

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan aspek penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan mobilitas masyarakat di Indonesia, namun pelaksanaannya sering menghadapi kendala pada kondisi tanah dasar, khususnya tanah lunak. Tanah lunak memiliki karakteristik mekanik yang kurang baik, seperti daya dukung rendah, kuat geser kecil, dan kompresibilitas tinggi, sehingga mudah mengalami deformasi besar ketika menerima beban timbunan jalan. Kondisi ini menyebabkan konstruksi timbunan jalan rentan mengalami penurunan berlebih serta penurunan diferensial yang dapat mengganggu kinerja dan umur layanan perkerasan jalan.

Rendahnya kuat geser tanah lunak mengakibatkan stabilitas lereng timbunan menjadi tidak optimal, terutama pada timbunan dengan ketinggian tertentu. Ketidakmampuan tanah dasar dalam menahan beban secara efektif dapat menurunkan faktor keamanan lereng dan meningkatkan resiko kegagalan stabilitas timbunan jalan. Permasalahan penurunan dan ketidakstabilan lereng ini merupakan isu utama yang sering dijumpai pada pembangunan jalan di atas tanah lunak di Indonesia dan memerlukan perhatian khusus dalam tahap perencanaan geoteknik (Hamonangan et al., 2023).

Kondisi tanah lunak yang memiliki daya dukung rendah serta kuat geser kecil menunjukkan kebutuhan akan metode perbaikan tanah yang mampu meningkatkan sifat mekanik tanah lunak sehingga layak untuk dijadikan tanah dasar timbunan dalam proyek jalan. Salah satu pendekatan perbaikan tanah yang banyak diteliti adalah stabilisasi kimia dengan *Fly Ash*, material hasil pembakaran batu bara yang bersifat *pozzolan* dan dapat berkontribusi terhadap peningkatan kuat tekan maupun kuat geser tanah. Penelitian di Gedebage, Bandung menunjukkan bahwa stabilisasi tanah lunak dengan *Fly Ash* meningkatkan nilai tegangan geser maksimum dibanding tanah asli melalui uji *direct shear* (Morrison & Desiani, 2024). Selain itu, uji laboratorium menunjukkan bahwa penambahan *Fly Ash* berpengaruh terhadap peningkatan nilai CBR tanah lunak, yang mencerminkan peningkatan kapasitas dukung tanah setelah stabilisasi (Damayanti et al., 2025).

Selain stabilisasi kimia dengan *Fly Ash*, bambu secara alami juga telah diteliti sebagai material stabilisasi tanah yang ramah lingkungan dan ekonomis. Bambu merupakan material yang tersedia secara luas, memiliki kekuatan mekanik relatif baik, dan telah digunakan sebagai bahan penguat tanah dalam berbagai studi geoteknik. Penelitian laboratorium menunjukkan bahwa penambahan serat bambu ke dalam tanah dapat meningkatkan parameter seperti nilai *California Bearing Ratio* (CBR) dan kekuatan geser tanah, sehingga memperbaiki karakteristik mekanik tanah yang lemah (Sahil Patil et al., 2023).

Dalam kajian lain, penggunaan serat bambu sebagai bahan stabilisasi tanah juga menunjukkan peningkatan daya dukung tanah dasar. Penelitian oleh (Irwansyah & Wahyudi, 2024), mengenai stabilisasi tanah di Desa Baharen, Kecamatan Sidamanik, menunjukkan bahwa penambahan serat bambu mampu meningkatkan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) tanah sehingga tanah menjadi lebih stabil dan layak digunakan sebagai lapisan pendukung konstruksi jalan. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa serat bambu dapat berfungsi sebagai material perkuatan alami yang efektif pada tanah dengan daya dukung rendah.

Penggunaan *Finite Element Method* (FEM) berbasis program PLAXIS telah banyak diterapkan dalam analisis stabilitas dan deformasi timbunan di atas tanah lunak karena kemampuannya untuk memodelkan distribusi tegangan-regangan dan respon struktur tanah secara numerik. Studi oleh (Lestari & Kurnia, 2022) menunjukkan bahwa pemodelan timbunan dengan PLAXIS memberikan nilai faktor keamanan dan *displacement* yang dapat dianalisis secara detail untuk berbagai skema desain timbunan. Penelitian lain juga menerapkan FEM dalam mempelajari penurunan timbunan dan stabilitas timbunan jalan, seperti yang dilakukan pada ruas Tolango-Bulontio dengan PLAXIS 2D, yang mampu menangkap perubahan *settlement* tanah yang terjadi akibat beban konstruksi (Latief et al., 2023).

Seiring dengan perkembangan teknik analisis numerik, Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*) menjadi alat yang umum digunakan untuk memodelkan perilaku stabilitas timbunan dan deformasi tanah setelah perbaikan material. Model *Mohr-Coulomb* di PLAXIS menggunakan parameter yang dapat diperoleh dari uji laboratorium seperti uji direct shear dan CBR untuk merepresentasikan respons elastis-plastis tanah yang telah distabilisasi.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis stabilitas timbunan jalan pada tanah lunak yang diperkuat dengan *Bamboo Chips* dan distabilisasi menggunakan variasi persentase *Fly Ash*. Analisis dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah penambahan material perbaikan tanah terhadap faktor keamanan dan penurunan timbunan menggunakan metode elemen hingga pada perangkat lunak PLAXIS. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi ilmiah dan aplikatif bagi pengembangan teknik perbaikan tanah lunak yang lebih efektif untuk konstruksi timbunan jalan di Indonesia.

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*) timbunan jalan yang dibangun di atas tanah lunak tanpa dilakukan perbaikan tanah dasar?
2. Bagaimana nilai faktor keamanan dan penurunan (*settlement*) timbunan jalan pada tanah lunak setelah dilakukan perbaikan tanah dasar menggunakan *Bamboo Chips* dan *Fly Ash*?
3. Bagaimana perbandingan stabilitas dan penurunan timbunan jalan antara kondisi sebelum dan sesudah tanah lunak diperbaiki dengan *Bamboo Chips* dan *Fly Ash* berdasarkan hasil analisis *Finite Element Method*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis faktor keamanan dan penurunan (*settlement*) timbunan jalan yang dibangun di atas tanah lunak tanpa perbaikan tanah dasar berdasarkan hasil analisis *Finite Element Method*.
2. Menganalisis faktor keamanan dan penurunan (*settlement*) timbunan jalan pada tanah lunak setelah dilakukan stabilisasi tanah dasar menggunakan *Bamboo Chips* dan *Fly Ash* berdasarkan hasil analisis *Finite Element Method*.
3. Membandingkan tingkat stabilitas dan penurunan timbunan jalan antara kondisi sebelum dan sesudah stabilisasi tanah lunak dengan *Bamboo Chips* berdasarkan hasil analisis *Finite Element Method*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat akademis berupa tambahan referensi dan pemahaman dalam bidang geoteknik, khususnya mengenai analisis stabilitas dan penurunan timbunan jalan pada tanah lunak yang diperbaiki menggunakan kombinasi *Bamboo Chips* dan *Fly Ash*. Hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan pembanding bagi penelitian selanjutnya yang membahas perbaikan tanah lunak dengan material alternatif, serta sebagai referensi dalam penerapan analisis numerik menggunakan Metode Elemen Hingga dengan model *Mohr–Coulomb*.

Selain manfaat akademis, penelitian ini juga diharapkan memberikan manfaat praktis bagi perencana dan praktisi teknik sipil dengan menyajikan gambaran teknis mengenai pengaruh penggunaan kombinasi *Bamboo Chips* dan *Fly Ash* terhadap nilai faktor keamanan dan penurunan timbunan jalan pada tanah lunak. Informasi yang diperoleh dari hasil analisis ini dapat dijadikan pertimbangan awal dalam pemilihan metode perbaikan tanah yang relatif ekonomis dan ramah lingkungan untuk konstruksi timbunan jalan di atas tanah lunak.

Manfaat lain dari penelitian ini adalah kontribusi metodologis dalam penerapan analisis Metode Elemen Hingga menggunakan perangkat lunak PLAXIS untuk memodelkan perilaku timbunan jalan pada tanah lunak yang distabilisasi. Penelitian ini memberikan gambaran mengenai respons mekanik tanah sebelum dan sesudah perbaikan yang direpresentasikan melalui parameter faktor keamanan dan penurunan, sehingga dapat membantu meningkatkan pemahaman dalam pemodelan numerik perbaikan tanah lunak.

1.5 Batasan Masalah

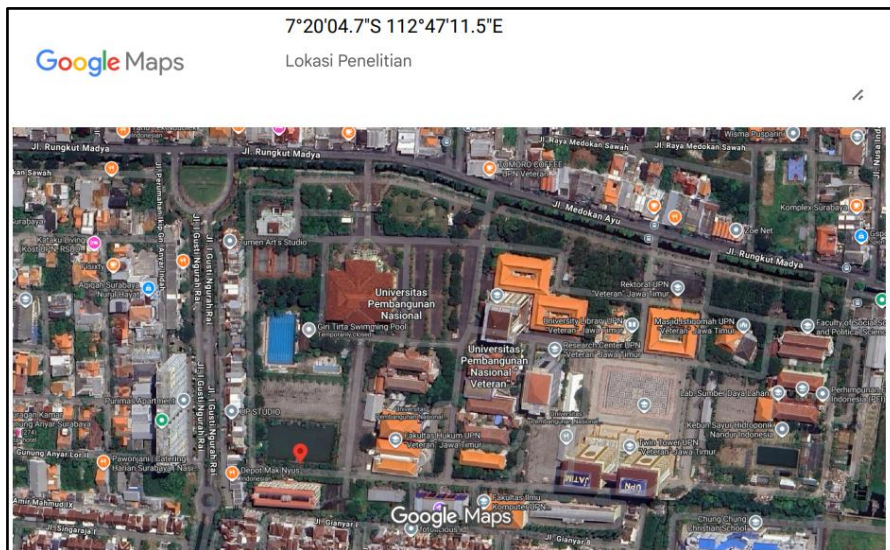
Agar ruang lingkup penelitian ini lebih jelas, terarah, dan tidak menyimpang dari rumusan masalah serta tujuan penelitian, maka ditetapkan batasan-batasan penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian ini terbatas pada kajian timbunan badan jalan yang dibangun di atas tanah lunak, dengan fokus analisis pada stabilitas dan penurunan (*settlement*) timbunan jalan.
2. Data tanah lunak yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari hasil pengujian tanah lunak di wilayah sekitar UPN Veteran Jawa Timur, yang dianggap mewakili karakteristik tanah lunak untuk keperluan analisis numerik.

3. *Bamboo Chips* dalam penelitian ini tidak dimodelkan sebagai elemen struktur diskret, melainkan direpresentasikan melalui perubahan sifat indeks dan sifat mekanik tanah lunak akibat penambahan *Bamboo Chips*.
4. *Fly Ash* yang digunakan sebagai material perbaikan tanah dalam penelitian ini dibatasi hanya pada *Fly Ash* tipe C yang berasal dari pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dan memiliki kandungan *pozzolan*, serta direpresentasikan sebagai material stabilisasi tanah melalui perubahan parameter sifat indeks dan sifat mekanik tanah lunak.
5. Data sifat indeks dan sifat mekanik tanah lunak setelah penambahan *Bamboo Chips* dan *Fly Ash* diperoleh dari data penelitian sekunder, yang mengacu pada penelitian berjudul “Optimalisasi sifat fisis dan mekanis tanah lunak dengan penambahan *Bamboo Chips* dan *Fly Ash*”.
6. Analisis numerik dilakukan menggunakan perangkat lunak PLAXIS berbasis Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method/FEM*) dengan asumsi kondisi dua dimensi (*plane strain*).
7. 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.
8. Penelitian ini tidak membahas metode pelaksanaan konstruksi, tahapan waktu konsolidasi jangka panjang, maupun aspek biaya, dan difokuskan pada analisis respons stabilitas dan deformasi timbunan akibat perubahan parameter tanah.

1.6 Lokasi Penelitian

Sampel tanah lunak yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari daerah Bozem Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai data tanah dasar untuk analisis stabilitas dan penurunan timbunan jalan. Ilustrasi lokasi pengambilan sampel tanah lunak disajikan pada Gambar 1.1.



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