

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Desain Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mendeskripsikan dan menganalisis fenomena yang terjadi pada tanah lunak yang diperbaiki dengan stone column, seperti penurunan (settlement performance), pola deformasi, dan distribusi tegangan. Metode ini dipilih karena penelitian ini berfokus pada analisis numerik terhadap pengaruh variabel – variabel desain stone column, seperti area replacement ratio, panjang kolom, dan kekuatan material.

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih komprehensif mengenai dampak berbagai parameter desain utama terhadap kinerja stone column pada tanah lunak di Indonesia. Selain itu, hasil penelitian ini juga bertujuan untuk menghasilkan rekomendasi desain yang lebih tepat dan berkelanjutan dalam pembangunan infrastruktur di tanah lunak.

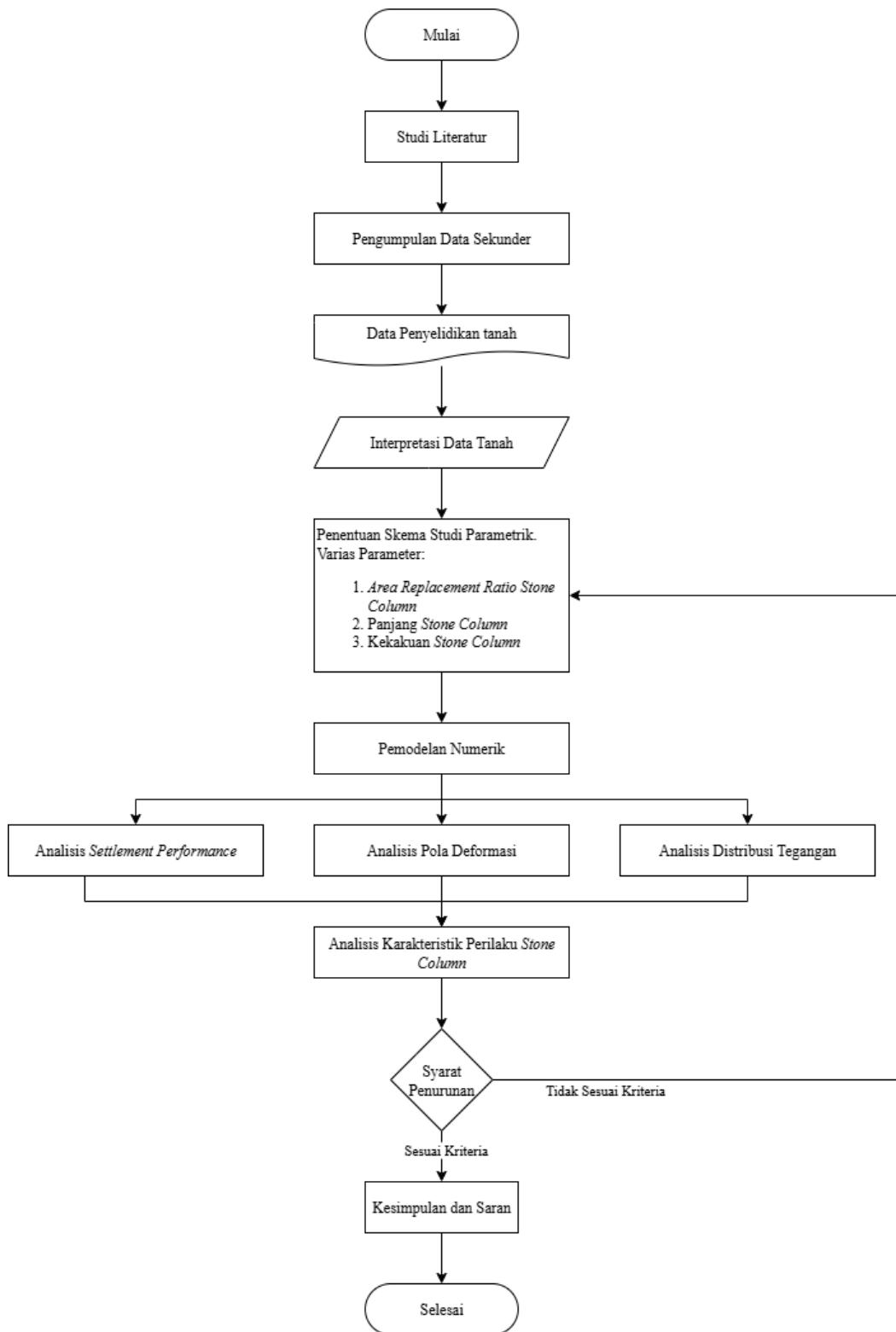
#### **3.2 Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan berdasarkan studi kasus pembangunan infrastruktur pada suatu lokasi yang tidak dapat disebutkan secara spesifik karena pertimbangan kerahasiaan data.

#### **3.3 Pengumpulan Data**

Data – data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berupa data pengeboran teknik, yang nantinya diinterpretasikan berdasarkan teori yang sesuai.

### 3.4 Prosedur Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

## 1. Studi Literatur

Studi literatur dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan berbagai sumber referensi yang mencakup jurnal ilmiah, prosiding konferensi, buku, tugas akhir, tesis, standar nasional Indonesia (SNI), serta manual perangkat lunak. Literatur yang digunakan mencakup teori dan konsep yang berkaitan dengan tanah lempung lunak, termasuk sifat fisik dan mekanisnya serta parameter desain yang relevan. Selain itu, kajian literatur mengenai *stone column* mencakup aspek-aspek fundamental, seperti parameter desain, kinerja penurunan (*settlement performance*), pola deformasi, distribusi tegangan dalam sistem *stone column*, efek instalasi, serta metode desain yang umum digunakan.

Selain itu, penelitian ini juga mengkaji teori terkait studi numerik, khususnya konsep dasar metode elemen hingga (*Finite Element Method*) serta penggunaan perangkat lunak FEM dalam analisis geoteknik. Studi literatur ini bertujuan untuk memberikan dasar teoritis yang kuat serta menjadi acuan dalam penyusunan metodologi dan analisis penelitian.

## 2. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data hasil penyelidikan tanah di lokasi penelitian. Data penyelidikan tanah mencakup uji lapangan seperti Standard Penetration Test (SPT), Cone Penetration Test (CPT).

Data yang diperoleh akan digunakan untuk menentukan parameter tanah dasar yang menjadi input dalam pemodelan numerik. Penggunaan data sekunder ini bertujuan untuk memastikan bahwa model numerik yang dikembangkan merepresentasikan kondisi tanah secara akurat dan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

## 3. Interpretasi Data Tanah

Interpretasi data tanah yang dilakukan pada penelitian ini berupa pembuatan lapisan tanah untuk masing – masing jenis tanah dan konsistensinya berdasarkan data *boring log* yang sudah didapatkan pada tahap pengumpulan data.

Parameter tanah ditentukan berdasarkan korelasi empirik. Parameter korelasi empirik ditentukan berdasarkan persamaan, tabel, maupun grafik yang dianggap dapat merepresentasikan parameter tanah pada lokasi studi.

#### 4. Penentuan Skema Studi Parametrik

Studi parametrik pada penelitian ini dirancang untuk mengevaluasi pengaruh berbagai parameter terhadap kinerja *stone column* dalam perbaikan tanah lempung lunak. Sehingga pada tahap ini beberapa parameter divariasikan, meliputi panjang *stone column L*, rasio area pengganti (*area replacement ratio*), serta material kolom (kompresibilitas dan kekuatan kolom). Parameter – parameter tersebut yang pada akhirnya akan digunakan sebagai *input* studi numerik.

#### 5. Pemodelan Numerik

Pada tahap ini digunakan perangkat lunak FEM 3D sebagai alat bantu analisis numerik. Berdasarkan parameter desain yang telah ditentukan serta penentuan skema studi parametrik dilakukan pemodelan dengan tahap sebagai berikut. Untuk langkah penggunaan perangkat lunak dalam pemodelan perbaikan tanah dapat dilihat pada sub bab 2.3.2.

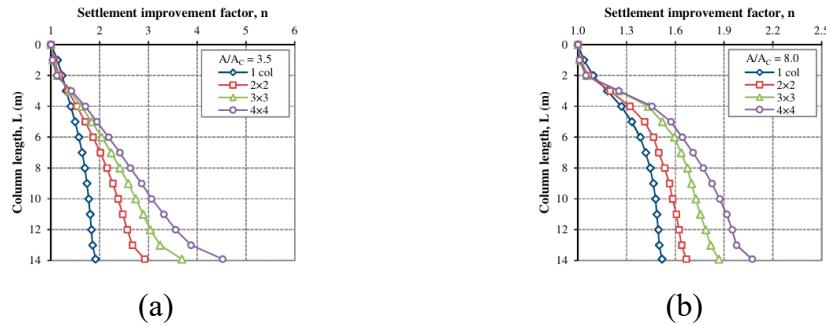
#### 6. Analisis *Settlement Performance*

Analisis ini dilakukan dengan membandingkan *settlement* yang terjadi pada fondasi sebelum perbaikan (tanpa *stone columns*) dan *settlement* setelah perbaikan (dengan *stone columns*). Perbandingan ini dihitung menggunakan *settlement improvement factor (n)*. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{\text{Settlement untreated footing}}{\text{Settlement treated footing}} \dots \text{(Killeen, 2012)} \quad (3.1)$$

Analisis *settlement performance* ini ditujukan untuk memahami perilaku perbaikan tanah dalam berbagai kondisi desain *stone columns*, seperti: Variasi panjang kolom (L), *area replacement ratio*, kekuatan kolom (*column compressibility, column strength*), dan beban.

Sebagai gambaran hasil analisis yang relevan, penelitian terdahulu (Killeen, 2012) telah menginvestigasi pengaruh berbagai parameter terhadap *settlement improvement factor*. Hasil penelitian tersebut, seperti yang tertera pada Grafik 3. 1. Temuan ini akan menjadi acuan dalam analisis *settlement performance* pada penelitian ini, terutama dalam mengevaluasi efektivitas *stone columns* pada tangki penyimpanan.



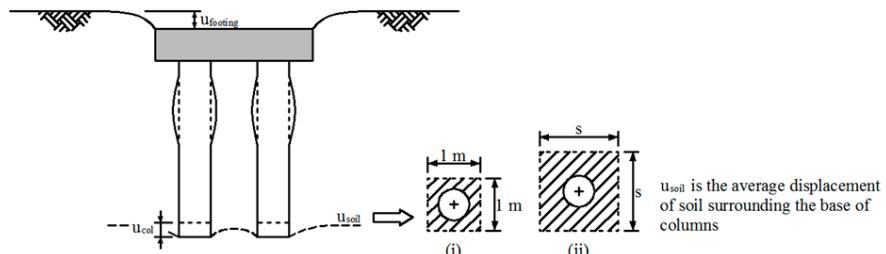
Grafik 3. 1 Variasi Settlement Improvement Factor (a) Area Replacement Ratio 3.5 (b) Area Replacement Ratio 8.0  
Sumber: Killeen (2012)

### 7. Analisis Pola Deformasi

Pola deformasi yang di analisis pada bagian ini berupa analisis *punching failure* dan analisis terhadap pemampatan (*compression*). Dalam penentuannya digunakan persamaan (3.2) dan (3.3).

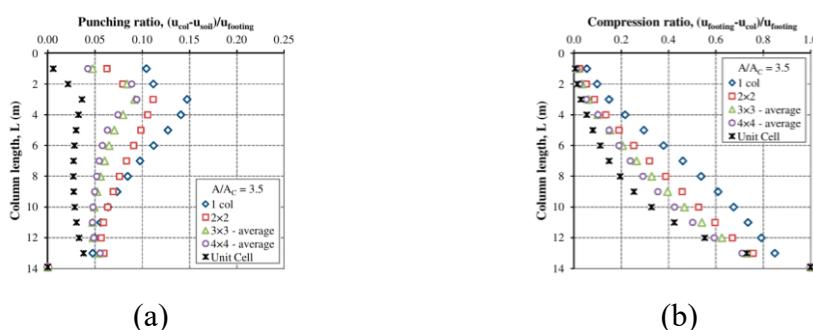
$$\text{punching ratio} = \frac{u_{col} - u_{soil}}{u_{footing}} \dots \text{(Killeen, 2012)} \quad (3.2)$$

$$\text{compression ratio} = \frac{u_{footing} - u_{col}}{u_{footing}} \dots \text{(Killeen, 2012)} \quad (3.3)$$



Gambar 3. 2 Acuan Displacement u pada Analisis Pola Deformasi  
Sumber: Killeen (2012)

Sebagai gambaran hasil analisis dapat dilihat pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Micheal Killeen tahun 2012 seperti tertera pada Grafik 3. 2.



Grafik 3. 2 Pola Deformasi (a) Punching Ratio dan (b) Compression Ratio  
Sumber: Killeen (2012)

## 8. Analisis Distribusi Tegangan

Analisis distribusi tegangan dilakukan dengan dua cara, (a) dengan mengambil titik rerata yang dapat merepresentasikan tegangan pada tanah dan (b) menentukan tegangan pada *stone column* dan tanah secara keseluruhan seperti terlihat pada Gambar 3. 3.

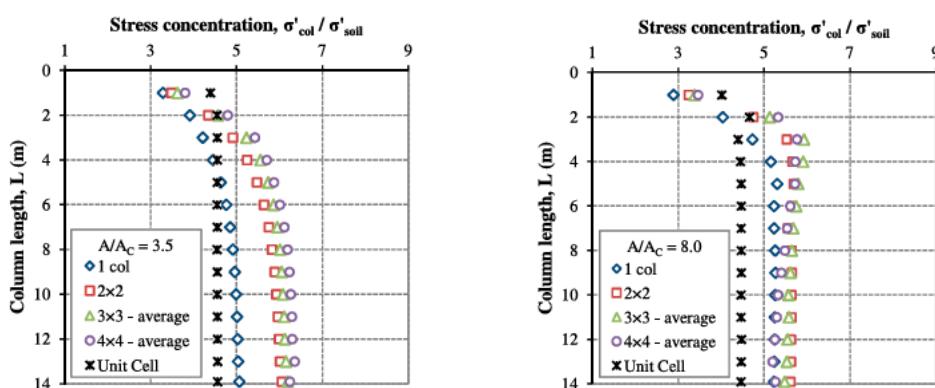


Gambar 3. 3 Penentuan Perhitungan Tegangan pada Tanah dan Kolom (a) Metode pengambilan titik (b) Metode area  
Sumber: Killeen (2012)

Hal ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif terkait distribusi tegangan pada sistem stone column. Hasil akhir dari analisis ini berupa stress concentration ratio, yang dihitung menggunakan persamaan (3.4).

$$n_s = \frac{\sigma'_{column}}{\sigma'_{soil}} \quad (3.4)$$

Nilai ini kemudian dianalisis untuk seluruh variasi parameterik studi yang sudah ditentukan pada tahap sebelumnya. Sebagai gambaran hasil analisis dapat dilihat pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Micheal Killeen tahun 2012 seperti tertera pada Grafik 3. 1.



Grafik 3. 3 Grafik Hubungan Stress Concentration terhadap Kedalaman dengan Pengaruh Area Replacement Ratio dan Jumlah Kolom  
Sumber: Killeen (2012)

## 9. Analisis Karakteristik Perilaku Kolom (*Characteristic Column Behaviour*)

Pada tahap ini, dilakukan analisis *load-transfer mechanism* untuk berbagai kondisi parameter stone column. Analisis ini ditujukan untuk memperdalam pemahaman tentang perilaku *stone column*, termasuk pola deformasi yang terjadi, seperti *punching*, *compression*, dan *bulging* seperti yang sudah di analisis pada tahap sebelumnya. Selain itu, analisis ini juga mencakup analisis distribusi regangan vertikal dan horizontal (*vertical/horizontal strain*) pada sistem *stone column*. Distribusi regangan ini membantu mengidentifikasi nilai beserta lokasi dari maksimum *strain* yang menjelaskan perilaku deformasi kolom secara lebih rinci.