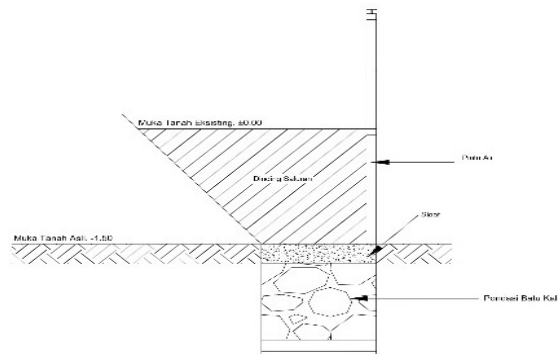


## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar belakang**

Embung merupakan bangunan air yang berfungsi sebagai tempat penampungan air dalam mendukung pengelolaan sumber daya air, sehingga stabilitas struktur dan fondasi menjadi faktor penting dalam menjamin keberlangsungan fungsi bangunan. Salah satu bangunan yang memiliki permasalahan terkait fondasi adalah Embung USU II Kwala Bekala yang berada di kawasan Universitas Sumatera Utara. Sebelum dikembangkan menjadi embung, lokasi tersebut merupakan bagian dari alur sungai yang kemudian direncanakan untuk dikembangkan menjadi tampungan air guna mendukung pengelolaan kawasan. Pembangunan awal Embung USU II Kwala Bekala dilaksanakan pada tahun 2020 dengan menggunakan fondasi dangkal berupa pasangan batu kali pada beberapa bagian struktur embung.



**Gambar 1. 1** Fondasi batu kali

Setelah pembangunan berlangsung, pada tahun 2023 dilakukan observasi terhadap kondisi struktur Embung USU II Kwala Bekala. Hasil observasi menunjukkan adanya penurunan dan deformasi pada bagian fondasi yang berdampak pada dinding embung dan struktur pintu air. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem fondasi yang digunakan pada pembangunan awal belum mampu memberikan kinerja yang optimal terhadap kondisi tanah di lokasi. Permasalahan tersebut menjadi dasar dilakukannya evaluasi dan perbaikan terhadap

sistem fondasi agar struktur embung dapat kembali berfungsi secara aman dan stabil.

Fondasi merupakan elemen struktur yang berfungsi menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah pendukung secara aman tanpa menimbulkan keruntuhan maupun penurunan yang berlebihan. Keberhasilan suatu konstruksi sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara jenis fondasi yang digunakan dengan kondisi tanah di lokasi pembangunan. Pada tanah yang memiliki daya dukung rendah dan kompresibilitas tinggi, pemilihan sistem fondasi yang kurang tepat dapat menyebabkan penurunan berlebih yang berdampak pada menurunnya kinerja struktur.

Seiring berjalannya waktu, penurunan yang terjadi terus berkembang dan menyebabkan deformasi tanah yang semakin besar. Kondisi ini berdampak pada menurunnya kemampuan pondasi dalam menahan beban struktur secara efektif, yang ditunjukkan dengan munculnya retakan pada dinding embung dan pintu air serta terganggunya stabilitas konstruksi. Fenomena tersebut mengindikasikan bahwa sistem fondasi dangkal yang digunakan belum mampu memberikan kinerja yang optimal terhadap kondisi tanah di lokasi pembangunan.

Sebagai upaya perbaikan, digunakan fondasi dalam tipe *bored pile* untuk menggantikan fungsi fondasi sebelumnya. Fondasi *bored pile* dipilih karena memiliki kemampuan menyalurkan beban ke lapisan tanah yang lebih dalam dan lebih stabil, sehingga diharapkan mampu meningkatkan daya dukung fondasi serta mengurangi potensi penurunan yang dapat membahayakan struktur embung. Keberhasilan penerapan fondasi *bored pile* perlu dievaluasi melalui analisis daya dukung dan perilaku deformasi tanah agar efektivitas perbaikan fondasi dapat diketahui secara kuantitatif.

Analisis daya dukung fondasi *bored pile* dapat dilakukan menggunakan metode empiris berdasarkan data Cone Penetration Test (CPT) maupun melalui pendekatan numerik menggunakan metode elemen hingga. Metode elemen hingga mampu memodelkan interaksi antara tanah dan pondasi secara lebih rinci sehingga perilaku deformasi, distribusi tegangan, dan penurunan yang terjadi dapat dianalisis dengan lebih komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk

menganalisis daya dukung fondasi *bored pile* berdasarkan data CPT serta mengevaluasi perilaku penurunan pondasi menggunakan metode elemen hingga pada kasus perbaikan fondasi Embung USU II Kwala Bekala.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa tanah lempung lunak (*soft clay*) memiliki kapasitas dukung yang relatif rendah dan kompresibilitas yang tinggi, sehingga berpotensi menyebabkan penurunan yang besar apabila menggunakan pondasi dangkal. (Isnaniati et al., 2024) menunjukkan bahwa tanah lempung lunak rentan mengalami *local shear failure* sehingga kapasitas dukung pondasi dangkal menjadi terbatas. Penelitian tersebut juga membuktikan bahwa penggunaan elemen pondasi yang menyalurkan beban ke lapisan tanah yang lebih kuat mampu meningkatkan kapasitas dukung secara signifikan. Penelitian oleh (I Gusti Ngurah Putu Dharmayasa, 2026) menunjukkan bahwa pada tanah lempung lunak, penggunaan pondasi dangkal tidak memenuhi persyaratan daya dukung sehingga kurang mampu menjamin keamanan struktur. Sebaliknya, pondasi *bored pile* memberikan kapasitas daya dukung yang lebih tinggi dan dinilai lebih sesuai untuk diterapkan pada tanah dengan daya dukung rendah. Oleh karena itu, penggunaan pondasi dalam direkomendasikan sebagai solusi yang lebih efektif untuk meningkatkan stabilitas struktur pada kondisi tanah lempung lunak. Penelitian numerik oleh (Heliyon, 2023) juga menunjukkan bahwa tanah lunak memiliki kapasitas dukung yang rendah dan menghasilkan respons penurunan yang lebih besar dibandingkan tanah yang lebih kaku. Oleh karena itu, penggunaan sistem pondasi dalam atau metode perbaikan tanah menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan kapasitas dukung sekaligus mengurangi penurunan struktur. Analisis menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*) mampu menggambarkan interaksi tanah struktur sehingga perilaku fondasi dapat dievaluasi secara lebih komprehensif.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah yang ada maka permasalahan yang akan dibahas dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Seberapa besar kapasitas daya dukung *bored pile* pada embung?
2. Seberapa besar penurunan *bored pile* menggunakan metode Vesic?

3. Seberapa besar perilaku penurunan *bored pile* menggunakan FEM?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan penelitian dan latar belakang yang ada dapat ditinjau tujuan penelitian yang ingin di capai dari penelitian antara lain:

1. Untuk mengetahui besarnya kapasitas daya dukung *bored pile* pada embung?
2. Untuk mengetahui besarnya penurunan *bored pile* menggunakan metode Vesic?
3. Untuk mengetahui perilaku penurunan *bored pile* menggunakan FEM?

### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan bisa dipergunakan dan memberi manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan pemahaman tentang kapasitas daya dukung dan penurunan pada fondasi *bored pile* baik secara teori maupun program metode elemen hingga.
2. Dapat dijadikan dasar acuan pada penelitian-penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan fondasi *bored pile*.

### 1.5 Ruang Lingkup

Menyadari terbatasnya kemampuan, waktu dan kesempatan dalam melakukan penelitian secara luas. Peneliti membatasi suatu masalah digunakan agar dalam penelitian tersebut tidak keluar dari pokok masalah sehingga tujuan penelitian dapat tercapai maka perlu dijelaskan beberapa batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di proyek pembangunan embung di Universitas Sumatera Utara II di kec Kwala Bekala.
2. Data tanah diambil menggunakan alat sondir.
3. Tanah yang ada di lokasi penelitian berjenis tanah pasir.
4. Struktur bawah yang digunakan adalah fondasi tiang bor.
5. Penelitian ini hanya menganalisis daya dukung *bored pile*, penurunan *bored pile*, dan hasil penurunan dengan Plaxis 2D.
6. Analisis ini dilakukan menggunakan satu titik CPT yang dipilih karena mewakili lokasi fondasi berdasarkan keseragaman kondisi tanah pada area penelitian.

7. Dimensi fondasi yang dianalisis adalah dengan kedalaman 11 m dan berdiameter 30 cm.
8. Perhitungan berdasarkan data *Cone Penetration Test* (CPT).
9. Perhitungan dilakukan dengan program *Ms. Excel*.
10. Analisis daya dukung menggunakan metode *Bustamante and Gianeselli* (LCPC).
11. Penelitian ini tidak menghitung debit air pada embung di pintu air.
12. Program untuk analisis numerik yang digunakan yaitu program PLAXIS 2D.
13. Angka aman (*safety factor*) yang digunakan adalah 2,5 sesuai SNI 8460:2017

### 1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Metodologi yang digunakan dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 1. Studi literatur

Studi literatur untuk memahami teori mengenai fondasi *bored pile*, daya dukung tanah, penurunan fondasi, serta perhitungan dengan metode LCPC, dan metode Elemen Hingga (FEM). Literatur yang digunakan berasal dari buku teknik sipil, jurnal ilmiah, dan dokumen proyek terkait.

#### 2. Pengumpulan data sekunder

Data yang digunakan diperoleh dari proyek pembangunan Embung Universitas Sumatera Utara II di Kwalla Bekala, yang meliputi:

- Data hasil uji sondir (*cone penetration test/ CPT*)
- Gambar rencana struktur *bored pile*
- Informasi kondisi geologi dan jenis tanah

#### 3. Analisis daya dukung fondasi

Dilakukan perhitungan daya dukung aksial fondasi *bored pile* menggunakan pendekatan metode LCPC (Bustamante & Gianeselli) berdasarkan nilai qc CPT

#### 4. Analisis penurunan fondasi (settlement)

Menghitung penurunan fondasi secara teoritis berdasarkan penurunan segera dengan metode vesic.

#### 5. Analisis Numerik dengan Plaxis 2D

Menggunakan metode elemen hingga (Finite Element Method) melalui software Plaxis 2D untuk mendapatkan hasil simulasi deformasi dan fondasi.

### 1.7 Hasil Penelitian

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini mendapatkan nilai daya dukung menggunakan metode LCPC menghasilkan kapasitas ultimit fondasi bored pile sebesar 691,57 kN dengan daya dukung izin sebesar 276,63 kN, yang diperoleh dari kontribusi tahanan ujung dan tahanan selimut berdasarkan data CPT. Analisis penurunan menggunakan metode Vesic menunjukkan nilai penurunan sebesar 3,96 mm, sedangkan analisis numerik menggunakan metode elemen hingga (FEM) menghasilkan penurunan sebesar 1,457 mm pada beban kerja dan 1,774 mm pada beban izin. Kedua hasil tersebut masih berada di bawah batas penurunan izin sebesar 30 mm, sehingga pondasi memenuhi persyaratan kemampuan layan. Berdasarkan interpretasi kurva beban penurunan dengan metode *Tangent Intersection*, kapasitas ultimit FEM diperoleh sebesar 646,4 kN dengan penurunan sekitar 3,58 mm, yang menunjukkan bahwa kondisi ultimit mulai tercapai. Selain itu, mekanisme transfer beban fondasi berlangsung melalui kombinasi tahanan selimut dan tahanan ujung sebagaimana dijelaskan oleh konsep Tomlinson, sehingga beban dapat diteruskan ke lapisan tanah yang lebih dalam dan lebih stabil.