

Analisis Penurunan Tanah Lunak Pada Lahan Reklamasi Menggunakan *Soil Model Hardening Soil* Dan *Soft Soil Model 3D*

DANNISA AHJANI AZIZATUL FATIMAH¹, INDRA NOER HAMDHAN²

1. Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Dosen, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: dannisaahjani@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia, sebagai negara maritim dengan garis pantai panjang, memiliki potensi besar untuk pengembangan wilayah pesisir melalui reklamasi. Salah satu kawasan reklamasi di Indonesia adalah Kota Bontang, Kalimantan Timur. Namun, pengembangan kawasan reklamasi di Kota Bontang sering terhambat oleh masalah tanah lunak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penurunan pada tanah dengan soil model Hardening Soil dan Soft Soil. Analisis penurunan dilakukan dengan memodelkan pada model 3 dimensi. Hasil pemodelan menyatakan bahwa untuk model Hardening Soil penurunan terjadi sebesar 1,02 meter selama 2403 hari dan model Soft Soil penurunan terjadi sebesar 1,04 meter selama 2208 hari.

Kata kunci: Analisis Penurunan, Hardening Soil, Soft Soil

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki garis pantai panjang dan memiliki peluang besar dalam pengembangan wilayah pesisir melalui reklamasi. Reklamasi adalah suatu pekerjaan atau usaha memanfaatkan kawasan atau lahan yang relatif tidak berguna atau masih kosong dan berair menjadi lahan berguna dengan cara dikeringkan (Pedoman Perencanaan Tata Ruang Kawasan Reklamasi, 2007). Salah satu daerah reklamasi yang dikembangkan di Indonesia adalah Kota Bontang, Kalimantan Timur. Reklamasi di Kota Bontang ini meliputi perluasan daratan sebagai kawasan industri, permukiman, dan komersial. Namun, pengembangan kawasan reklamasi di Kota Bontang seringkali terhambat karena masalah tanah yang termasuk klasifikasi tanah lunak. Kota Bontang memiliki tanah dengan indeks kompreibilitas tinggi diatas 0,15 dan memiliki daya dukung rendah yang dapat berpotensi menimbulkan kendala dalam pekerjaan konstruksi berupa penurunan (*settlement*) (Badan Geologi, 2019).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka diperlukan metode perbaikan tanah dengan memberikan pembebanan *preloading*. Tujuannya agar memampatkan tanah dan memberikan beban awal berlebih atau menyerupai beban konstruksi bangunan di atas tanah dasar yang akan diperbaiki. Analisis penurunan akan dibantu oleh PLAXIS 3D dengan *soil model Hardening Soil* dan *Soft Soil*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lunak

Tanah lunak adalah tanah dengan daya dukung rendah dan umumnya memiliki kadar air yang cukup tinggi dan permeabilitas yang sangat rendah, yang sering menimbulkan permasalahan dalam konstruksi bangunan sipil (Bella, 2016). Berdasarkan penelitian beberapa para ahli bahwa tanah lunak memiliki kuat geser *undrained*, $C_u < 0,25 \text{ kg/cm}^2$, nilai standar uji penetrasi (SPT) yang rendah yaitu antara N-SPT 0-5 dan/atau nilai perlawanan konus $q_c < 15 \text{ kg/cm}^2$.

2.2 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah harus memberikan deskripsi kondisi tanah yang relevan dengan pekerjaan yang akan dilaksanakan dan menetapkan dasar untuk penilaian parameter geoteknik yang relevan untuk semua tahap konstruksi (SNI 8460:2017). Penyelidikan tanah di lapangan bertujuan untuk mendapatkan informasi stratifikasi lapisan tanah pada lokasi proyek, identifikasi karakteristik tanah, sifat mekanis pada setiap lapisan tanah dan mengetahui elevasi muka air tanah. Penyelidikan tanah yang digunakan pada proyek Bontang, Kalimantan Timur yaitu pengujian SPT (*Standard Penetration Test*) sebanyak 1 (satu) titik pengeboran yaitu BH-05.

2.3 Preloading

Preloading adalah pemberian beban pada permukaan tanah secara bertahap sebelum konstruksi dimulai untuk mempercepat proses konsolidasi tanah dan mengurangi penurunan akibat beban konstruksi (Terzaghi dan Peck, 1967). Dengan memberikan beban tambahan pada tanah sebelum konstruksi dimulai, air dalam pori-pori tanah akan dipercepat keluar, sehingga mempercepat proses pemadatan atau konsolidasi tanah.

2.4 PLAXIS 3D

PLAXIS 3D merupakan program yang digunakan secara luas untuk menganalisis deformasi, stabilitas, penurunan dalam desain dan rekayasa geoteknik. Program ini merupakan sebuah aplikasi dalam geoteknik yang dipilih karena bisa menganalisa kondisi tanah dengan cara membuat simulasi pembebanan di dalam program tersebut.

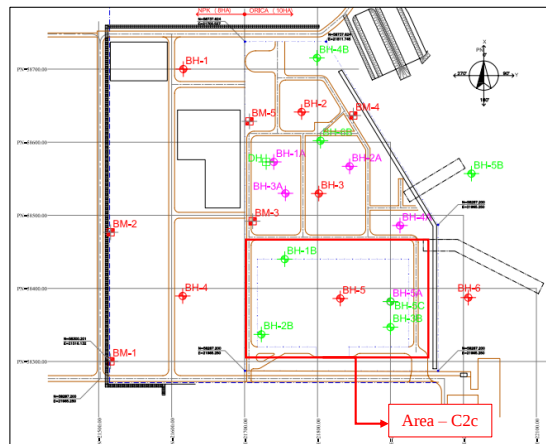
3. METODE PENELITIAN

Pada metode penelitian ini hal yang pertama dilakukan adalah melakukan identifikasi masalah pada penyelidikan tanah, dari penyelidikan tanah akan didapatkan informasi mengenai karakteristik tanah. Pada tahap kedua, dilakukan tinjauan pustaka yang bertujuan untuk memastikan bahwa studi yang dilakukan adalah relevan, berlandaskan pengetahuan yang ada dan mengumpulkan studi pustaka hal ini dilakukan untuk merangkum teori yang berkaitan dengan studi penelitian yang akan dilakukan baik dari jurnal ataupun buku. Selanjutnya, pada tahap ketiga melakukan pengumpulan data berupa data penyelidikan tanah dan data topografi. Pada data penyelidikan didapatkan data pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) yang selanjutnya akan dilakukan korelasi parameter tanah dengan *soil model Hardening Soil* dan *Soft Soil*. Pada tahap keempat, akan dimodelkan pada PLAXIS 3D dengan tahapan-tahapan konstruksi mengikuti seperti yang dilakukan di lapangan. Selanjutnya pada tahap kelima, dilakukan analisis dan pembahasan berupa besarnya penurunan terhadap waktu dan ketika hasil telah sesuai dengan penurunan rencana lalu lanjut pada tahap berikutnya yaitu pembahasan setelah pembahasan melakukan tahap berikutnya yaitu kesimpulan dan saran lalu selesai.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada Kota Bontang, Kalimantan Timur dengan tujuan untuk membuat lahan reklamasi. Reklamasi yang ditinjau yaitu pada **Gambar 1** Area – C2c section PE = 21.800.000 dan PN = 58.400.000.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber: PT. Rekayasa Industri)

4.2 Data Parameter Tanah

Data parameter tanah pada pemodelan yang digunakan merupakan hasil korelasi berdasarkan nilai N-SPT pada titik BH-05. Adapun parameter tanah yang akan dimodelkan dengan *soil model Hardening Soil* pada **Tabel 1** dan *Soft Soil* pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Data Parameter Tanah *Hardening Soil Model*

GWL.	+1,10 m				
Kedalaman (m)	Lapisan 1	Lapisan 2	Lapisan 3	Lapisan 4	Unit
	0,00 - 1,60	1,60 - 9,40	9,40 - 18,80	18,80 - 30,45	
Klasifikasi Tanah	Organic Clay	Sandy Gravels	Clay	Silty Clay	-
Konsistensi	Very Soft	Loose	Soft to Medium Stiff	Hard	-
Soil Model	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	-
Drainage Type	Undrained A	Drained	Undrained A	Undrained A	-
N-SPT	1,5	2	8,8	32,33	-
γ_{sat}	14	13	17	20	kN/m ³
γ_{sat}	15	14	18	21	kN/m ³
C'	0,62	0,82	3,61	12,93	-
ϕ'	20	27	20	25	°
E_{50}	861	1148	5051,20	18106,48	kN/m ²
E_{oed}	688,80	918,40	4040,96	14485,18	kN/m ²
E_{ur}	2583	3444	15153,60	54319,44	kN/m ²
K_x	8,64E-08	8,64E-02	8,64E-06	8,64E-05	m/day
K_y	8,64E-08	8,64E-02	8,64E-06	8,64E-05	m/day
K_z	8,64E-08	8,64E-02	8,64E-06	8,64E-05	m/day
Cc	-	-	-	-	-
Cs	-	-	-	-	-

Tabel 2. Data Parameter Tanah *Soft Soil Model*

GWL.	+1,10 m				Unit
Kedalaman (m)	Lapisan 1	Lapisan 2	Lapisan 3	Lapisan 4	
	0,00 - 1,60	1,60 - 9,40	9,40 - 18,80	18,80 - 30,45	
Klasifikasi Tanah	Organic Clay	Sandy Gravels	Clay	Silty Clay	-
Konsistensi	Very Soft	Loose	Soft to Medium Stiff	Hard	-
Soil Model	Soft Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	-
Drainage Type	Undrained A	Drained	Undrained A	Undrained A	-
N-SPT	1,5	2	8,8	32,33	-
γ_{unsat}	14	13	17	20	kN/m ³
γ_{sat}	15	14	18	21	kN/m ³
C'	0,62	0,82	3,61	12,93	-
ϕ'	20	27	20	25	°
E_{50}	-	1260	5544	20369,79	kN/m ²
E_{oed}	-	1008	4435,20	16295,83	kN/m ²
E_{ur}	-	3780	16632	61109,37	kN/m ²
K_x	8,64E-08	8,64E-02	8,64E-06	8,64E-05	m/day
K_y	8,64E-08	8,64E-02	8,64E-06	8,64E-05	m/day
K_z	8,64E-08	8,64E-02	8,64E-06	8,64E-05	m/day
Cc	0,62	-	-	-	-
Cs	0,062	-	-	-	-

4.3 Data Parameter *Geotextille*

Berikut merupakan data parameter *geotextille* yang digunakan pada pemodelan **Tabel 3**.

Tabel 3. Data Parameter *Geotextille*

Property	Description	Unit
Material Type	Elastoplastic	-
Ultimate Tensile Strength	30	kN/m
Elongation	18	%
$N_{p.1}$	10	kN/m
EA	55,556	kN/m

4.4 Data Parameter Timbunan

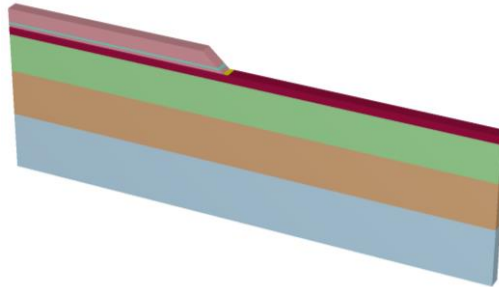
Berikut merupakan data parameter timbunan yang digunakan pada pemodelan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Data Parameter Timbunan

Parameter	Reklamasi	Sand Blanket	Unit
Soil Model	Hardening Soil	Hardening Soil	-
Drainage Type	Drainage	Drainage	-
γ_{unsat}	18	18	kN/m ³
γ_{sat}	19	19	kN/m ³
C'	10	10	-
ϕ'	30	35	°
E_{50}	20000	22000	kN/m ²
E_{oed}	16000	17600	kN/m ²
E_{ur}	60000	66000	kN/m ²
K_x	8,64E-02	8,64E-01	m/day
K_y	8,64E-02	8,64E-01	m/day
K_z	8,64E-02	8,64E-01	m/day

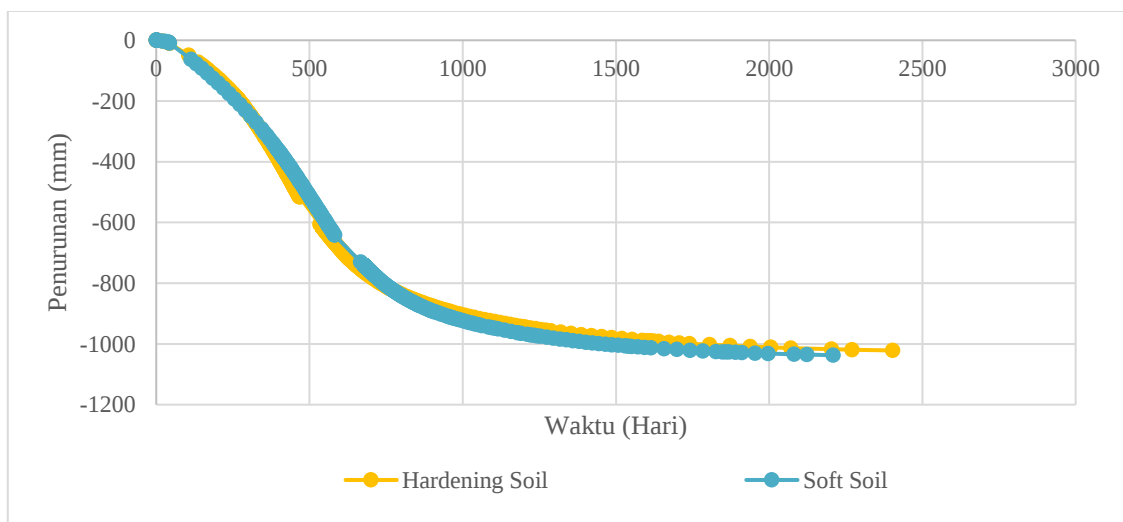
4.5 Hasil Model 3D

Berikut merupakan geometri yang dimodelkan pada model 3D dengan *soil model Hardening Soil* dan *Soft Soil* pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Geometri Hasil Model 3D

Dalam hasil pemodelan yang telah dilakukan oleh Model 3D berdasarkan *soil model Hardening Soil* dan *Soft Soil* dapat ditinjau pada **Gambar 3** grafik di bawah ini.



Gambar 3. Grafik Hasil Analisis Model 3D

4.6 Rekapitulasi Hasil Model 3D

Hasil dari grafik analisis model 3D yang dilakukan dapat mengetahui besar penurunan serta hari terkonsolidasi jika timbunan setinggi 3,85 meter. Berikut merupakan hasil rekapitulasi model 3D pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Model 3D

Pemodelan Perbaikan Hanya <i>Preloading</i>	Waktu Penurunan (Hari)	Penurunan (m)
<i>Hardening Soil Model</i>	2403	-1,02
<i>Soft Soil Model</i>	2208	-1,04

Dari hasil rekapitulasi menunjukkan bahwa penurunan pada *model Soft Soil* lebih besar penurunannya dibandingkan *Hardening Soil*, namun pada penelitian ini untuk lama waktu penurunan *Hardening Soil model* lebih lama jika dibandingkan dengan *Soft Soil model*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada pemodelan 3D kondisi eksisting, penurunan pada model *Soft Soil* lebih besar dibandingkan dengan *Hardening Soil*. Namun, pada penelitian ini, lama waktu penurunan pada model *Hardening Soil* lebih lama dibandingkan dengan model *Soft Soil*. Penambahan *preloading* pada kedua jenis tanah ini dapat mempengaruhi hasil akhir dengan mengurangi waktu konsolidasi dan meningkatkan stabilitas tanah. Akan tetapi alangkah baiknya perbaikan tanah dilakukan dengan beban yang lebih besar atau metode yang lebih efektif lainnya seperti menggunakan kombinasi antara *preloading* dan *prefabricated vertical drain*, hal ini akan lebih mempercepat waktu konsolidasi dari tanah lempung lunak itu sendiri. Karena tanah lempung lunak ini memiliki permeabilitas yang kecil dengan adanya *prefabricated vertical drain* akan memperpendek jalur air dalam pori yang akan keluar dari dalam lapisan tanah lempung lunak itu sendiri.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Geologi. (2019). Peta Sebaran Tanah Lunak Indonesia. Bandung: Badan Geologi.
- Kirmanto, D. (2007). *Pedoman Perencanaan Tata Ruang Kawasan Reklamasi Pantai*. (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.40/PRT/M/2007): Direktorat Jenderal Penataan Ruang. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Terzaghi, K. and Peck, R. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice. 2nd Edition*. New York: John Wiley.
- SNI 8460:2017. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.