# PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN VACUUM PRELOADING DAN PREFABRICATED VERTICAL DRAINS MENGGUNAKAN MODEL 3D DALAM STUDI KASUS TOKYO RIVERSIDE APARTMENT, JAKARTA UTARA

# GEMMY NAUFALDHI GHIFARIZA<sup>1</sup>, INDRA NOER HAMDHAN<sup>2</sup>

1. Institut Teknologi Nasional Bandung

2. Institut Teknologi Nasional Bandung Email: <a href="mailto:gemmyghifariza@gmail.com">gemmyghifariza@gmail.com</a>

#### **ABSTRAK**

Tanah lunak dapat mengembang atau menyusut akibat masuk atau keluarnya air. Tingkat kepekaan yang tinggi dari tanah lunak terhadap air dapat menyebabkan penurunan yang cukup besar saat tanah dibebani. Metode vacuum preloading dan metode prefabricated vertical drains adalah dua teknik yang umum digunakan untuk memperbaiki tanah lunak dan meningkatkan daya dukung tanah sebelum konstruksi dibangun di atasnya.. Tahap pengumpulan data peneliti merupakan hasil pengujian tanah di lapangan yang dilakukan di proyek pembangungan daerah Jakarta, berupa Bor Log serta data tanah berupa hasil pengujian laboratorium berupa pada lampiran. Pada tahap ini peneliti melakukan analisis perbaikan tanah lempung menggunakan vacuum preloading dengan pendekatan model PLAXIS 3D. Penurunan yang terjadi apabila perbaikan tanah tanpa menggunakan Vacuum Preloading dan Prefabricated Vertical Drains saja yaitu sebesar 1,4 m selama hari. Perbandingan kedua model ini yaitu soft soil model dengan hardening soil model terjadi di penurunannya, apabila menggunakan soft soil model mendapatkan penurunan sebesar 1,6 m dengan waktu kurang lebih 140 hari, apabila menggunakan hardening soil model mendapatkan penurunan sebesar 1,4 m dengan waktu kurang lebih 140 hari. Yang dimana model hardening soil model lebih mendekati dengan hasil di lapangan.

Kata Kunci : Perbaikan Tanah, Tanah Lunak, Vacum Preloading, Prefabricated Vertical, Plaxis 3D.

### 1. PENDAHULUAN

Tanah lunak dapat mengembang atau menyusut akibat masuk atau keluarnya air. Tingkat kepekaan yang tinggi dari tanah lunak terhadap air dapat menyebabkan penurunan yang cukup besar saat tanah dibebani. Metode *vacuum preloading* dan metode *prefabricated vertical* drains adalah dua teknik yang umum digunakan untuk memperbaiki tanah lunak dan meningkatkan daya dukung tanah sebelum konstruksi dibangun di atasnya. Dengan menggunakan kedua teknik tersebut, waktu konsolidasi tanah dapat dipersingkat dan biaya konstruksi dapat ditekan. *Prefabricated vertical drains* dapat membantu mempercepat pergerakan air di dalam tanah lunak, sehingga dapat meningkatkan efektivitas dari *vacuum preloading* dalam mengurangi penurunan tanah yang terjadi saat konstruksi.

# 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Tanah Lunak

Menurut Terzaghi (1987), tanah lempung merupakan tanah lunak berbutir halus yang memiliki partikel mikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi yang merupakan unsur-unsur

Seminar Nasional dan Desiminasi Tugas Akhir 2023

penyusun batuan. Pada umumnya tanah lempung lunak memiliki kuat geser *undrained* Cu karena  $Cu < 12 \ kN/m^2$ .

### 2.2 Perbaikan Tanah

Perbaikan tanah merupakan upaya yang dilakukan untuk memperbaiki tanah dengan karakteristik teknis rendah menjadi material yang layak digunakan serta dapat digunakan untuk konstruksi (Permatasari dan Hamdhan, 2017). Tujuan perbaikan tanah adalah untuk memperbaiki kondisi tanah yang tidak ideal menjadi lebih optimal, sehingga dapat meningkatkan hasil pertanian atau meningkatkan kemampuan tanah untuk mendukung konstruksi.

#### 2.3 Penurunan Tanah

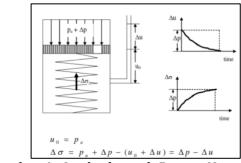
Das (1995), bilamana suatu lapisan tanah jenuh air diberi penambahan beban, angka tekanan air pori akan naik secara mendadak. Pada tanah berpasir yang sangat mudah menembus air (*permeable*) keluarnya air dari dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah, berkurangnya volume tanah tersebut dapat menyebabkan penurunan lapisan tanah. Karena air pori di dalam tanah berpasir dapat mengalir keluar dengan cepat, maka penurunan segera dan penurnan konsolidasi terjadi bersamaan. Penurunan tanah yang signifikan dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan dan infrastruktur, perubahan pada drainase, dan bahkan banjir. Oleh karena itu, pemantauan terus-menerus dan mitigasi yang tepat harus dilakukan untuk mencegah kerusakan yang lebih lanjut.

### 2.4 Prefabricated Vertical Drains

Berbagai jenis vertikal drain yang digunakan untuk mengalirkan air secara vertikal dari dalam tanah menuju ke permukaan contohnya pasir drainase (*sand drains*) dan kolom batu (*stone coloumn*) telah banyak digunakan sebelumnya. Seiring perkembangan teknologi polimer material penyalir sintetik seperti *band- type prefabricated vertical drains* (PVD) semakin banyak digunakan menggantikan material alami sebb PVD lebih terandalkan, ekonomis, terjamin pasokannya, dapat diproduksi sesuai dengan spesifaksi khusu yang dibutuhkan dan proses *installasi* yang relatif lebih cepat. Menurut Zhafirah dan Amalia (2019) *Prefabricated Vertical Drains* (PVD) merupakan elemen drainsae yang bagian luar yaitu *filler jacket* dan *drain core* (bagian inti), fungsi *filler jacket* sebagai penyaring dalam membatasi masuknya butiran tanah yang akan menghalangi jalannya pengaliran air sedangkan *drain core* sebagai jalur aliran air.

# 2.5 Vacuum Preloading

Vacuum Preloading adalah Teknik preloading yang memanfaatkan tekanan atmosfir dengan cara menciptakan ruang kedap/hampa (vakum) di dalam massa tanah. Udara bebas akan berusaha masuk mengisi ruang agar tercapai kesetimbangan. Namun karena massa tanah sebelumnya telah dikedapkan terlebih dahulu, maka tekanan atmosfir akan tertahan pada lapisan tersebut dan menekan massa tanah. Prefabricated Vertical Drain pada umumnya digunakan untuk mendistribusikan tekanan vakum kedalam lapisan tanah lunak guna meningkatkan rate konsolidasi. Mekanisme kerja dari Vacuum Preloading dapat dijelaskan dengan gambar dibawah ini.



Gambar 1. Analogi untuk Proses Konsolidasi

(Sumber: Chu dan Yan, 2008)

# 3. Metodoliogi Penelitian

# 3.1 Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan tahap pengumpulan mengenai data yang dibutuhkan untuk pemodelan agar dapat dilakukan proses analisis pada penelitian ini. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil pengujian tanah di lapangan yang dilakukan di proyek pembangunan daerah Jakarta Utara, berupa *Standar Penetration Test* (SPT) serta data tanah berupa hasil pengujian laboratorium, adapun data hasil uji penetrasi standar dan hasil pengujian laboratorium berupa pada lampiran.

# 3.2 Pemdoelan Perbaikan Tanah Menggunakan PLAXIS 3D

Pada tahap ini dilakukan analisis perbaikan tanah lunak menggunakan *vacuum preloading* dengan pendekatan model PLAXIS 3D. Pemodelan dilakukan sesuai dengan batasan masalah yang ada, dengan perbandingan hasil pemodelan analisis menggunakan *hardening soil* dan *soft soil* dengan hasil data monitoring dilapangan.

# 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

# 4.1 Data Parameter Tanah Hardening Soil Model

Data tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah data borlog yang berada di Jakarta Utara. Data parameter tanah ini diperoleh dari hasil korelasi berdasarkan nilai NSPT pada titik BH-09 dan BH-10. Data parameter tanah untuk model *Hardening Soil* yang digunakan pada penelitian ini dapat dililhat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Data Parameter Tanah Hardening Soil Model

Parameter	Klasifikasi Tanah	Very Soft to Silty Clay Top	Very Loose to Silty Sand	Very Soft to Silty Clay Mid	Medium Stiff to Silty Clay Bot	Unit
Kedalaman	-	0-2	02-Mar	Mar-14	14 - 17	m
Material Model	Model	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	-
Type of material behaviour	Туре	Undrained A	Drained	Undrained A	Undrained A	-
N-SPT	-	1	4	2	7	-
Soil unit weight above phreatic level	$\gamma_{ m unsat}$	14	16	14	16,5	kN/m <sup>3</sup>
Soil unit below phreatic level	$\gamma_{\rm sat}$	14	16	14	16,5	kN/m <sup>3</sup>
Permeability in horizontal direction	Kx	8,64E-06	8,64E-03	8,64E-06	8,64E-04	m/day
Permeability in vertical direction	Ky	8,64E-06	8,64E-03	8,64E-06	8,64E-04	m/day
Permeability in horizontal direction	Kz	8,64E-06	8,64E-03	8,64E-06	8,64E-04	m/day
Young's modulus	Es	277,8	5148	364,6	520,7	kN/m <sup>2</sup>
	Eoed	222,2	4118	291,7	416,5	kN/m <sup>2</sup>
	Eur	4241	154.403	5936	5429	kN/m <sup>2</sup>
Cohession	c <sub>ref</sub>	0,4	5	0,8	2,8	kN/m <sup>2</sup>
Friction angle	φ΄	28	25	28	32	۰
Compression index	Сс	-	-	-	-	
Swelling index	Cs	-	-	-	-	

#### 4.2 Data Parameter Tanah Soft Soil Model

Data parameter tanah ini diperoleh dari hasil korelasi berdasarkan nilai NSPT pada titik BH-10. Data parameter tanah untuk model *Soft Soil* yang digunakan pada penelitian ini dapat dililhat pada tabel dibawah ini

Very Loose to Silty Medium Stiff to Klasifikasi Very Soft to Silty Very Soft to Unit Silty Clay Bot Tanah Clay Top Sand Silty Clay Mid Kedalaman 0 - 2 02-Mar Mar-14 14 - 17 Material Model Model Soft Soil Hardening Soil Hardening Soil Hardening Soil Type of material Undrained A Drained Undrained A Undrained A Type behaviour N-SPT Soil unit weight above 14 16 14 16,5 kN/m3  $\gamma_{unsat}$ phreatic level Soil unit below 14 16 14 16,5 kN/m3  $\gamma_{\text{sat}}$ phreatic level Es 5148 364,6 520,7 kN/m<sup>2</sup> 291,7 Young's modulus Foed 4118 416.5 kN/m<sup>2</sup> 154.403 5936 5429 Eur kN/m<sup>2</sup> Permeability in 8,64E-06 8,64E-03 8,64E-06 8,64E-04 Kx m/day horizontal direction Permeability in 8,64E-06 8,64E-03 8,64E-06 8,64E-04 m/day Kv vertical direction Permeability in 8,64E-06 8,64E-03 8,64E-06 8,64E-04 Kz m/dav horizontal direction 2,8 Cohession 0,4 0,8 kN/m<sup>2</sup> Φ′ Friction angle 25 28 32 4,145 Compression index Cc Swelling index Cs 0,3684

**Tabel 2. Data Parameter Tanah Soft Soil Model** 

### 4.2 Data Parameter Tanah Timbunan

Data parameter tanah timbunan ini di peroleh dari hasil korelasi berdasarkan nilai untuk tanah lempung. Data parameter tanah timbunan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

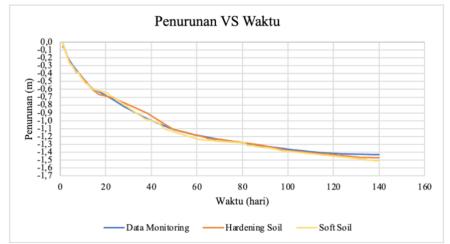
Tabel 3. Data Parameter Tanan Timbunan						
Parameter	Klasifikasi Tanah	Embankment	Unit			
Ketebalan	-	1,8	m			
Material Model	Model	Mohr-Coloumb	-			
Type of material behaviour	Туре	Drained	-			
Soil unit weight above phreatic level	$\gamma_{ m unsat}$	15	kN/m <sup>3</sup>			
Soil unit below phreatic level	$\gamma_{ m sat}$	16	kN/m <sup>3</sup>			
Permeability in horizontal direction	Kx	8,64E-01	m/hari			
Permeability in vertical direction	Ку	8,64E-01	m/hari			
Permeability in horizontal direction	Kz	8,64E-01	m/hari			
Young's modulus	Es	5000	kN/m <sup>2</sup>			
Poisson's ratio	v	0.2	-			
Cohession	c <sub>ref</sub>	1	kN/m <sup>2</sup>			
Friction angle	Φ′	30	0			
Dilatancy angle	Ψ	0	۰			

**Tabel 3. Data Parameter Tanah Timbunan** 

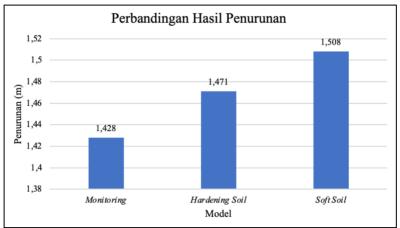
# 4.3 Hasil Analisis Perbandingan Menggunakan Pemodelan *Hardening Soil Model* dan *Soft Soil Model*

Pada penelitian ini dilakukan beberapa kondisi yang dianalisis dengan PLAXIS 3D, yaitu menggunakan PVD tanpa *vacuum*, dan menggunakan PVD dengan *vacuum*. Perbaikan tanah lunak ini menggunakan dua jenis *soil model*, yaitu *soft soil model* untuk tanah lunak, dan

hardening soil model untuk tanah pasir. Untuk mengetahui perbedaan hasil dari kedua pemodelan yang dibuat, maka perlu dibandingkan dengan membuat grafik serta barchart pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Grafik perbandingan penurunan vs waktu untuk setiap model



Gambar 3. Grafik perbandingan hasil penurunan model monitoring, *hardening soil,* dan *soft soil* 

Berdasarkan gambar di atas diperoleh hasil perbandingan dari antara data monitoring, model *hardening soil,* dan model *soft soil* tidak terlalu signifikan dan hampir mendekati kondisi lapangan sebenarnya.

## 5. KESIMPULAN

Penurunan yang terjadi dengan apabila dilakukan perbaikan tanah tanpa menggunakan *vacuum preloading* saja yaitu sebesar 1,4 m selama kurang lebih 5000 hari. Maka diperlukan metode PVD dengan *vacuum preloading* yang dimana dengan tekanan *vacuum* yang berbeda – beda lebih cepat yang dimana mendapatkan penurunan sebesar 1,4 m dengan kurang lebih selama 140 hari, dengan perbadingan kedua model ini yaitu *soft soil model* dengan *hardening soil model* terjadi di penurunannya dan waktunya. Untuk setelah beberapa melakukan kalibrasi saat menggunakan *soft soil model* mendapatkan penurunan sebesar 1,508 m dengan waktu kurang lebih 140 hari, apabila menggunakan *hardening soil model* mendapatkan penurunan sebesar 1,471 m dengan waktu kurang lebih 140 hari. Yang dimana model *hardening soil model* lebih mendekati dengan hasil di lapangan.

#### 6. DAFTAR RUJUKAN

- Das, Braja M. (1995). Mekanika Tanah Jilid I (Prinsip Rekayasa Geoteknik).
- Permatasari, W. Y., & Hamdhan, I. N. (2017). Pemodelan 3D Pada Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan Metode Deep Mixing Column. Reka Racana Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, 26-35.Look, Burt G. (2007). *Handbook of Geotechical Investigation and Design Tables.*. London. Sons, Inc. New York: Taylor & Group.
- Terzaghi, K. & Peck, R. B. (1987). *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Chu, J. Yan, S. Indraratna, B. (2008). "Vacuum Preloading Techniques Recent Developments and Applicationa". GepCongress 2008, New Orleans, Geosustainability And Geohazard Mitigation GPS 178, 2008, 586-595.
- Zhafirah, A., & Amalia, D. (2019). Perencanaan Preloading dengan Penggunaan *Prefabricated Verical Drain* Untuk Perbaikan Tanah Lunak Pada Jalan Tol Pejagan-Pemalang. Potensi Jurusan Sipil Politeknik, 10-18.