

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran logam berat pada tanah merupakan permasalahan serius di berbagai daerah tropis termasuk Indonesia. Logam berat seperti kadmium (Cd), timbal (Pb), dan seng (Zn) umumnya berasal dari berbagai aktivitas antropogenik seperti industri, pertanian, dan pembuangan limbah padat, serta bersifat persisten sehingga sulit terdegradasi di lingkungan. Salah satu sumber pencemaran yang signifikan adalah tempat pembuangan akhir (TPA), di mana aktivitas penimbunan limbah menghasilkan lindi yang dapat membawa logam berat ke dalam tanah dan air tanah di sekitarnya (Syafii dkk., 2024). Sifat Cd yang relatif mudah berpindah di dalam tanah menyebabkan logam ini berpotensi terlarut dan masuk ke dalam air tanah sehingga memperluas area pencemaran. Studi sebelumnya oleh Putri dkk. (2025) menyatakan bahwa konsentrasi Cd di TPA Sukawinatan, Palembang mencapai 1,52 mg/kg pada kedalaman 20 cm yang telah melebihi baku mutu USEPA (2002), sebesar 0,43 mg/kg. Selain mencemari tanah dan air tanah, Cd juga dapat terakumulasi dalam jaringan tanaman, sehingga berpotensi masuk ke dalam rantai makanan dan mengancam kesehatan manusia melalui proses bioakumulasi. Kondisi tersebut menegaskan perlunya penerapan remediasi lahan tercemar melalui pengelolaan fisik dan kimia tanah untuk menurunkan mobilitas serta ketersediaan hayati Cd sehingga perpindahannya ke lingkungan dan organisme hidup dapat dibatasi (Yi dkk., 2019).

Upaya remediasi lahan tercemar Cd dapat dilakukan melalui pendekatan fisik, kimia, maupun biologis. Metode seperti enkapsulasi, stabilisasi kimia, dan pencucian tanah tergolong efektif, namun memerlukan biaya tinggi serta berpotensi menghasilkan limbah sekunder (Sarwar dkk., 2017). Salah satu pendekatan secara biologi dapat dilakukan melalui fitoremediasi yang dikenal sebagai alternatif ramah lingkungan karena memanfaatkan kemampuan alami tanaman dalam mengakumulasi dan menstabilkan logam berat sehingga konsentrasi pencemar di tanah dapat berkurang. Tanaman yang digunakan dalam fitoremediasi logam berat seperti Cd umumnya memiliki karakteristik pertumbuhan cepat, biomassa tinggi,

toleransi terhadap logam toksik, kemampuan mendistribusikan logam ke bagian atas tanaman, mudah dipanen berulang, serta adaptif terhadap kondisi lapangan (Akhter, 2022). Selain itu, penggunaan tanaman hiperakumulator semakin memperkuat efektivitas metode ini dalam pengelolaan logam berat. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa jarak pagar mampu mengakumulasi Cd di bagian akar, batang, dan daun secara berturut-turut, yaitu 4,01 mg/kg, 5,75 mg/kg, dan 10,33 mg/kg. Penelitian ini berkontribusi dalam menurunkan konsentrasi Cd di tanah melalui proses fitoremediasi (Sani dkk., 2022).

Efektivitas fitoremediasi tidak hanya ditentukan oleh karakteristik tanaman, tetapi juga oleh kondisi media tanah dan bahan pendukung yang digunakan. *Biochar* sebagai amelioran tanah memiliki sifat fisikokimia yang berbeda tergantung bahan bakunya. *Biochar* sekam padi unggul dalam luas permukaan (Li dkk., 2023), *biochar* tempurung kelapa dikenal dengan kandungan karbon tinggi dan stabilitas struktur porositasnya (Ajien dkk., 2023), sedangkan *biochar* daun-ranting kaya abu alkali yang berperan meningkatkan pH tanah (Narayanan & Ma, 2022). Perbedaan karakteristik tersebut menentukan kemampuan masing-masing *biochar* dalam mengikat logam berat di tanah. Secara umum, pemberian *biochar* terbukti meningkatkan karbon organik tanah, kapasitas tukar kation, dan pH tanah, sekaligus menurunkan ketersediaan logam berat di tanah dibandingkan kontrol (Albert dkk., 2021). Logam berat seperti Cd, merupakan kontaminan yang umum dijumpai pada tanah tercemar, dan ketersediaan hayatinya sangat dipengaruhi oleh pH serta bahan organik tanah (Antonangelo dkk., 2023). Cd lebih responsif terhadap peningkatan pH yang difasilitasi oleh *biochar* kaya abu alkali (Yang dkk., 2021). Kombinasi *biochar* dengan tanaman dalam sistem fitoremediasi berpotensi menjadi alternatif amelioran yang lebih berkelanjutan dibandingkan bahan konvensional (González-Chávez dkk., 2017).

Penggunaan *biochar* pada fitoremediasi yang menargetkan fitoekstraksi diperlukan karena adsorpsi dan imobilisasi Cd dapat mengurangi fraksi yang tersedia bagi tanaman. Kameyama dkk. (2021) melaporkan bahwa *biochar* dapat menurunkan konsentrasi Cd pada tajuk *Brassica rapa* var. *perviridis* sebesar 19–78% dibandingkan kontrol tanpa *biochar*, sedangkan *biochar* sekam padi menurunkannya sebesar 29%. Perbedaan tingkat penurunan tersebut menunjukkan

bahwa pengaruh *biochar* terhadap penyerapan Cd bergantung pada bahan baku dan karakteristik fisikokimianya. Temuan tersebut tetap mendukung penggunaan *biochar* karena keberhasilan remediasi juga mencakup perbaikan kualitas tanah, pertumbuhan tanaman, dan pengurangan mobilitas Cd. Kajian terdahulu masih banyak menggunakan satu jenis *biochar* dan belum membandingkan beberapa *biochar* lokal pada kondisi tanah dan tanaman yang seragam. Penelitian ini membandingkan *biochar* sekam padi, tempurung kelapa, dan *biopellet* daun–ranting untuk menentukan jenis *biochar* yang memberikan keseimbangan terbaik antara perbaikan media tanam, pertumbuhan jarak pagar, serta akumulasi dan penyisihan Cd.s

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.2.1 Maksud Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran umum terkait peran berbagai jenis *biochar* dalam meningkatkan efektivitas fitoremediasi tanaman jarak pagar terhadap pencemaran logam berat Cd di tanah.

1.2.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini meliputi:

1. Menganalisis pengaruh karakteristik lingkungan tanah dan respon morfologi tanaman jarak pagar dengan penambahan variasi *biochar* sekam padi, tempurung kelapa dan *biopellet* daun-ranting terhadap penyisihan Cd.
2. Menganalisis akumulasi Cd pada tanah fitoremediasi dan variasi jenis *biochar* tanpa tanaman serta bioakumulasi pada tanaman jarak pagar dengan menghitung nilai *Translocation Factor* (TF) dan *Bioaccumulation Factor* (BAF).
3. Menganalisis kinerja komparatif terhadap semua variasi perlakuan.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mendorong penerapan metode remediasi tanah tercemar yang ramah lingkungan melalui kombinasi *biochar* dan tanaman hiperakumulator.

2. Menurunkan risiko ekologis akibat kontaminasi Cd pada tanah secara lebih efektif.
3. Menyediakan alternatif teknologi remediasi yang lebih ekonomis dan sederhana dibandingkan metode konvensional.
4. Menjadi dasar pertimbangan bagi pemangku kepentingan dalam pengelolaan lingkungan yang lebih aman dan berkelanjutan.

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian dimulai dari bulan Oktober 2025 hingga akhir Februari 2026 di Laboratorium Air Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas.
2. Menggunakan tanaman jenis jarak pagar.
3. Percobaan dilakukan secara artifisial menggunakan tanah yang diberikan kontaminan Cd berupa CdSO_4 dengan konsentrasi 1 mg/kg.
4. *Biochar* yang digunakan terdiri dari *biochar* sekam padi, tempurung kelapa, dan *biopellet* daun-ranting diperoleh dari tungku biomassa laboratorium kualitas udara.
5. Percobaan terdiri dari *duplo* variasi jarak pagar dengan penambahan Cd, dan *duplo* lain yang berisi variasi *biochar* tanpa adanya tanaman jarak pagar.
6. Konsentrasi Cd pada tanah dan tanaman diukur dengan *Flame Atomic Absorption Spectrophotometer* Shimadzu AA-7000 dengan *autosampler*. dengan ketelitian pembacaan hingga $\pm 0,001$ mg/L dan batas deteksi (LOD) sekitar 0,01 mg/L dengan koefisien determinasi (R^2) $\geq 0,995$.
7. Parameter lingkungan yang diukur meliputi pH, temperatur, dan kelembapan tanah.
8. Pengamatan terhadap morfologi tanaman meliputi tinggi batang.
9. Data dianalisis menggunakan *One-Way* ANOVA untuk membandingkan pengaruh antar variasi perlakuan, kemudian dilanjutkan dengan uji DMRT.

1.5 Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Sistematika Penulisan Tugas Akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi penjelasan tentang pencemaran tanah dan logam Cd, termasuk sumber, dampak, serta cara penanganannya. Selain itu, dijelaskan fitoremediasi dengan tanaman jarak pagar dan dukungan *biochar* sebagai upaya memperbaiki tanah tercemar.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang tahapan penelitian yang dilakukan, studi literatur, persiapan alat dan bahan percobaan, metode analisis laboratorium, serta lokasi dan waktu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil penelitian penyisihan Cd oleh jarak pagar dengan variasi *biochar*, disertai analisis statistik dan pembahasan mekanisme peningkatan efisiensi fitoremediasi serta respon tanaman, yang dirangkum sebagai dasar penyusunan kesimpulan akhir.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan.