

PEMODELAN PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN *CONTROLLED MODULUS COLUMN* MENGGUNAKAN PLAXIS 2D

HELMY NUGRAHA IRAWAN¹, INDRA NOER HAMDHAN²,

1. Mahasiswa, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung

2. Dosen, Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung

Email : nugrahahelmy0@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia menghadapi tantangan geoteknik signifikan akibat tanah lunak dengan kompresibilitas tinggi dan permeabilitas rendah, seperti yang ditemukan pada proyek Jalan Tol Cisumdawu Seksi 6A. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas Controlled Modulus Column (CMC) dalam mereduksi penurunan tanah dan mengoptimalkan waktu konstruksi. Metodologi yang digunakan adalah pemodelan numerik dengan perangkat lunak PLAXIS 2D pada data pengeboran BH-09 yang memiliki ketebalan tanah lunak 10 meter. Analisis dilakukan dengan menggunakan diameter 0,5 m, spasi 1,5D, dan kedalaman 10 m. Hasil analisis menunjukkan bahwa CMC mampu mereduksi penurunan hingga 50,26% dan mempersingkat waktu konsolidasi hingga 97,82%. Penelitian ini menyimpulkan bahwa perbaikan tanah menggunakan CMC mampu meningkatkan stabilitas tanah dan mempercepat durasi proyek secara signifikan.

Kata kunci: perbaikan tanah lunak, controlled modulus column, PLAXIS 2D, pemodelan numerik.

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia, seperti proyek Jalan Tol Cisumdawu Seksi 6A di Sumedang, sering menghadapi tantangan rekayasa geoteknik akibat tanah lunak dengan karakteristik kompresibilitas tinggi dan permeabilitas rendah, yang dapat menyebabkan penurunan tanah signifikan dan membahayakan stabilitas struktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbaikan tanah menggunakan metode *Controlled Modulus Column (CMC)* untuk meningkatkan stabilitas tanah lempung lunak. Melalui analisis variasi diameter, spasi, dan kedalaman kolom, penelitian ini difokuskan untuk mengidentifikasi variasi paling efektif untuk mereduksi penurunan dan mempercepat waktu konsolidasi pada lokasi proyek Jalan Tol Cisumdawu Seksi 6A.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini difokuskan pada perbaikan tanah lunak menggunakan *controlled modulus column (CMC)* pada perangkat lunak PLAXIS 2D. Tahapan penelitian dijelaskan sebagai berikut:

- a. Melakukan identifikasi masalah serta perumusan topik penelitian terkait potensi penurunan tanah lunak di wilayah Kabupaten Sumedang.

- b. Melakukan studi literatur yang relevan mengenai teori konsolidasi tanah lunak, parameter *Controlled Modulus Column*, serta pemodelan numerik dengan *Hardening Soil Model*.
- c. Mengumpulkan data sekunder berupa hasil penyelidikan geoteknik dari proyek Jalan Tol Cisumdawu Seksi 6A, meliputi data bor log BH-09.
- d. Melakukan pemodelan numerik menggunakan PLAXIS 2D dengan pendekatan *Hardening Soil Model*. Geometri tanah dimodelkan sesuai data *bor log* pada kondisi eksisting, dengan tahap analisis meliputi *initial phase*, pemasangan LTP, pemasangan CMC, pembebanan timbunan, dan konsolidasi MEP.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di wilayah Cipelang Kecamatan Ujung Jaya, Kabupaten Sumedang yang secara geoteknik dikenal memiliki lapisan tanah lunak yang tebal dan jenuh air.

3.2 Data Tanah

Data tanah yang digunakan merupakan hasil dari analisis terhadap data *borlog* BH-09 sesuai dengan SNI 8460:2017, dapat disimpulkan lapisan tanah diklasifikasikan menjadi 5 lapis tanah sesuai dengan N_{spt} yang tercantum. Dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Stratifikasi Tanah Berdasarkan N_{spt}

Data <i>Borlog</i> BH-09			
Kedalaman (m)	N-SPT	N-SPT Rata-Rata	Deskripsi Tanah
0-2	4	5	Lempung Lunak
2-4	5		
4-6	6		
6-8	5		
8-10	3		
10-12	54	50	Pasir Kaku
12-14	46		
14-16	5	5	Lempung
16-18	40	43	Pasir Padat
18-20	45		
20-22	22	24	Lempung
22-24	25		
24-26	27		
26-28	24		
28-30	26		
30-32	25		
32-34	22		
34-36	27		
36-38	24		
38-40	21		

3.2 Data Parameter Tanah

Parameter tanah yang digunakan dalam pemodelan PLAXIS 2D diperoleh dengan menerapkan pendekatan tabel yang tercantum pada Braja M. Das (2014), dan Burt Look (2007). Data hasil korelasi tersebut ditampilkan pada **Tabel 2** sebagai acuan dalam penelitian. Serta data parameter CMC dapat dilihat pada **Tabel 3** dan untuk parameter LTP dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 2. Parameter Tanah Dasar

Parameter Tanah	Lapis 1 <i>Soft Clay</i>	Lapis 2 <i>Dense Sand</i>	Lapis 3 <i>Soft Clay</i>	Lapis 4 <i>Dense Sand</i>	Lapis 5 <i>Very Stiff Clay</i>	Satuan
Soil Model	<i>Hardening Soil</i>	<i>Hardening Soil</i>	<i>Hardening Soil</i>	<i>Hardening Soil</i>	<i>Hardening Soil</i>	-
Type	<i>Undrained A</i>	<i>Drained</i>	<i>Undrained A</i>	<i>Drained</i>	<i>Drained</i>	-
Kedalaman	0-10	10-14	14-16	16-20	20-40	meter
NSPT	5	50	5	43	24	-
yunsat	13	18	13	18	20	kN/m ³
ysat	14	19	14	19	21	kN/m ³
k_x	0,0000864	8,64	0,0000864	8,64	0.00864	m/day
k_y	0,0000864	8,64	0,0000864	8,64	0.00864	m/day
c'	3	25.80	3	25.80	14.40	kN/m ²
φ'	20	40	20	40	20	°
E50	2400	24000	2400	24000	5600	kN/m ²
Eoed	1920	19200	1920	19200	4480	kN/m ²
Eur	7200	72000	7200	72000	16800	kN/m ²
e_{init}	1,9	0,4	1.9	0,4000	0.4	-
m	1	0,5	1	0,5	1	-

Tabel 3. Parameter CMC

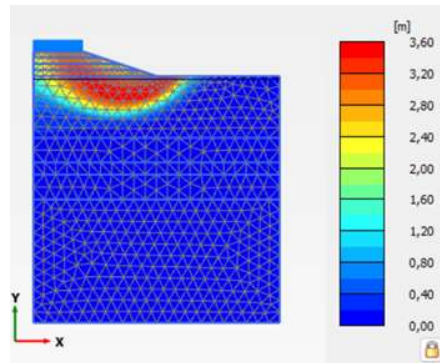
Parameter CMC		Satuan
Model	Elastic	
γ	24	kN/m ³
Fc'	20	Mpa
E	21019038	kN/m ²
Tskin,start	120	kN/m
Tskin,end	751	kN/m
Fmax	2089	kN

Tabel 4. Parameter LTP

Parameter LTP		Satuan
Model	Mohr Columb	
Tebal	1,0	m
yunsat	19	kN/m ³
ysat	20	kN/m ³
E	40000	kN/m ²
v	0,4	-
c'	1	kN/m ²
φ'	35	°
ψ	5	°
k_x	8,64	m/day
k_y	8,64	m/day

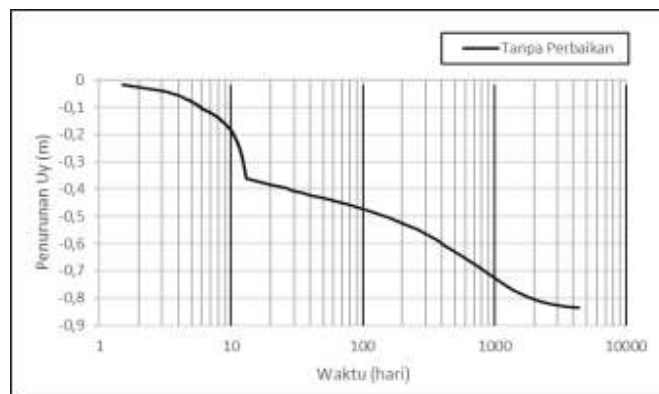
3.3 Hasil Analisis Tanpa Perbaikan Tanah

Analisis pemodelan pada kondisi timbunan dilakukan untuk mengetahui besarnya penurunan serta durasi penurunan yang terjadi. **Gambar 1** yang menampilkan hasil pemodelan Plaxis 2D tanpa menggunakan perbaikan tanah.



Gambar 1. Hasil Pemodelan Tanpa Perbaikan Tanah

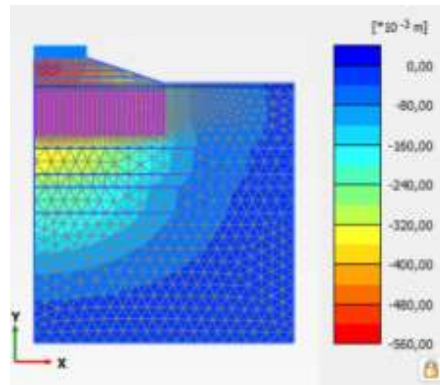
Hasil pemodelan menunjukkan bahwa waktu penurunan yang diakibatkan timbunan terjadi selama 4363 hari dengan besar penurunan 0,836 m. Dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Grafik Pemodelan

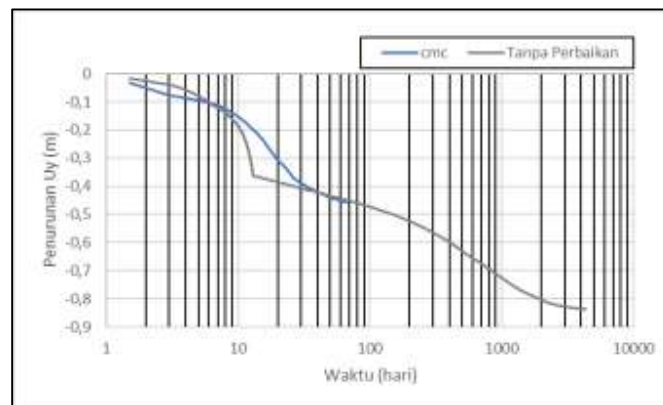
3.4 Hasil Analisis Dengan Perbaikan Tanah

Analisis pemodelan perbaikan tanah menggunakan metode *controlled modulus column* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perubahan kondisi tanah yang terjadi pasca perbaikan. **Gambar 3** yang menampilkan hasil pemodelan Plaxis 2D setelah diperbaiki dengan metode *controlled modulus column*.



Gambar 3. Hasil Analisis Perbaikan Menggunakan CMC

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa waktu penurunan yang diakibatkan timbunan terjadi selama 68 hari dengan besar penurunan 0,46 m. **Gambar 4** yang menampilkan grafik Perbandingan Besaran dan Durasi Penurunan Sebelum dan Sesudah Perbaikan dengan *Controlled Modulus Column*



Gambar 4. Grafik Pemodelan Setelah dan Sebelum Diperbaiki Dengan CMC

4. KESIMPULAN

Perbaikan tanah menggunakan metode *controlled modulus column* terbukti dapat mereduksi besaran penurunan dan durasi penurunan dengan signifikan. Hal ini dibuktikan dengan perubahan yang terjadi pada besaran penurunan yang awalnya sebesar 0,836 m menjadi sebesar 0,46 m, serta durasi penurunan yang awal mulanya sebesar 4363 hari menjadi 68 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama proses penelitian hingga penyusunan jurnal. Terkhusus kepada *National Geotechnic Centre* Institut Teknologi Nasional Bandung yang telah memberi akses lisensi akademik *software* PLAXIS 2D.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. (2014) *Principles of Geotechnical Engineering SI Editionz*
Look, Burt G. (2007) *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables 1st Edition*.
SNI 8460:2017. *Persyaratan Perencanaan Geoteknik*. Badan Standardisasi Nasional.