

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah yaitu lapisan permukaan bumi yang terbentuk dari lapukan batu dan bahan organik yang telah digunakan sebagai media pertumbuhan tanaman alami dalam dunia pertanian sejak lama. Kualitas tanah untuk menopang pertumbuhan tanaman dapat terganggu oleh keberadaan logam berat di dalam tanah. Logam berat termasuk unsur logam dengan massa jenis tinggi dan bersifat toksik pada konsentrasi tertentu. Salah satu permasalahan dalam aspek pertanian ialah kandungan logam berat pada lahan pertanian. Akumulasi logam berat dapat mempengaruhi keberadaan mikroorganisme tanah dan mengganggu proses fisiologis pada tanaman mengingat sifat logam berat yang beracun. Zainudin dan Kesumaningwati (2022) menyebutkan bahwa tanah yang terkontaminasi logam berat umumnya memiliki diversitas mikroorganisme yang rendah, sedangkan mikroorganisme tanah memiliki peran penting dalam siklus karbon, siklus nitrogen serta pembenah tanah. logam berat dapat mempengaruhi struktur dan aktivitas mikroorganisme tanah. Komunitas mikroba tanah yang awalnya sangat beragam dapat berkurang hingga lebih dari 1.000 kali karena kontaminasi logam berat. Selain itu, tanaman akan mengalami respon fisiologis bila mengalami stress logam seperti pembentukan protein stress (*phytochelatins*) dan adanya perubahan aktivitas enzimatis dimana Pb^{2+} mampu menghambat aminolaevulinic acid dehydratase. Dampak lain yang muncul adalah terhambatnya pertumbuhan akar maupun tajuk serta penurunan laju transpirasi (Hidayati, 2013).

Beberapa wilayah di Jawa Timur seperti Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Pasuruan diketahui tercemar logam Pb pada tanah dan air irigasi pertanian (Fitrianah dan Purnama, 2019). Penggunaan pestisida sintetik berlebihan adalah salah satu penyebab mengendapnya logam berat pada lahan pertanian. Kandungan berbahaya dalam komposisi pestisida ialah logam berat seperti kadmium, timbal dan arsen (Silviani dkk., 2022). Umumnya pestisida sintetik digunakan untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman untuk meningkatkan hasil produksi pertanian, namun penggunaan pestisida yang tidak terkontrol akan menyebabkan residu di dalam tanah. Salah satu contohnya adalah

bahan aktif *mancozeb* yang diketahui memiliki kandungan timbal (Pb) paling tinggi dibandingkan bahan aktif pestisida lainnya (Puspitaloka dkk., 2018). Timbal sendiri yaitu logam non-esensial yang secara alamiah ada di kerak bumi dan memiliki sifat toksik pada tanaman bila konsentrasi Pb yang terakumulasi tanaman jumlahnya banyak. Akumulasi Pb dalam jaringan tumbuhan dapat menurunkan penyerapan unsur hara penting seperti magnesium (Mg), besi (Fe), dan nitrogen (N) yang merupakan unsur pembentuk klorofil karena adanya persaingan kapasitas tukar kation. Hal ini menyebabkan munculnya gejala klorosis dan menurunnya volume dan jumlah kloroplas (Ariyanti dkk., 2015).

Lahan pertanian yang tercemar harus segera dilakukan upaya pemulihan tanah untuk mencegah terjadinya akumulasi senyawa pencemar pada tanaman yang dibudidayakan. Remediasi merupakan proses pemulihan tanah dan air dari kondisi tercemar oleh senyawa berbahaya seperti logam berat, pestisida, dan lainnya menjadi tidak tercemar. Beberapa upaya pemulihan pada tanah tercemar dilakukan dengan metode fisik maupun kimia yaitu dengan reduksi kimiawi, evaporasi, reverse osmosis, presipitasi, dan pertukaran ion. Akan tetapi, penggunaan metode-metode tersebut secara ekonomis terbilang mahal dan dapat merusak lingkungan (Yulianti., 2021). Beberapa metode pemulihan tanah yang lebih ekonomis, sederhana dan efisien ialah Metode remediasi dengan pemanfaatan mikroorganisme hidup yang disebut dengan bioremediasi dan pemanfaatan tanaman hiperakumulator disebut dengan fitoremediasi.

Bacillus sp. berpotensi sebagai bakteri agensia bioremediasi yang efektif dengan kemampuannya untuk mendegradasi atau mengakumulasi logam berat. Hasyimuddin dkk., (2018) menyatakan bahwa *Bacillus* sp. dapat menurunkan konsentrasi Pb melalui mekanisme pengikatan logam berat oleh dinding selnya. *Bacillus* sp. juga merupakan bakteri yang dapat mereduksi logam berat dengan tingkat penurunan terbaik dibandingkan dengan bakteri dari genus *Microbacterium*, dan *Pseudomonas* (Sandi dkk., 2024). Penelitian yang dilakukan Rahadi dkk., (2019) menyatakan bahwa *Bacillus* sp. Dapat mengurangi logam berat Pb hingga 69.1% dengan uji reduksi bakteri menggunakan media NB. Isolat *Bacillus* sp. yang diaplikasikan pada tanah tercemar logam berat timbal pada penelitian ini ialah isolat *Bacillus* sp. oleh Purkan dkk., (2017) yang diisolasi dari pertanian Malang dan

sudah pernah teruji resisten oleh logam berat merkuri karena mampu menghasilkan enzim merkuri reduktase. Isolat ini juga pernah dilakukan uji antagonis dengan patogen *Ralstonia solanacearum* serta terbukti mampu menekan pertumbuhan pertumbuhan *R. solanacearum* (Prasetyawati dkk., 2021). Bakteri *Bacillus* disebut sebagai bakteri yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman atau Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR). Bakteri ini dapat menghasilkan hormon auksin yang dapat membuat unsur hara larut atau tersedia, serta dapat melakukan induksi ketahanan tanaman dengan mengkolonisasi jaringan tanaman dan menambahkan produksi senyawa metabolit (Hartono dkk., 2022).

Penggunaan tanaman *Zinnia elegans* sebagai agens bioremediasi ialah karena tanaman ini menjadi tanaman yang sifatnya hiperakumulator. *Z. elegans* biasanya merupakan tanaman yang banyak dimanfaatkan sebagai refugia (Anita dan Haryadi., 2022). Selain fungsinya sebagai refugia, tanaman ini juga dapat menyerap unsur logam berat ke jaringan tanaman melalui akar sehingga memiliki potensi sebagai agensia fitoremediasi tanah tercemar. Tanaman ini mampu menyerap logam berat misalnya merkuri (Hg), arsen (As), dan timbal (Pb). Berdasarkan Juriah dkk., (2023) menyebutkan bahwa tanaman bunga kertas mampu menyerap logam berat dengan baik bahkan dilaporkan tanaman ini menyerap logam berat lebih dari 50 % pada tanah tercemar, sehingga menjadikan tanaman ini sebagai salah satu potensi untuk pemulihan lahan tercemar secara alami.

Kemampuan bioremediasi sangat bergantung pada karakteristik agensia yang digunakan sehingga pengujian potensi agensia bioremediasi menjadi langkah penting untuk dilakukan. Interaksi antara bakteri *Bacillus* sp. dan tanaman *Z. elegans* diharapkan mampu mengurangi konsentrasi logam berat tanah tercemar timbal sehingga layak digunakan untuk kegiatan pertanian untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Pemanfaatan metode bioremediasi dan fitoremediasi juga dapat mendukung sistem pertanian yang lebih berkelanjutan serta mengurangi dampak negatif bagi tanaman. Tujuan dilakukannya analisis ini ialah guna mengetahui potensi *Bacillus* sp. dan pertumbuhan tanaman *zinnia elegans* menurunkan kandungan logam berat pada media tanam yang tercemar logam berat timbal (Pb).

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah *Bacillus* sp. mampu menurunkan kandungan Pb pada tanah dan mempengaruhi pertumbuhan tanaman bunga kertas.
2. Apakah tanaman bunga kertas dapat menurunkan kandungan logam Pb pada tanah.
3. Apakah *Bacillus* sp. dan tanaman bunga kertas dapat berasosiasi menurunkan kandungan logam berat Pb pada tanah.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui potensi *Bacillus* sp. sebagai angens bioremediasi menurunkan kandungan Pb pada tanah serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman *Zinnia elegans*.
2. Untuk mengetahui potensi tanaman *Zinnia elegans* menurunkan kandungan logam Pb pada tanah.
3. Untuk mengetahui potensi *Bacillus* sp. dan tanaman *Zinnia elegans* berasosiasi menurunkan kandungan logam berat Pb pada tanah.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil analisis yakni hasil penelitian dapat memberi informasi ilmiah tentang pengaruh *Bacillus* sp. dan tanaman bunga kertas sebagai agen bioremediasi untuk lahan tercemar logam Pb, serta pengaruh *Bacillus* sp. terhadap pertumbuhan tanaman *Zinnia elegans*