

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertambangan dengan metode *open mining* menyebabkan kerusakan ekosistem secara fisik dan kimiawi, salah satunya melalui pembentukan air asam tambang (AAT) atau *acid mine drainage* (AMD), yang merupakan salah satu sumber utama pencemaran kualitas air akibat proses senyawa hasil oksidasi mineral sulfida (Kaharapenni & Hendrawan, 2015). Proses ini terjadi akibat terbukanya lapisan batuan yang mengandung senyawa sulfur yang bereaksi dengan air dan oksigen, membentuk senyawa sulfat yang bersifat asam (Wahyudin *et al.*, 2018). Salah satu karakteristik utama AAT adalah tingginya kadar logam berat, khususnya besi (Fe), yang sangat berbahaya bagi lingkungan.

Keberadaan Fe dalam konsentrasi tinggi dapat menurunkan kualitas air, menyebabkan kekeruhan, endapan merah kecoklatan, serta menurunkan kadar oksigen terlarut (Rasman & Saleh, 2016). Hal ini berdampak langsung terhadap kehidupan organisme akuatik karena logam besi dapat menghambat respirasi ikan, merusak insang, serta mengganggu pertumbuhan dan reproduksi organisme perairan lainnya (Herliyanto *et al.*, 2014). Kadar Fe yang berlebihan juga menghambat fiksasi unsur hara penting seperti fosfor dan nitrogen, yang berakibat pada penurunan produktivitas ekosistem (Kiswanto *et al.*, 2018).

Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan risiko pencemaran logam berat terhadap lingkungan perairan, khususnya pada sungai-sungai di sekitar lokasi penambangan (Kaharapenni & Hendrawan, 2015). Analisis kualitas air di area pertambangan batubara menjadi penting untuk menilai potensi pencemaran yang terjadi. Berdasarkan hasil analisis awal di wilayah pertambangan PT Gea Lestari, kadar logam Fe terdeteksi sebesar 10,850 mg/L, melebihi baku mutu mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 113 Tahun 2003 yang menetapkan ambang batas maksimum sebesar 7 mg/L.

Diperlukan tindakan pengolahan yang efektif dan ramah lingkungan untuk mengatasi pencemaran akibat kadar logam berat yang tinggi dalam air asam tambang. Fitoremediasi merupakan salah satu metode bioremediasi yang terbukti efektif dan berkelanjutan, dengan memanfaatkan Tumbuhan untuk menyerap, mengakumulasi, atau menetralkan logam berat dari media tanah maupun air (Ghosh & Singh, 2005). Metode ini memiliki keunggulan dalam hal efisiensi biaya, kemudahan aplikasi di lapangan, serta minimnya risiko pencemaran sekunder. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Manarfa *et al.*, (2024), fitoremediasi menunjukkan potensi besar dalam pemulihan lingkungan tambang karena

kemampuan Tumbuhan dalam beradaptasi terhadap kondisi ekstrem serta kemampuannya dalam menurunkan konsentrasi logam secara signifikan.

Beberapa Tumbuhan telah dikaji sebagai agen fitoremediasi, antara lain *Eichhornia crassipes* yang menurunkan kadar Fe hingga <0,033 mg/L dalam 4 hari namun memerlukan substrat organik tambahan (Fridriyanda *et al.*, 2024). *Eleocharis dulcis* yang mampu mengakumulasi Fe hingga 91,76 mg/g dalam waktu 12 minggu (Ariyani *et al.*, 2014). Penelitian lain yang dilakukan oleh Habibullah *et al.*, (2021), menyatakan bahwa tumbuhan *Typha angustifolia* mampu menurunkan kadar Fe sebesar 57,93% dalam 4 minggu dengan bantuan fungi mikoriza. Meskipun efektif, sebagian besar metode tersebut memerlukan bahan tambahan, waktu yang lama, atau biaya operasional tinggi.

Cyperus papyrus menunjukkan efektivitas tinggi dalam menurunkan kadar Fe tanpa perlakuan tambahan. Berdasarkan penelitian Nirtha *et al.*, (2021), tumbuhan *Cyperus papyrus* efektif dalam menurunkan kadar logam berat Fe sebesar 99,94%. Penelitian yang dilakukan oleh Tosepu (2012), menunjukkan bahwa tanaman papirus memiliki kemampuan menyerap logam berat melalui jaringan akar dan batangnya. Kemampuan ini didukung oleh struktur morfologi tanaman yang terdiri atas batang yang tebal dan akar yang kuat, serta kandungan senyawa aktif seperti alkaloid, glikosida, dan flavonoid yang berperan dalam menetralkan polutan. Kandungan senyawa tersebut memungkinkan papirus untuk menstabilkan dan mengakumulasi logam berat dari lingkungan tercemar. Tumbuhan ini juga mudah ditemukan, tidak memerlukan substrat tambahan, dan memiliki adaptasi tinggi di lahan basah, menjadikannya pilihan tepat untuk pengolahan air tambang yang efisien dan ekonomis.

Berdasarkan tinggi kadar pencemaran logam Fe yang melebihi ambang batas, serta efektivitas *Cyperus papyrus* dalam menyerap logam tersebut, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan tumbuhan *Cyperus papyrus* sebagai metode fitoremediasi pada air asam tambang batubara PT Gea Lestari, sebagai upaya pemulihan lingkungan yang aplikatif dan berkelanjutan.

1.2. Rumusan Masalah

Tingginya kadar logam berat pada AAT, salah satunya Fe dapat mencemari lingkungan bila logam berat tersebut tidak dikelola dengan benar sehingga perlu dilakukannya penurunan Fe dengan menggunakan metode fitoremediasi. Dengan rumusan masalah, seperti :

1. Berapa konsentrasi Fe setelah fitoremediasi menggunakan *Cyperus papyrus* dengan variasi waktu 6 hari, 9 hari, dan 14 hari pada air asam tambang batubara PT Gea Lestari Kecamatan Mestong, Kabupaten Muaro Jambi?

2. Berapa efektivitas penurunan konsentrasi Fe menggunakan tumbuhan dan tanpa tumbuhan *Cyperus papyrus* pada air asam tambang batubara PT Gea Lestari, Kecamatan Mestong, Kabupaten Muaro Jambi?
3. Apakah terdapat perbedaan signifikan terhadap penurunan Konsentrasi Fe dengan perlakuan tumbuhan dan perlakuan tanpa tumbuhan?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini seperti:

1. Menganalisis konsentrasi Fe fitoremediasi menggunakan *Cyperus papyrus* dengan variasi waktu 6 hari, 9 hari, serta 14 hari pada air asam tambang batubara PT Gea Lestari Kecamatan Mestong, Kabupaten Muaro Jambi.
2. Menganalisis efektivitas penurunan konsentrasi Fe menggunakan Tumbuhan dan tanpa tumbuhan *Cyperus papyrus* pada air asam tambang batubara PT Gea Lestari, Kecamatan Mestong, Kabupaten Muaro Jambi.
3. Menganalisis perbedaan penurunan Konsentrasi Fe dengan perlakuan tumbuhan dan tanpa perlakuan tumbuhan

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang ditemukan pada Tugas Akhir ini seperti:

1. Bagi penulis, memperbanyak ilmu pengetahuan menyangkut Efektivitas tumbuhan *Cyperus papyrus* dalam menurunkan Fe pada bekas lahan tambang batubara PT Gea Lestari, Kecamatan Mestong, Kabupaten Muaro Jambi.
2. Bagi pembaca, bisa membagi pengetahuan menyangkut tumbuhan *Cyperus papyrus* serta penerapan dalam melestarikan lingkungan.
3. Sebagai data tambahan dan bahan kajian untuk penelitian berikutnya.

1.5. Hipotesis

Pada penelitian ini yang termasuk dalam hipotesis penelitian yaitu:

1. H_0 : Tidak terjadi penurunan kadar Fe untuk air asam tambang PT Gea Lestari, Kecamatan Mestong, Kabupaten Muaro Jambi menggunakan tumbuhan *Cyperus papyrus*.
2. H_1 : Terjadi penurunan kadar Fe pada air asam tambang PT Gea Lestari, Kecamatan Mestong, Kabupaten Muaro Jambi menggunakan tumbuhan *Cyperus papyrus*.

1.6. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang serta rumusan masalah yang telah disusun. Adapun batasan masalah pada tugas akhir yaitu :

1. Penelitian dilakukan di PT Gea Lestari Muaro Jambi dengan pengambilan sampel air asam tambang di batubara pada area PT Gea Lestari Muaro Jambi.

2. Parameter yang diturunkan adalah konsentrasi logam berat besi menggunakan tumbuhan *Cyperus papyrus*.
3. Fitoremediasi akan di uji cobakan pada konsentrasi logam berat tertinggi menggunakan tumbuhan.
4. Tumbuhan *Cyperus papyrus* yang dipakai pada penelitian ini didapat melalui toko tumbuhan.
5. Metode yang dipakai seperti eksperimental pada analisis lahan basah buatan menggunakan spektrofotometri serapan atom.
6. Pengujian ini dilakukan dengan pengambilan sampel sebelum pengolahan.