

Perbandingan Pemodelan Penurunan Tanah Lunak Menggunakan Plaxis 2D antara *Hardening Soil Model* dan *Soft Soil Model*

SHIVA RIZKYA PITALOKA¹, INDRA NOER HAMDHAN²

1. Mahasiswa, Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Dosen, Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: shiva.rizky@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Pembangunan di Indonesia sekarang ini mengalami perkembangan yang sangat pesat baik dalam infrastruktur maupun gedung tinggi yang bersifat komersil seperti apartemen. Kendala yang paling sering dihadapi oleh para praktisi adalah jika konstruksi dilakukan pada tanah lunak. Salah satunya merupakan proyek pembangunan gedung apartemen Tokyo Riverside yang berlokasi di Jakarta Utara yang memiliki permasalahan tanah lunak yang memerlukan perbaikan tanah. Pemodelan kondisi eksisting tanah lunak ini dimodelkan menggunakan model PLAXIS 2D perbandingan antara hardening soil model dan soft soil model. Perbandingan kedua model ini terdapat pada penurunannya, apabila menggunakan hardening soil penurunan yang terjadi yaitu sebesar 0,6336 m dalam waktu 1637 hari sedangkan dengan menggunakan soft soil model didapatkan besar penurunan 0,5964 m dalam waktu 1637 hari.

Kata kunci: Perbaikan Tanah, Tanah Lunak, PLAXIS 2D, Hardening Soil Model, Soft Soil Model.

1. PENDAHULUAN

Tanah lunak merupakan tanah yang sebagian besar terdiri dari butir-butir yang sangat kecil dan memiliki daya dukung yang relatif rendah. Adanya lapisan tanah lunak pada kondisi tanah asli akan menghadapi beberapa permasalahan geoteknik antara lain berupa kapasitas daya dukung tanah yang rendah, serta penurunan (*settlement*) yang terjadi cukup besar. Oleh sebab itu perbaikan tanah atau pekerjaan tanah diperlukan untuk meningkatkan daya dukung dan kuat geser tanah serta mengurangi kompresibilitas tanah. Mengingat banyaknya wilayah di Indonesia yang terdampak oleh tanah lunak, masalah geoteknik khusus tanah lunak menjadi masalah yang cukup serius. Sebaran tanah lunak di Indonesia biasanya ditemukan di daerah pesisir pantai atau di daerah rawa yang memiliki tanah yang relatif lunak atau berlumpur.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Tanah Lunak

Lapisan tanah yang disebut sebagai lapisan tanah yang lunak adalah lempung (*clay*), atau lanau (*silt*) yang mempunyai nilai penetrasi standar (N-SPT) yang lebih kecil dari 4. Tanah lempung merupakan tanah kohesif yang memiliki:

1. Daya dukung lebih kecil dari 0,5 kg/cm² (Terzaghi, 1967).
2. Memiliki nilai kadar air 80% - 100% (Toha, 1989).
3. Angka pori berkisar antara 0,9 sampai dengan 1,4 (Das, 1985).
4. Berat volume berkisar antara 0,9 t/m³ sampai dengan 1,25 t/m³ (Das, 1985).

Tanah lunak juga memiliki sifat gaya gesernya kecil, kemampatannya besar, koefisien permeabilitas yang kecil dan mempunyai daya dukung rendah. Tanah lempung dalam konstruksi seringkali menjadi permasalahan. Hal ini disebabkan oleh rendahnya daya dukung tanah tersebut.

2.2 Penurunan Tanah

Konsolidasi merupakan perubahan volume yang disebabkan oleh keluarnya air dari dalam pori akibat adanya proses pembebanan tanah yang disertai dengan pemindahan kelebihan tekanan air pori ke tegangan efektif yang akan menyebabkan terjadinya penurunan yang merupakan fungsi dari waktu (*time-dependent settlement*) pada lapisan tanah lempung. (Das, 2016). Waktu penurunan merupakan parameter yang paling penting dalam memprediksi penurunan konsolidasi dan yang mempengaruhi waktu penurunan adalah panjang aliran yang dilalui air pori untuk terdisipasi. Dikarenakan permeabilitas tanah lunak kecil, penurunan konsolidasi akan selesai dalam jangka waktu yang lama dan bisa lebih lama dari umur rencana konstruksi. Menurut Terzaghi, 1990 untuk menghitung waktu penurunan dapat menggunakan rumus berikut:

$$t = \frac{T_v(H_{dr})^2}{C_v} \quad (1)$$

Dimana:

- t = Waktu konsolidasi (tahun)
- T_v = Faktor waktu
- H_{dr} = Panjang air/drainage terpanjang (m^2)
- C_v = Koefisien konsolidasi vertikal ($m^2/tahun$)

2.4 Analisa Metode Elemen Hingga

Metode analisis elemen hingga adalah perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan pendekatan dari suatu permasalahan matematis yang muncul pada rekayasa teknik. Inti dari metode ini yaitu membuat persamaan matematis dengan melakukan pendekatan dan rangkaian persamaan aljabar yang melibatkan nilai nilai pada titik-titik kritis pada bagian. yang ditinjau. Persamaan metode elemen hingga ini dibuat dan dicari solusinya sebaik mungkin agar dapat menghindari kesalahan pada hasil akhirnya. Penggunaan rumus metode displacement dengan elemen hingga pada umumnya digunakan untuk aplikasi geoteknik dan menunjukkan hasil dalam bentuk tegangan, penurunan, dan tekanan pada titik yang ditinjau.

2.4.1 Hardening Soil

Hardening Soil model (HS model) merupakan *advanced model* yang dapat digunakan untuk memodelkan berbagai jenis perilaku tanah dan batuan. Perbedaan utama antara *Hardening Soil model* dan Mohr-Coulomb model (MC-model) adalah bahwa MC-model menjelaskan pembatasan nilai tegangan berdasarkan nilai sudut geser sedangkan HS model menjelaskan jenis elastoplastis dari model hiperbolik. Jenis hubungan hiperbolik antara tegangan dan regangan ini dikembangkan untuk digunakan dalam analisis kenaikan non-linear dari deformasi tanah. Namun, kekakuan tanah dijelaskan lebih akurat dengan menggunakan 3 kekakuan masukan yang berbeda: kekakuan pembebanan triaksial (E_{50}), kekakuan bongkar triaksial (E_{ur}), dan kekakuan pembebanan oedometer (E_{oed}). Karena nilai rata-rata untuk berbagai jenis tanah, $E_{ur} \approx 3E_{50}$ dan $E_{oed} \approx E_{50}$ disarankan sebagai pengaturan default, tetapi baik tanah yang sangat lunak dan sangat kaku cenderung memberikan rasio E_{oed}/E_{50} lainnya, yang dapat dimasukkan oleh pengguna. Model hardening soil juga memperhitungkan ketergantungan tegangan dari modulus kekakuan. Dimana bahwa semua kekakuan meningkat dengan tekanan. Oleh karena itu, ketiga kekakuan input berhubungan dengan tegangan referensi, biasanya diambil sebagai 100 kPa.

Selain parameter di atas, kondisi tanah awal seperti pra-konsolidasi, memainkan peran penting dalam sebagian besar masalah deformasi tanah.

2.4.2 Soft Soil Model

Soft Soil model (SS model) dapat digunakan ketika memodelkan perilaku tanah lunak seperti lempung dan tanah gambut yang terkonsolidasi secara normal. Pada SS model, asumsi meliputi hubungan logaritmik antara regangan volumetrik ε_v dengan tegangan efektif p' yang membutuhkan nilai λ^* dimana λ^* adalah indeks pemampatan yang dimodifikasi dan dapat ditentukan berdasarkan pemampatan tanah yang terjadi pada saat pembebanan primer. Hal lain ditemukan juga notasi k^* dimana k^* adalah indeks pemuai yang dimodifikasi, menjelaskan kemampuan dari tanah pada pengurangan beban yang diikuti pembebanan kembali sebagai asumsi respon tanah selama pengurangan beban dan pembebanan kembali bersifat elastis.

3. METODOLOGI 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.

3.2 Pemodelan Menggunakan PLAXIS 2D

Pada tahap ini dilakukan analisis perbaikan tanah lunak dengan pendekatan model PLAXIS 2D. Pemodelan ini dilakukan sesuai dengan batasan masalah yang ada, dengan perbandingan hasil pemodelan analisis menggunakan *hardening soil* dan *soft soil model*. Plaxis merupakan software yang berdasar pada metode elemen hingga dan merupakan kependekan dari plane strain dan axisymmetry (Brinkgreve dan Vermeer, 1998). Plaxis 2D merupakan program elemen hingga dua dimensi yang dikembangkan untuk analisis stabilitas, deformasi dan aliran air tanah dalam rekayasa geoteknik. Program ini dilengkapi dengan berbagai fitur untuk menangani berbagai permasalahan struktur geoteknik dan proses konstruksi menggunakan prosedur komputasi.

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-01. Data parameter tanah untuk model Hardening Soil yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Data Parameter Tanah *Hardening Soil Model*

Parameter Tanah	1 <i>Very Soft Clay</i>	2 <i>Loose Sand</i>	3 <i>Very Soft Clay</i>	4 <i>Dense Sand</i>	5 <i>Very Stiff Clay</i>	6 <i>Dense Sand</i>	Satuan
<i>Soil Model</i>	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	-
<i>Type</i>	Undrained A	Drained	Undrained A	Drained	Undrained A	Drained	-
Kedalaman	1-1.45	1.45-7	7-31	31-39	39-69	69-80	meter
NSPT	2	8	2	34	26	24	-
γ_{unsat}	14	16	15	19	18	19	kN/m ³
γ_{sat}	14	16	15	19	18	19	kN/m ³
k_x	0,0000864	0,864	0,0000864	0,864	0,00000864	0,864	m/day
k_y	0,0000864	0,864	0,0000864	0,864	0,00000864	0,864	m/day
c'	1,2	-	1,2	-	15,6	-	kN/m ²
ϕ'	25	30	25	43	35	45	°
E_{50}	1000	15000	1000	24000	20000	23000	kN/m ²
E_{oed}	800	12000	800	20000	16000	18000	kN/m ²
E_{ur}	3000	45000	3000	72000	60000	70000	kN/m ²
m	1	0,5	1	0,5	1	0,5	-

4.2 Data Parameter Tanah *Hardening Soil Model*

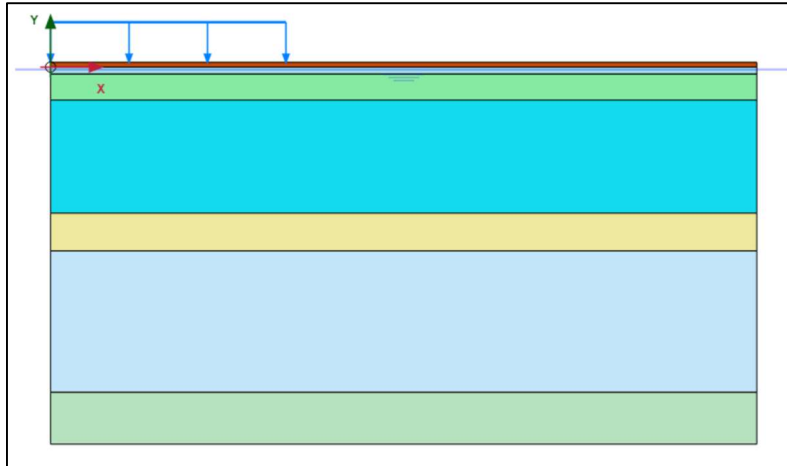
Data tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah data borlog yang berada di Jakarta Utara. Data parameter tanah ini diperoleh dari hasil korelasi berdasarkan nilai NSPT pada titik BH-01. Data parameter tanah untuk model *Soft Soil* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Data Parameter Tanah *Soft Soil Model*

Parameter Tanah	1 <i>Very Soft Clay</i>	2 <i>Loose Sand</i>	3 <i>Very Soft Clay</i>	4 <i>Dense Sand</i>	5 <i>Very Stiff Clay</i>	6 <i>Dense Sand</i>	Satuan
<i>Soil Model</i>	Soft Soil	Hardening Soil	Soft Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	-
<i>Type</i>	Undrained A	Drained	Undrained A	Drained	Undrained A	Drained	-
Kedalaman	1-1.45	1.45-7	7-31	31-39	39-69	69-80	meter
NSPT	2	8	2	34	23	25	-
γ_{unsat}	14	16	15	19	18	19	kN/m ³
γ_{sat}	14	16	15	19	18	19	kN/m ³
k_x	0,0000864	0,864	0,0000864	0,864	0,00000864	0,864	m/day
k_y	0,0000864	0,864	0,0000864	0,864	0,00000864	0,864	m/day
c'	1,2	-	1,2	-	9,2	-	kN/m ²
ϕ'	25	30	25	43	30	45	°
E_{50}	-	15000	-	24000	20000	23000	kN/m ²
E_{oed}	-	12000	-	20000	16000	18000	kN/m ²
E_{ur}	-	45000	-	72000	60000	70000	kN/m ²
m	1	0,5	1	0,5	1	0,5	-
Cc	0,7196	-	0,7196	-	-	-	-
Cs	0,2469	-	0,2469	-	-	-	-

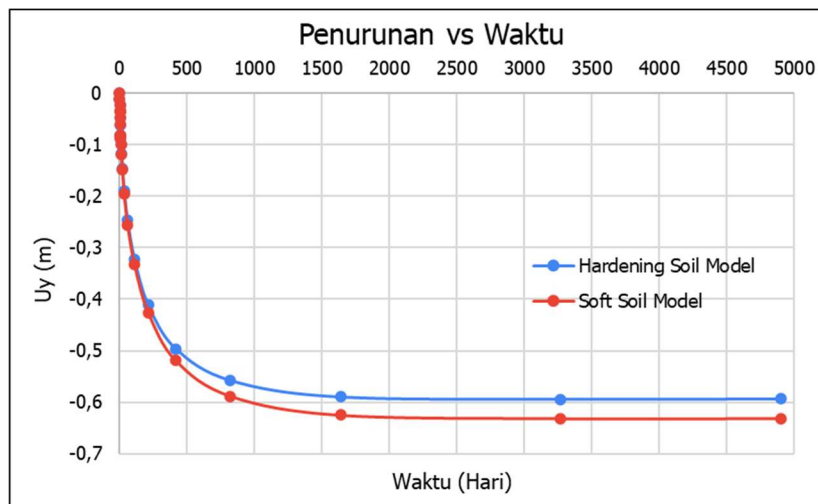
4.3 Hasil Analisis Perbandingan Menggunakan Pemodelan *Hardening Soil Model* Dan *Soft Soil Model*

Berikut merupakan geometri pemodelan pada PLAXIS 2D



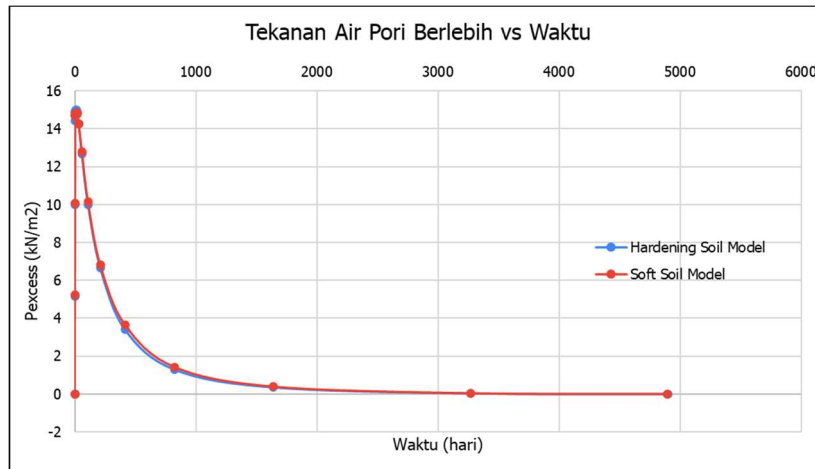
Gambar 1. Grafik Perbandingan Penurunan vs Waktu

Pemodelan tanah lunak ini menggunakan dua jenis *soil model* yaitu *hardening soil* dan juga *soft soil model*. Untuk mengetahui perbedaan hasil dari kedua *soil model* tersebut maka perlu dibandingkan dengan grafik dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Penurunan vs Waktu

Berdasarkan grafik di atas diperoleh hasil perbandingan antara *hardening soil model* dan *soft soil model*, dimana penurunan tanah menggunakan *soft soil model* lebih besar dibandingkan dengan *hardening soil model*.



Gambar 3. Grafik Tekanan Air Pori vs Waktu

5. KESIMPULAN

Pemodelan kondisi eksisting tanah lunak ini dimodelkan menggunakan model PLAXIS 2D perbandingan antara hardening soil model dan soft soil model. Perbandingan kedua model ini terdapat pada penurunannya, apabila menggunakan hardening soil penurunan yang terjadi yaitu sebesar 0,6336 m dalam waktu 1637 hari sedangkan dengan menggunakan soft soil model didapatkan besar penurunan 0,5964 m dalam waktu 1637 hari. Waktu penurunan tekanan air pori yaitu selama 1636,88 hari dengan besar tekanan air pori 14,696 kN/m² untuk *hardening soil model* 15 kN/m² untuk *soft soil model*.

DAFTAR RUJUKAN

- Craig, R. F., S., Budi Susilo. (1989). Mekanika Tanah, Edisi 4, Penerbit Erlangga, Darwis. (2018). Dasar-Dasar Mekanika Tanah. Yogyakarta: Pustaka AQ.
- Das, B. M. (2006). Principles of Geotechnical Engineering (Seventh Edition). United States of America: Cengage.
- Das, M. B., Endah, N., & Mochtar, I. B. (1995). Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hardiyatmo, H.C. (2002). "Mekanika Tanah I - Edisi 3". Yogyakarta: Gadjahmada University Press. (2002). "Mekanika Tanah II - Edisi 3". Yogyakarta: Gadjahmada University Press.
- Indonesia, S. N. (2017). Persyaratan perancangan geoteknik. SNI, 8460, 2017.
- Look, Burt G. (2007). Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables. Taylor & Group. London.
- Terzaghi, K. and Peck, R. B. 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice. John Wiley & Co.