

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur besar seperti tangki penyimpanan kapasitas 10000 m³ pada tanah lempung lunak menjadi tantangan serius yang akan terus dihadapi di Indonesia, mengingat sekitar 20 juta hektar atau lebih dari 10% (Wardoyo, et al., 2019) daratan di Indonesia ditutupi oleh tanah jenis ini. Kekuatan yang rendah, kompresibilitas tinggi, besarnya deformasi, dan permeabilitas rendah menjadi karakteristik utama tanah lempung lunak. Kondisi ini menuntut solusi penanganan yang efektif untuk memastikan kestabilan dan keamanan struktur di atasnya. Penelitian ini menjadi penting dalam memberikan pemahaman mendalam terkait kinerja perbaikan *stone column* sebagai salah satu penanganan yang umum digunakan.

Tanah lempung merupakan material halus yang dihasilkan melalui pelapukan kimiawi unsur penyusun batuan dengan ukuran material mikronis hingga sub mikronis, tanah ini memiliki karakteristik keras dan tidak mudah terkelupas pada kondisi kering (Situmorang, Hendri, & Yani, 2021). *Stone column* merupakan metode perbaikan tanah yang bekerja dengan menggantikan sebagian tanah lempung lunak dengan material granular yang lebih kompeten, seperti batu atau kerikil (Thakur, Rawat, & Gupta, 2020). Efektivitas *stone column* sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter desain, seperti *area replacement ratio*, panjang kolom, kekakuan material, dan beban yang diterima (Karkush & Jabbar, 2021). Selain itu, *settlement performance*, pola deformasi, dan distribusi tegangan adalah aspek penting yang perlu dievaluasi untuk memahami mekanisme kerja sistem *stone column*.

Settlement improvement factor adalah perbandingan nilai penurunan antara kondisi sebelum perbaikan dan setelah perbaikan (Killeen, 2012), hal ini merepresentasikan seberapa besar efektivitas perbaikan *stone column*. Semakin tinggi nilai *settlement improvement factor* maka semakin efektif perbaikan *stone*

column. Tidak hanya itu saja, dalam desain *stone column* terdapat beberapa pola deformasi berupa pola deformasi *general shear*, *punching*, dan *bulging* (Hamzh, Mohamad, & Yusof, 2022).

Pada pemasangannya terdapat dua pola umum, yaitu pola persegi (*square pattern*) dan segitiga (*triangular pattern*). Pemasangan pola ini bersifat simetris, sehingga pada area pembebanan yang luas, pola pemasangan akan terus berulang secara simetris. Hal ini lah yang menjadi dasar penyederhanaan metode perhitungan *stone column*, yang disebut sebagai konsep *unit cell*.

Namun, pendekatan *unit cell* tidak sepenuhnya merepresentasikan kondisi lapangan, terutama dalam hal interaksi antar kolom dan efek geometri perbaikan. Tidak hanya itu saja, pada penelitian sebelumnya data tanah yang digunakan sering kali berasal dari lokasi di luar negeri, sehingga relevansinya terhadap kondisi tanah lokal di Indonesia masih perlu diverifikasi, dan pengaruh parameter desain seperti *area replacement ratio*, panjang kolom, dan kekuatan kolom terhadap *settlement performance*, pola deformasi, dan distribusi tegangan belum dieksplorasi secara mendalam dengan pendekatan numerik 3D dengan data tanah lokal.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik *settlement performance*, pola deformasi, dan distribusi tegangan pada tanah lempung lunak yang diperbaiki dengan *stone column* menggunakan pendekatan numerik 3D, serta studi parametrik yang ditujukan untuk mengevaluasi pengaruh *area replacement ratio*, panjang kolom, dan kekuatan kolom terhadap kinerja sistem *stone column*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan maka dapat diidentifikasi beberapa masalah, diantaranya:

1. Karakteristik *settlement performance* dan pola deformasi yang belum dipahami secara mendalam dan di eksplorasi secara komprehensif.
2. Mekanisme distribusi tegangan yang kompleks.
3. Simulasi numerik 2D dengan pendekatan *unit cell* kurang representatif dalam memodelkan interaksi kelompok *stone column*.

4. Kurangnya kajian pengaruh variasi parameter terhadap perbaikan *stone column* pada tanah lempung lunak Indonesia.

Sehingga dapat dirumuskan beberapa permasalahan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik *settlement performance* dan pola deformasi tanah lempung lunak yang telah diperbaiki dengan *stone column*?
2. Bagaimana mekanisme transfer beban dari kolom ke tanah sekitar dalam sistem *stone column*?
3. Parameter apa yang memiliki pengaruh signifikan terhadap *settlement performance*, pola deformasi, serta distribusi tegangan pada sistem *stone column*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis karakteristik *settlement performance* dan pola deformasi tanah lempung lunak yang telah diperbaiki dengan *stone column*.
2. Menganalisis mekanisme transfer beban ke tanah sekitar dalam sistem *stone column*.
3. Mengevaluasi parameter yang memiliki pengaruh signifikan terhadap *settlement performance*, pola deformasi, serta distribusi tegangan pada sistem *stone column*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini meliputi:

A. Manfaat Akademis

1. Memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang karakteristik *settlement performance* dan pola deformasi tanah lempung lunak yang telah diperbaiki dengan *stone column*.

2. Memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang distribusi beban dalam sistem *stone column* untuk memahami mekanisme transfer beban dari kolom ke tanah sekitar.
3. Memberikan wawasan baru tentang parameter yang memiliki pengaruh signifikan terhadap *settlement performance*, pola deformasi, serta distribusi tegangan pada sistem *stone column*.

B. Manfaat Praktis

1. Memberikan rekomendasi desain *stone column* yang optimal untuk mengurangi *settlement* dan meningkatkan stabilitas struktur di atasnya.
2. Memberikan rekomendasi nilai distribusi tegangan (*stress concentration ratio*) yang lebih representatif terhadap tanah lokal.
3. Membantu insinyur geoteknik dalam memilih parameter desain paling efektif untuk proyek – proyek konstruksi pada tanah lempung lunak.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk memastikan analisis tetap relevan dengan tujuan penelitian, ruang lingkup dibatasi pada aspek – aspek tertentu sebagai berikut:

Objek Penelitian

1. Objek yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah proyek pembangunan tangki penyimpanan bahan bakar minyak X.
2. Penelitian difokuskan pada tangki penyimpanan bahan bakar minyak kapasitas 10000m^3 .

Metode Perbaikan

3. Metode perbaikan tanah yang dianalisis hanya perbaikan tanah *stone column*.
4. Pola pemasangan *stone column* yang dipertimbangkan hanya pola pemasangan segitiga (*triangular pattern*).

Kondisi tanah

5. Parameter desain tanah yang digunakan pada proses analisis merupakan parameter tanah hasil analisis korelasi NSPT yang bersumber dari data tanah *borehole*.

6. Jenis tanah yang dijadikan tinjauan utama berupa lapisan tanah *clay* dan *silt soft to medium*.
7. Kondisi muka air tanah yang dianalisis sesuai dengan data tanah pada lokasi penelitian.
8. Model material tanah yang digunakan dalam pemodelan merupakan model material *Mohr – Coloumb*.

Pendekatan Analisis

9. Pendekatan metode numerik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode numerik 3D. Analisis numerik mencakup simulasi *settlement* kondisi sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan, simulasi pola deformasi setelah perbaikan, serta simulasi distribusi tegangan – regangan setelah perbaikan.
10. Peninjauan peningkatan *settlement performance* dilakukan hanya pada lapisan tanah *clay/Silt soft to medium*.
11. Peninjauan pola deformasi dilakukan di sepanjang pemasangan *stone column* untuk setiap variasi yang telah ditentukan.
12. Peninjauan distribusi tegangan dilakukan pada bagian permukaan tanah serta bagian atas *stone column*.
13. Peninjauan distribusi regangan dilakukan di sepanjang pemasangan *stone column* untuk setiap variasi yang telah ditentukan dengan tujuan menganalisis *characteristic column behaviour*.

Parameter dan Skema Studi Parametrik

14. Parameter untuk studi parametrik yang dievaluasi adalah pengaruh *area replacement ratio*, panjang kolom, kekuatan kolom (berupa nilai modulus elastisitas E dan sudut geser dalam ϕ kolom).
15. Variasi nilai parameter studi parametrik yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. 1 Variasi Nilai Parameter Studi Paramterik.

Tabel 1. 1 Variasi Nilai Parameter Studi Paramterik

Parameter	Variasi Nilai
<i>Area Replacement Ratio</i>	25%, 35%
<i>Panjang Stone Column</i>	3m, 9m, 17m, 19m, 25m
Modulus, E_c	35 MPa, 70 MPa

16. Skema studi parametrik dapat dilihat pada Tabel 1. 2 Skema Studi Parametrik.

Tabel 1. 2 Skema Studi Parametrik

Kekuatan Kolom	<i>Area Replacement</i>	<i>Panjang Stone Column</i>
35 Mpa	25%	3m, 9m, 17m, 19m, 25m
	35%	
70 MPa	25%	3m, 9m, 17m, 19m, 25m
	35%	

Berdasarkan Tabel 1. 2 Skema Studi Parametrik, studi parametrik dirancang dengan kondisi kekuatan kolom dijaga tetap (*fix*), sementara *area replacement ratio* dan panjang *stone column* divariasikan.

Batasan Penelitian

17. Tidak melakukan variasi pada parameter desain tanah.
18. Tidak melakukan variasi model material tanah dan model material *stone column*.
19. Tidak mempertimbangkan analisis gempa dinamis.

Out – Put Penelitian

20. Out – put utama penelitian ini meliputi
 - a. *Settlement performance*, berupa evaluasi *settlement improvement factor* dan *settlement total*.
 - b. Pola deformasi, berupa identifikasi pola deformasi (*bulging*, *punching*, maupun kombinasi) berdasarkan distribusi *settlement* dan regangan yang terjadi.
 - c. Distribusi Tegangan, berupa analisis distribusi tegangan pada tanah dan *stone column*, serta perolehan nilai *stress concentration ratio*.