

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan material alami yang berfungsi sebagai media pendukung utama dalam konstruksi teknik sipil, khususnya pada pembangunan infrastruktur jalan, dimana tanah berperan sebagai tanah dasar yang menerima beban timbunan dan beban lalu lintas (Das & Sivakugan, 2018). Dalam rekayasa geoteknik, karakteristik tanah seperti kuat geser, daya dukung, kompresibilitas, dan permeabilitas sangat mempengaruhi stabilitas dan kinerja konstruksi di atasnya (Coduto et al., 2011). Oleh karena itu, kondisi tanah dasar menjadi salah satu faktor penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan konstruksi timbunan jalan.

Permasalahan geoteknik sering dijumpai apabila tanah dasar yang digunakan merupakan tanah lunak. Tanah lunak umumnya memiliki kuat geser rendah, daya dukung kecil, kadar air tinggi, serta kompresibilitas yang besar sehingga sangat sensitif terhadap pembebanan tambahan (Terzaghi et al., 1996). Berdasarkan sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS), tanah lunak umumnya termasuk tanah berbutir halus seperti lempung dan lanau plastis (ASTM International, 2020). Kondisi tersebut menyebabkan tanah lunak berpotensi mengalami kegagalan stabilitas dan penurunan berlebih apabila digunakan sebagai tanah dasar timbunan jalan tanpa perbaikan tanah (Mesri & Olson, 1971).

Pada konstruksi timbunan jalan, tanah lunak sering menimbulkan permasalahan berupa rendahnya nilai faktor keamanan lereng serta besarnya penurunan konsolidasi akibat pembebanan timbunan dan lalu lintas. Penurunan yang terjadi secara terus menerus dapat menyebabkan kerusakan perkerasan jalan, retak, gelombang, hingga penurunan kinerja struktur jalan secara keseluruhan (H. C. Hardiyatmo, 2003). Selain itu, proses konsolidasi tanah lunak umumnya berlangsung dalam waktu yang lama karena permeabilitas tanah yang rendah sehingga deformasi tanah masih dapat terjadi setelah konstruksi selesai dilaksanakan (Das & Sivakugan, 2018).

Berbagai metode perbaikan tanah telah dikembangkan untuk meningkatkan stabilitas dan mengurangi penurunan tanah lunak, seperti penggunaan geotekstil, stabilisasi semen dan kapur, *prefabricated vertical drain* (PVD), maupun metode *soil replacement* (Mitchell & Santamarina, 2005). Salah satu metode yang umum digunakan adalah *soil replacement*, yaitu mengganti lapisan tanah lunak dengan material yang memiliki sifat mekanik lebih baik (Joseph E. Bowles, 1997). Namun, metode tersebut sering memerlukan biaya konstruksi yang tinggi dan material pengganti dalam jumlah besar, terutama pada tanah lunak dengan ketebalan yang cukup besar (Holtz et al., 2011). Oleh karena itu, diperlukan alternatif material perbaikan tanah yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

Seiring berkembangnya konsep pembangunan berkelanjutan, penggunaan material alami sebagai bahan stabilisasi tanah mulai banyak dikembangkan. Salah satu material yang memiliki potensi besar adalah bambu. Bambu merupakan material terbarukan yang memiliki berat ringan, kuat tarik tinggi, mudah diperoleh, serta banyak tersedia di wilayah tropis seperti Indonesia (Janssen, 2000). Dalam bidang geoteknik, bambu telah dimanfaatkan sebagai cerucuk, matras bambu, maupun elemen perkuatan tanah yang mampu meningkatkan daya dukung dan stabilitas tanah lunak (Edward Widjaja et al., 2023).

Pada penelitian ini, bambu digunakan dalam bentuk *bamboo chips* yang dicampurkan ke dalam tanah lunak sebagai material *soil replacement*. Penambahan elemen serat alami ke dalam tanah diketahui mampu meningkatkan interlocking antar partikel tanah dan memperbaiki kuat geser tanah (Gray & Ohashi, 1983). Penelitian sebelumnya oleh Aulia Salsabila (2026) menunjukkan bahwa penambahan *bamboo chips* dapat meningkatkan sifat mekanik tanah lunak berdasarkan pengujian laboratorium. Namun, pengaruh parameter hasil pengujian tersebut terhadap perilaku stabilitas dan penurunan timbunan jalan menggunakan pendekatan numerik masih belum banyak diteliti.

Analisis numerik berbasis metode elemen hingga dinilai mampu merepresentasikan perilaku tanah dan tahapan konstruksi timbunan secara lebih realistis, termasuk dalam mengevaluasi nilai *safety factor*, deformasi, dan mekanisme keruntuhan tanah (Brinkgreve et al., 2016). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan *bamboo chips* terhadap

stabilitas dan penurunan timbunan jalan pada tanah lunak menggunakan metode elemen hingga dengan program bantu.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan evaluasi terhadap efektivitas penggunaan *bamboo chips* sebagai material stabilisasi ramah lingkungan dalam meningkatkan performa tanah lunak pada konstruksi timbunan jalan, khususnya terhadap nilai *safety factor* dan *settlement*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka diperoleh beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai faktor keamanan dan penurunan (*settlement*) pada timbunan jalan yang dibangun di atas tanah lunak tanpa perbaikan tanah dasar?
2. Bagaimana nilai faktor keamanan dan penurunan (*settlement*) timbunan jalan pada tanah lunak setelah dilakukan stabilisasi tanah dasar dengan penambahan *bamboo chips*?
3. Bagaimana perbandingan stabilitas dan penurunan timbunan jalan sebelum dan sesudah tanah lunak distabilisasi dengan *bamboo chips* berdasarkan hasil analisis metode elemen hingga?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis nilai faktor keamanan dan penurunan (*settlement*) pada timbunan jalan yang dibangun di atas tanah lunak tanpa perbaikan tanah dasar menggunakan metode elemen hingga.
2. Menganalisis nilai faktor keamanan dan penurunan (*settlement*) timbunan jalan pada tanah lunak setelah dilakukan stabilisasi tanah dasar dengan penambahan *bamboo chips* menggunakan metode elemen hingga.
3. Membandingkan stabilitas dan penurunan timbunan jalan sebelum dan sesudah tanah lunak distabilisasi dengan *bamboo chips* berdasarkan hasil analisis metode elemen hingga.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menambah pemahaman dalam bidang geoteknik, khususnya mengenai pengaruh perubahan sifat indeks dan sifat

mekanik tanah lunak akibat penambahan *bamboo chips* terhadap stabilitas dan penurunan timbunan jalan. Selain itu, penelitian ini memberikan gambaran penerapan metode elemen hingga dalam memodelkan perilaku tanah hasil perbaikan melalui perubahan parameter tanah, sehingga dapat menjadi referensi akademis dalam kajian perbaikan tanah lunak berbasis material alami. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan awal bagi perencana dalam mengevaluasi alternatif perbaikan tanah dasar timbunan jalan yang lebih ramah lingkungan, serta meningkatkan kemampuan analisis numerik menggunakan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga.

1.5 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup penelitian ini lebih jelas, terarah, dan tidak menyimpang dari rumusan masalah serta tujuan penelitian, maka ditetapkan batasan-batasan penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian ini membahas timbunan badan jalan yang dibangun di atas tanah lunak, dengan fokus pada analisis stabilitas dan penurunan (*settlement*) timbunan jalan.
2. Data tanah lunak yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil pengujian tanah lunak di sekitar UPN Veteran Jawa Timur, yang dianggap mewakili karakteristik tanah lunak untuk keperluan analisis numerik.
3. Penelitian ini tidak memodelkan *bamboo chips* sebagai elemen struktur diskret, melainkan merepresentasikan pengaruh penambahan *bamboo chips* sebagai perubahan sifat indeks dan sifat mekanik tanah lunak.
4. Data sifat indeks dan sifat mekanik tanah lunak setelah penambahan *bamboo chips* diperoleh dari data penelitian sekunder berdasarkan penelitian berjudul “Pengaruh Variasi Penambahan *bamboo chips* terhadap Sifat Indeks dan Mekanik Tanah pada Tanah Lunak”.
5. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*) dengan asumsi kondisi dua dimensi (*plane strain*).

6. Beban lalu lintas yang bekerja pada timbunan jalan ditentukan berdasarkan Panduan Kimpraswil Nomor Pt T-10-2002-B tentang Desain dan Konstruksi Timbunan Jalan pada Tanah Lunak.
7. Penelitian ini tidak membahas aspek metode pelaksanaan konstruksi, tahapan waktu konsolidasi jangka panjang, maupun aspek biaya, dan difokuskan pada respons stabilitas dan deformasi timbunan akibat perubahan parameter tanah.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel tanah lunak pada penelitian ini dilakukan di daerah Bozem Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, yang digunakan sebagai sumber data tanah dasar untuk keperluan analisis stabilitas dan penurunan timbunan jalan. Lokasi pengambilan sampel tanah tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Titik pengambil sampel tanah
Sumber : Google Maps, 2026