BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kemajuan pembangunan infrastruktur di berbagai belahan dunia, termasuk Indonesia, memerlukan ketersediaan lahan yang layak, sesuai, serta berkualitas tinggi. Kenaikan jumlah penduduk yang disertai perkembangan ekonomi menyebabkan permintaan pembangunan jalan, jembatan, gedung, dan infrastruktur publik lainnya semakin tinggi. Namun demikian, kondisi tanah di sejumlah wilayah belum tentu dapat mendukung pelaksanaan konstruksi. Salah satu masalah utama yang sering dihadapi adalah keberadaan tanah berpasir yang memiliki sifat mekanis lemah, daya ikat antar butiran rendah, dan mudah tererosi. Tanah berpasir cenderung mengalami penurunan yang signifikan, terutama ketika kondisi tanah berada dalam keadaan jenuh air atau ketika tanah mengalami perendaman yang berkepanjangan karena perubahan muka air tanah atau infiltrasi air permukaan (Putra dkk., 2020). Kondisi tersebut menyebabkan kemampuan tanah dalam menahan beban konstruksi menjadi tidak optimal, sehingga risiko terjadinya kerusakan pondasi maupun kegagalan struktur semakin tinggi. Oleh karenanya, upaya perbaikan tanah atau *soil improvement* sangat dibutuhkan sebagai solusi strategis untuk menjamin kualitas, stabilitas, serta keberlanjutan pembangunan.

Dalam kurun waktu beberapa dekade terakhir, teknik perbaikan tanah konvensional, termasuk penggunaan semen, zat kimia sintetis, serta *grouting* polimer, memang mampu memberikan hasil yang cukup baik, namun berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan. Produksi semen dan bahan kimia sintetis

diketahui menghasilkan emisi karbon tinggi serta limbah berbahaya bagi ekosistem. Hal ini mendorong munculnya alternatif teknologi perbaikan tanah yang lebih ramah lingkungan, salah satunya adalah *Enzyme-Induced Calcite Precipitation* (EICP).

Metode EICP merupakan teknologi biogeoteknik yang memanfaatkan enzim urease sebagai biokatalis. Enzim tersebut berfungsi untuk memecah urea menjadi ion karbonat dan amonium, yang selanjutnya berinteraksi dengan ion kalsium hingga terbentuk endapan kalsit ($CaCO_3$). Endapan kalsit tersebut menutup ruang pori tanah dan meningkatkan ikatan antar partikel pasir, sehingga menghasilkan nilai kuat geser yang lebih tinggi, kekakuan yang lebih baik, serta menurunkan permeabilitas. Teknologi EICP memanfaatkan enzim untuk mempercepat pembentukan kalsium karbonat ($CaCO_3$) dari larutan jenuh (Albenayyan dkk., 2023). Keunggulan metode EICP dibandingkan metode kimia konvensional adalah sifatnya yang ramah lingkungan, lebih hemat energi, serta berpotensi memanfaatkan sumber enzim alami dari tanaman maupun limbah pertanian (Putra dkk., 2020; Yasuhara dkk., 2012). Metode ini dilakukan melalui proses *grouting*, proses ini dilakukan dengan cara menginjeksikan bahan yang berfungsi menghasilkan presipitasi $CaCO_3$ ke dalam tanah sehingga dapat meningkatkan kekuatan tanah berpasir (Putra dkk., 2020).

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan efektivitas metode ini dengan berbagai sumber urease nabati. Liu dkk (2023) menemukan bahwa ekstrak kasar *jack bean (jack bean crude urease,* JCU) memiliki aktivitas enzim 3,4 kali lebih tinggi dibandingkan ekstrak kedelai (*Soybean Crude Urease*, SCU), sehingga

menghasilkan kandungan $CaCO_3$ dan kekuatan permukaan tanah yang lebih besar. Meisnnehr dkk (2021) juga melaporkan bahwa penambahan kedelai dalam larutan urea dan kalsium klorida dapat meningkatkan kuat tekan tanah pasir hingga 168 kPa dengan pembentukan kalsit sekitar 3% dari massa tanah.

Penelitian lain oleh Shu dkk (2022) menunjukkan bahwa variasi metode perlakuan pada EICP mempengaruhi efisiensi enzim, distribusi kalsit, serta sifat mekanis tanah. Selain itu, penelitian Baiq (2020) menunjukkan bahwa sumber enzim alternatif dari kubis dan ampas tahu juga mampu menghasilkan presipitasi kalsit lebih dari 60% dari nilai teoritis maksimum, sehingga menegaskan potensi pemanfaatan sumber enzim alami yang murah dan mudah diperoleh.

Meskipun hasil-hasil tersebut menunjukkan keberhasilan yang signifikan, sebagian besar penelitian masih bergantung pada penggunaan enzim *urease* dari *jack bean* (*Canavalia Ensiformis*). *Jack bean* memang dikenal sebagai sumber urease dengan aktivitas tinggi, tetapi memiliki beberapa kelemahan, di antaranya harga yang relatif mahal, ketersediaan terbatas di pasaran, serta kurang ekonomis untuk skala besar (Arrazzaq dkk., 2021).

Kondisi tersebut membuka peluang penelitian lanjutan dalam upaya mengidentifikasi sumber enzim *urease* alternatif yang tidak hanya murah dan mudah didapatkan, tetapi juga tetap mampu memberikan kinerja yang optimal. Salah satu tanaman yang berpotensi menjadi alternatif adalah kacang koro pedang (*Canavalia gladiata*). Tanaman ini termasuk dalam genus *Canavalia* yang masih satu famili dengan *jack bean*, dan diketahui memiliki kandungan *urease* dalam kadar tinggi. Tanaman koro pedang cukup mudah ditemukan di Indonesia. Biji

tanaman ini berukuran besar dan selama ini lebih banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan pakan ternak, sehingga ketersediaannya cukup banyak di pasaran. Namun, riset terkait penggunaan *Canavalia gladiata* sebagai sumber *urease* untuk metode EICP masih sangat terbatas.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada pemanfaatan ekstrak kacang koro (*Canavalia gladiata*) sebagai bahan tambahan pada metode *Enzyme-Induced Calcite Precipitation* (EICP) untuk meningkatkan kekuatan tanah berpasir. Diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan alternatif katalis *urease* yang lebih ekonomis, mudah diakses, dan ramah lingkungan, sehingga mendukung pengembangan teknologi perbaikan tanah berkelanjutan yang dapat diaplikasikan pada berbagai proyek infrastruktur di masa mendatang.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah disampaikan sebelumnya, rumusan masalah yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan lahan konstruksi yang layak dan berkualitas tinggi semakin meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan pembangunan infrastruktur, namun masih banyak wilayah dengan kondisi tanah berpasir yang memiliki sifat mekanis lemah sehingga tidak mampu mendukung beban konstruksi secara optimal.
2. Tanah berpasir dengan partikel berukuran besar memiliki kapasitas daya dukung dan kohesi antar partikel yang sangat rendah, sehingga rentan

mengalami penurunan signifikan pada kondisi jenuh air dan membahayakan kestabilan bangunan.

3. Kekuatan geser tanah pasir yang rendah akibat kurangnya ikatan antar butir menjadi kendala utama dalam aplikasi konstruksi dan memerlukan metode perbaikan tanah yang efektif.
4. Ketersediaan kacang koro yang melimpah di Indonesia sebagai sumber *urease* alternatif yang ramah lingkungan untuk teknologi EICP belum dimanfaatkan secara maksimal.

1.3 Pembatasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada karakteristik tanah pasir, mencakup karakteristik fisik dan mekanik tanah pada kondisi awal dan akhir dengan menggunakan metode EICP.
2. Penelitian ini hanya difokuskan pada pemanfaatan ekstrak kacang koro (*Canavalia Gladiata*) sebagai sumber enzim *urease* alternatif dalam metode *Enzyme-Induced Calcite Precipitation* (EICP).
3. Pengaturan komposisi optimal dan perbandingan konsentrasi antara sumber *urease*, larutan urea, dan $CaCl_2$ yang digunakan sebagai parameter utama dalam metode EICP.
4. Kajian penelitian difokuskan pada analisis hasil pengujian laboratorium, pada perbaikan sifat mekanis tanah berpasir, khususnya evaluasi kuat geser tanah pasir melalui pengujian geser langsung dan daya ikat antarpartikel akibat presipitasi kalsit ($CaCO_3$) sebagai parameter utama kinerjaperbaikan tanah.

1.4 Perumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh sumber enzim *urease* dari ekstrak kacang koro terhadap efektivitas proses *Enzyme-Induced Calcite Precipitation* (EICP) dalam meningkatkan kuat geser tanah pasir?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan ekstrak kacang koro sebagai sumber enzim *urease* pada metode Enzyme-Induced Calcite Precipitation (EICP) terhadap peningkatan kuat geser tanah pasir.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bersifat Teoretis
    a. Bagi penulis, penelitian ini memberikan dasar pengetahuan ilmiah mengenai pemanfaatan kacang koro (*Canavalia gladiata*) sebagai sumber enzim urease dalam metode *Enzyme-Induced Calcite Precipitation* (EICP) sekaligus menambah pemahaman tentang mekanisme pembentukan presipitasi kalsit ($CaCO_3$) dan kaitannya dengan peningkatan sifat mekanis tanah pasir.
    b. Bagi pembaca, menjadi tambahan referensi teoritis dalam bidang teknik sipil, khususnya geoteknik berbasis bioteknologi, sekaligus memberikan gambaran mengenai peluang pengembangan penelitian selanjutnya terkait sumber enzim alternatif yang ramah lingkungan.
2. Bersifat praktis dan ekonomis

Penelitian ini secara praktis memberikan solusi alternatif perbaikan tanah berpasir melalui pemanfaatan enzim urease dari kacang koro yang mudah diperoleh dan aplikatif di lapangan, serta secara ekonomis menawarkan sumber enzim yang lebih murah dan melimpah dibandingkan *jack bean* sehingga dapat menekan biaya perbaikan tanah dan mendukung pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan serta ramah lingkungan.