

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pertumbuhan infrastruktur di Indonesia terus berkembang karena adanya kebutuhan pembangunan di berbagai lokasi, termasuk daerah-daerah yang memiliki kondisi tanah yang beragam, seperti tepi sungai, lereng gunung, serta dataran aluvial. Masalah utama di daerah-daerah itu adalah tanah yang tidak stabil, yang bisa memicu longsor, penurunan tanah, hingga rusaknya bangunan pelindung. Untuk menjaga agar lereng atau bendungan sungai tetap stabil dan terlindungi dari erosi air atau tekanan tanah sebelahnya, digunakan bangunan yang disebut Tembok Penahan Tanah (TPT) sebagai salah satu struktur yang berperan dalam mempertahankan kestabilan wilayah tersebut. (Nurul Ulil Albab et al., 2025; Putu Siradz et al., 2023; Widyastomo et al., 2020)

Dalam praktik perencanaan, analisis stabilitas TPT biasanya dilakukan dengan metode tradisional seperti *Limit Equilibrium Method* (LEM) yang didasarkan pada teori *Rankine* dan *Coulomb*. Metode ini sering digunakan karena caranya mudah dalam menghitung tekanan tanah aktif dan pasif secara teori. (Beyene, n.d.) Namun, metode itu kurang mampu menggambarkan kondisi lapangan yang rumit, seperti bentuk tanah yang tidak rata, kondisi tanah yang berbeda-beda, pengaruh permukaan air tanah, serta variasi beban dari luar. (Firincioglu et al., 2021)(Krahn, 2003). Oleh karena itu, dibutuhkan metode analisis yang lebih tepat untuk menjelaskan secara lengkap bagaimana tanah dan struktur berinteraksi satu sama lain. (Beyene, n.d.)

Salah satu cara terkini yang sering diterapkan dalam analisis geoteknik adalah Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method/FEM*). Pendekatan ini bisa meniru tingkah laku tanah yang tidak linier, perubahan bentuk, tekanan air di pori tanah, serta cara distribusi gaya yang bekerja di sekitar bangunan penahan (*User's Guide GEO5-User's Guide, n.d.*). Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan dalam bidang geoteknik dan berbasis metode numerik adalah Geo5. Perangkat lunak Geo5 dibuat oleh FINE Software dan menyediakan berbagai modul untuk menganalisis dinding penahan tanah, seperti dinding gravitasi, dinding

kantilever, dan dinding MSE, serta modul untuk menganalisis stabilitas lereng secara global.

Pertumbuhan infrastruktur di Indonesia mencakup berbagai proyek yang dibangun di lahan dengan kondisi geoteknik yang bervariasi, termasuk area tepi sungai, lereng, dan dataran aluvial. Salah satu masalah utama di lokasi-lokasi tersebut adalah ketidakstabilan tanah, yang bisa menyebabkan longsor, penurunan tanah, atau kerusakan pada bangunan. Untuk mengatasi masalah ini, biasanya digunakan struktur Tembok Penahan Tanah (TPT) yang berfungsi untuk menahan tekanan lateral tanah dan mempertahankan stabilitas lereng atau tebing sungai, seperti yang di jelaskan dalam pedoman analisis Tembok Penahan Tanah (TPT).

Dalam praktik perencanaan, banyak digunakan metode konvensional seperti *Limit Equilibrium Method* (LEM) dengan teori *Rankine* dan *Coulomb* karena kesederhanaannya dalam perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif secara teoritis. Namun, metode ini sering kali tidak cukup efektif untuk menangani kondisi tanah yang kompleks, geometri yang rumit, efek air tanah, atau variasi beban. Oleh karena itu, pendekatan analisis numerik seperti Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method/FEM*) menjadi sangat bermanfaat karena dapat mensimulasikan interaksi nyata antara tanah dan bangunan.

Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan dalam geoteknik adalah Geo5 dari *FINE Software*. Geo5 memiliki berbagai modul untuk analisis dinding penahan (seperti *gravity wall*, *cantilever wall*, *MSE wall*, dan lainnya) serta untuk memeriksa stabilitas global dan deformasi. Sebagai contoh, modul “*Gravity Wall*” di Geo5 bisa digunakan untuk merancang dinding penahan beton massa, sementara modul “*Cantilever Wall*” dapat digunakan untuk dinding penahan jenis kantilever (Fine spol. s r.o., 2025b).

Selain itu, terdapat panduan teknik Geo5 yang menguraikan langkah-langkah perancangan tembok penahan tanpa jangkar menggunakan perangkat lunak ini (Engineering manuals, n.d.). Dengan demikian, penggunaan Geo5 memungkinkan penggabungan parameter tanah aktual seperti kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ), *modulus elastisitas* (E), dan berat isi (γ) ke dalam simulasi numerik.

Penelitian ini mengambil lokasi studi di Desa Kanor, Kecamatan Kanor,

Kabupaten Bojonegoro, yang terletak di tepi Sungai Bengawan Solo, yang rentan terhadap erosi dan kerusakan pada tanggul (Wikipedia, 2025). Wilayah ini merupakan daerah aluvial hasil sedimentasi sungai yang dipengaruhi oleh dinamika endapan fluvial. Salah satu penelitian geologi lingkungan di area Cepu dan sekitarnya menunjukkan bahwa wilayah tersebut tersusun atas endapan aluvial (*point bar deposit*) yang merupakan bagian dari sistem sedimentasi Bengawan Solo (Moch. Yohanes et al., 1997).

Penelitian mengenai proses sedimentasi Holosen di hilir Sungai Bengawan Solo juga menunjukkan bahwa sedimen di daerah ini terdiri dari pasir halus hingga menengah, lanau, dan lempung, sering kali diselingi lapisan organik (Proses Pengendapan Sedimen Holosen di Hilir Sungai Bengawan Solo et al., 2024). Kondisi ini menunjukkan bahwa tanah di tepi sungai memiliki sifat material yang cenderung lemah (kohesi rendah dan mudah jenuh), terutama saat tinggi muka air meningkat.

Karena karakteristik tanah aluvial tersebut, TPT di wilayah ini sangat tergantung pada perencanaan geoteknik yang akurat. Fluktuasi muka air sungai, tekanan pori, dan erosi di kaki tanggul dapat menurunkan stabilitas tanah dasar. Oleh karena itu, diperlukan analisis numerik menggunakan Geo5 untuk memperkirakan distribusi tekanan dan deformasi pada struktur Tembok Penahan Tanah (TPT).

Dengan menerapkan pemodelan numerik di Geo5, penelitian ini bertujuan untuk menghitung faktor keamanan terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah dasar, serta menganalisis sensitivitas parameter tanah. Diharapkan hasil analisis ini dapat menjadi dasar dalam rekomendasi perbaikan atau penguatan Tembok Penahan Tanah (TPT) di daerah rawan longsor seperti di tepi Sungai Bengawan Solo. Selain itu, penelitian ini juga dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan analisis geoteknik berbasis numerik di Indonesia.

1.2 Perumusan masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang, masalah yang akan diteliti dalam riset

ini dirumuskan menjadi beberapa pertanyaan berikut:

1. Bagaimana karakteristik tanah di lokasi penelitian memengaruhi desain Tembok Penahan Tanah (TPT)?
2. Bagaimana hasil simulasi Geo5 terhadap perilaku tanah dan Tembok Penahan Tanah (TPT)?
3. Berapa nilai faktor keamanan yang diperoleh, dan apakah memenuhi standar ($FK \geq 1,5$)?
4. Bagaimana distribusi tegangan dan deformasi pada Tembok Penahan Tanah (TPT) akibat variasi muka air sungai?

1.3 Batasan masalah

1. Penelitian ini mengarahkan perhatian pada kajian pemodelan Tembok Penahan Tanah (TPT) di tepi Sungai Bengawan Solo yang terletak di Desa Kanor.
2. Penelitian menggunakan Geo5.
3. Data tanah diperoleh dari uji laboratorium (*uji propertis, Atterberg dan Direct Shearl*).
4. Tidak mempertimbangkan beban dinamik (gempa).

1.4 Keaslian TA

Penelitian ini memiliki tingkat keunikan yang tinggi karena belum ada yang secara rinci mengeksplorasi pemodelan Tembok Penahan Tanah (TPT) di Desa Kanor dengan menggunakan metode numerik yaitu Geo5 beberapa keunikan dari penelitian ini:

1. Belum ada penelitian khusus pada Tembok Penahan Tanah (TPT) tanggul Sungai Bengawan Solo (lokal: Desa Kanor, Bojonegoro) yang memakai penelitian numerik Geo5.

2. Sebagian besar penelitian fokus pada lereng alami, perkuatan bambu/*geosintetik*, atau Tembok Penahan Tanah (TPT) batu kali, bukan Tembok Penahan Tanah (TPT) beton.
3. Belum ada yang menekankan pengaruh variasi muka air sungai (normal, banjir, surut mendadak) secara detail pada Tembok Penahan Tanah (TPT).
4. Belum ada validasi berbasis data geoteknik lokal Bojonegoro dengan Geo5.

1.5 Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian:

1. Menganalisis pengaruh karakteristik tanah (seperti jenis tanah, nilai kohesi, dan sudut geser dalam) terhadap pemilihan tipe dan dimensi struktur Tembok Penahan Tanah (TPT).
2. Mengevaluasi stabilitas struktur TPT menggunakan simulasi perangkat lunak Geo5 untuk memprediksi perilaku tanah dan dinding secara akurat.
3. Menentukan nilai Faktor Keamanan (FK) terhadap bahaya guling, geser, dan daya dukung tanah, serta membandingkannya dengan standar keamanan minimum ($FK \geq 1,5$).
4. Menganalisis dampak fluktuasi muka air sungai terhadap distribusi tegangan dan besaran deformasi pada struktur TPT.

Manfaat Penelitian:

1. Bagi Akademisi
Memberikan referensi mengenai akurasi penggunaan perangkat lunak Geo5 dalam pemodelan geoteknik.
2. Bagi Praktisi/Engineer
Sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan desain TPT yang aman dan efisien di area pinggiran sungai.
3. Bagi Masyarakat
Memastikan infrastruktur yang dibangun aman dari risiko kelongsoran atau kegagalan struktur yang dapat membahayakan lingkungan sekitar.