendekatan utama: (1) Indeks Geo-akumulasi (I_{geo}), digunakan untuk mengkuantifikasi tingkat akumulasi Arsen (As) akibat aktivitas antropogenik dibandingkan dengan nilai latar belakang geokimia (B_i); (1,2 mg/kg); (2) Tingkat kontaminasi dievaluasi, dengan penggunaan *modified degree of contamination* (mCd) untuk mengevaluasi derajat pencemaran Arsen secara menyeluruh di titik amat didukung oleh logam Cr dan Cu sebagai parameter pembanding.

8. Analisis risiko ekologi dilakukan menggunakan metode *Nemerow Integrated Risk Index* (NIRI) yang mengintegrasikan *Nemerow Integrated Pollution Index* (NIPI) dan *Potential Ecological Risk Index* (RI) guna mempertimbangkan faktor respons toksik Arsen (As), dengan mempertimbangkan kontribusi Cr dan Cu sebagai parameter pendukung yang memengaruhi tingkat risiko melalui faktor respons toksik logam.
9. Dampak potensi biotoksisitas logam berat pada sedimen dinilai dengan merujuk pada *Sediment Quality Guidelines* (SQG) melalui perhitungan rasio konsentrasi efek probabilitas (PEC-Q) dan mPEC-Q, dengan fokus utama pada Arsen (As) serta didukung oleh logam Cr dan Cu sebagai parameter pendukung penilaian potensi efek biotoksisitas terhadap organisme akuatik.
10. Analisis sumber dilakukan secara kuantitatif menggunakan statistik multivariat dengan model *Absolute Principal Component Score-Multiple Linear Regression* (APCS-MLR) untuk menentukan proporsi kontribusi dari berbagai sumber pencemar terhadap Arsen (As), dengan memanfaatkan logam Cr dan Cu sebagai parameter pendukung dalam identifikasi sumber.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang literatur mengenai pencemaran air, proses terbentuknya sedimen pada sungai, metode destruksi, metode Spektrometer Serapan Atom (SSA), metode multivariat dengan model APCS-MLR dan Korelasi Pearson dengan penulisan sebagai landasan teori yang mendukung penelitian dan penyusunan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai tahapan penelitian, mulai dari studi literatur, pengambilan sampel, pengujian dan analisis sampel.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil penelitian mengenai konsentrasi logam berat pada sedimen disertai dengan pembahasannya.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan simpulan dan saran berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan.

