

ANALISIS STABILITAS TANAH LUNAK MENGUNAKAN CERUCUK, MATRAS BAMBU DAN GEOTEKSTILE STUDI KASUS PROYEK PEKERJAAN TANGGUL KAWASAN TAMBAK LOROK

¹Javier Alfith Shodikin*, ²Ladi Safirnika, ³RifqyBrilyant Arief, ⁴Soedarsono

^{1,2} Department of Civil Engineering UNISSULA Semarang

^{3,4} Lecturer of Faculty of Engineering Department of Civil Engineering UNISSULA Semarang

*Corresponding Author:
apitm365@gmail.com

Abstrak

Proyek pembangunan tanggul laut di kawasan tambak lorok, kota semarang dilakukan untuk menanggulangi banjir dan kenaikan muka air laut "ROB". Pembangunan ini memiliki tantangan dalam penanganannya dimana kondisi tanah dasar yang berupa tanah lunak yang memiliki sifat daya dukung rendah. Metode penanganan pada kondisi tanah lunak dengan daya dukung rendah pada studi kasus ini menggunakan cerucuk, matras bambu dan geotekstile. Analisa stabilitass dilakukan dengan menggunakan data sekunder diperoleh dari konsultan kemudian diolah untuk digunakan perhitungan. Analisa dilakukan dengan membandingkan hasil sebelum dan sesudah stabilitas dengan menggunakan aplikasi plaxis 2D dan untuk perhitungan manual momen yang bekerja pada timbunan dicari dengan bantuan XSTABL dan rumus yang digunakan dengan pendekatan teori yang ada untuk mengetahui nilai safety factor dan besaran penurunan konsolidasi. Hasil analisa dengan metode stabilitas menggunakan cerucuk, matras bambu dan geotekstile menunjukkan hasil safety factor (SF) terhadap daya dukung meningkat. Hasil analisa sebelum stabilitas $SF \leq 1,00$ baik analisa plaxis dan perhitungan manual. Hasil analisa setelah stabilitas $SF \geq 1,50$ dari angka keamanan yang dipersyaratkan, pada hasil analisa plaxis $SF=3,24$ dan perhitungan manual $SF=1,73$ dari kedua analisa terjadi peningkatan daya dukung, sehingga metode stabilitas efektif mengatasi daya dukung tanah rendah. Hasil penurunan kosolidasi menunjukkan sebelum stabilitas hasil penurunan konsolidasi cukup besar, sedangkan sesudah stabilitas penurunan konsolidasi berkurang, maka metode stabilitas mampu mengurangi penurunan berlebih pada bangunan.

Kata Kunci: Cerucuk; Matras bambu; Geotekstile; Tanah Lunak; Plaxis 2D

Abstract

The seawall construction project in the Tambak Lorok Area, Semarang City was carried out to overcome flooding and sea level rise "ROB". This construction has challenges in handling where the subgrade soil conditions are soft soil that has low bearing capacity. The method to handling soft soil condition with low bearing capacity in this case study uses cerucuks, bamboo mattresses and geotextiles. Stability analysis is carried out using secondary data that getting from consultants and then processed for calculation. The analysis was carried out by comparing the results before and after stability using application plaxis 2D and for manual calculations moment on the embankment are search with the help of XSTABL and the formula for calculation used with existing theoretical approaches to determine the value of safety factors and how much consolidation settlement that occurs. The results of analysis with stability method using cerucuks, bamboo mattresses and geotextiles showed the results of the safety factor (SF) on the bearing capacity increased. Analysis results before $SF \leq 1.00$ stability on plaxis analysis and manual calculation. The results of the analysis after the stability of $SF \geq 1.50$ from the required safety, in the results of plaxis analysis $SF = 3.24$ and manual calculation $SF = 1.73$ from that analyses there was an increase in bearing capacity, so that the stability method effectively overcame the low soil bearing capacity. The results of the consolidation settlement show that before the stability of the consolidation settlement is quite large, while after the stability of the consolidation settlement decreases, the stability method is able to reduce the consolidation settlement in buildings.

Keywords: Cerucuks; Bamboo mattress; Geotextile; Soft Soil; Plaxis 2D

1. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Pantai Utara Jawa Tengah Indonesia mengalami fenomena land subsidence (penurunan tanah) dan kenaikan muka air laut. Kawasan pantai Tambak Lorok berada di wilayah utara Kota Semarang, tepi dekat Laut Jawa, sering terdampak kerusakan akibat banjir dan kenaikan air laut "ROB" yang sering terjadi menghambat pertumbuhan perekonomian, sosial, dan lingkungan di wilayah tersebut. Melalui implementasi sistem perencanaan polder yang mencakup infrastruktur berupa drainase, kolam retensi, stasiun pompa, dan tanggul laut, diharapkan dapat menanggulangi permasalahan banjir dan rob, tetapi juga meningkatkan kondisi lingkungan, kesehatan, dan perekonomian masyarakat sekitar menjadi lebih baik.

Selama pembangunan infrastruktur pengendali banjir, perencanaan desain tanggul laut sangat penting untuk menentukan bentuk konstruksi dan fungsinya. Ini memainkan peran penting dalam menata wilayah pesisir untuk menjadi pusat mata pencaharian nelayan setempat. Jadi, untuk menentukan desain yang tepat, perlu ada beberapa pilihan desain struktur yang digunakan sebagai acuan. Pilihan ini harus mencakup variasi bentuk, teknis, dan fungsional, serta keseimbangan bentuk dengan estetika tersebut.

Sebagian besar masalah pembangunan di pesisir laut berasal dari kondisi tanah lunak, yang biasanya disebabkan oleh gaya geser rendah, daya dukung tanah rendah, penurunan konsolidasi yang besar dan masalah umum lainnya. Masyarakat yang tinggal di daerah pesisir pantai, rawa, dan daerah kondisi pasang surut sering memanfaatkan cerucuk bambu atau dolken sebagai fondasi atau penyangga pada tanah lunak untuk

mendirikan tempat tinggal (rumah), jalan, sistem drainase dan irigasi, pipa air, serta proyek konstruksi lainnya.

Pemasangan geosintetik pada tanah lunak telah terbukti meningkatkan daya dukung dan mengurangi penurunan. Ini merupakan metode tambahan untuk memperbaiki karakteristik mekanik tanah lunak. Studi ini akan menginvestigasi dampak penggunaan geosintetik terhadap peningkatan daya dukung dan penurunan pada tanah dasar. Dalam teori, semakin banyak lapisan perkuatan yang diterapkan, semakin besar peningkatan daya dukungnya.

b. Rumusan Masalah

1. Berapa angka keamanan pada hasil perbandingan antara sebelum dan sesudah menggunakan material cerucuk, matras dan geotekstile ?
2. Bagaimana perbandingan antara sebelum dan sesudah menggunakan material cerucuk, matras bambu dan geotekstile terhadap penurunan konsolidasi menggunakan *Software Plaxis* pada perkuatan tersebut?

c. Maksud dan Tujuan

1. Mengetahui angka keamanan sebelum dan sesudah pada timbunan setelah dilakukan perkuatan dengan metode stabilitas menggunakan cerucuk, matras bambu dan geotekstil terhadap beban timbunan dan pembebanan.
2. Mengetahui nilai penurunan konsolidasi tanah yang terjadi sebelum dan sesudah menggunakan cerucuk, matras bambu dan geotekstil terhadap beban struktur atas dengan *Software Plaxis*.

d. Batasan Masalah

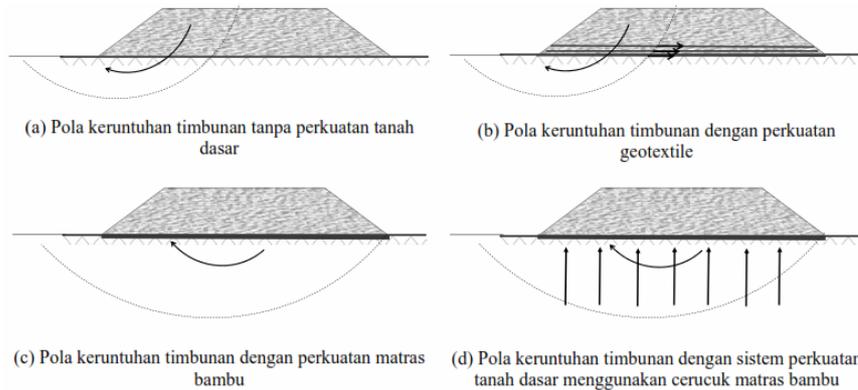
1. Lokasi studi dilakukan pada kawasan tambak lorok.
2. Penelitian ini hanya menganalisis stabilitas pekerjaan tanggul menggunakan cerucuk, matras bambu dan geotekstile
3. Geometri tanggul dibuat sesuai kondisi proyek dengan penyesuaian terhadap fokus analisis yang dilakukan.
4. Data uji laboratorium dan penyidikan tanah didapat konsultan dan dilakukan pengolahan untuk penyesuaian kebutuhan analisa.
5. Gaya lateral diakibatkan gelombang air laut pada analisa tidak diperhitungkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

a. Perbaikan tanah lunak

Soil improvement atau perbaikan tanah lunak adalah suatu metode stabilisasi tanah yang bertujuan untuk meningkatkan atau mempertahankan kemampuan serta kinerja tanah sesuai dengan persyaratan teknis yang diperlukan. Metode ini melibatkan penggunaan bahan tambahan seperti bahan kimia, rekayasa ulang tanah, pengeringan tanah, atau penggunaan energi statis/dinamis untuk mengubah sifat tanah. Perbaikan tanah secara konseptual terkait dengan stabilisasi kimia dan stabilisasi fisik. Masalah seringkali muncul dalam konstruksi karena adanya tanah lunak. Keadaan ini disebabkan oleh kelemahan daya dukung tanah tersebut. Kekurangan daya dukung ini dapat menimbulkan kerugian dalam berbagai aspek yang berpotensi menyebabkan struktur menjadi tidak stabil dan berpotensi roboh.

Ilustrasi tentang mekanisme keruntuhan timbunan di atas tanah lunak, dengan variasi perlakuan pada tanah dasar. Tanpa adanya perkuatan pada tanah dasar, terjadi keruntuhan dalam dengan bidang keruntuhan yang memotong timbunan dan melewati tanah dasar. Penggunaan cerucuk dapat menambah daya dukung tanah dan mengurangi resiko akibat gaya geser. Penggunaan matras bambu dapat meningkatkan stabilitas timbunan, meratakan pembebanan dan bidang kelongsoran tidak dapat menembus matras bambu. Sedangkan geotekstitle dapat meningkatkan keamanan stabilitas timbunan karena kekuatan tarik geotekstitle memberikan tahanan tambahan terhadap momen pada bidang keruntuhan. Sehingga dengan penggunaan perkuatan cerucuk, matras bambu dan geotekstitle diharapkan dapat mengatasi permasalahan pada karakteristik tanah lunak.



Gambar 1 Pola keruntuhan timbunan dengan berbagai jenis perlakuan terhadap tanah dasar (Irsyam dan Krisnanto, 2008)

b. Teori dan Konsep

Daya dukung tanah yang jenuh air (*c-soil*) dimana $\phi = 0$ maka $Nq : 0$, dan $Ny : 0$ sehingga rumus diatas dapat ditulis sebagai berikut :

$$q_{ult.} = Cu Nc$$

Dengan :

Cu = Kohesi undrained tanah dasar

Nc = 5,14 – 5,70

Perhitungan cerucuk menahan gaya ultimit sesuai daya dukung tanah lunak (Irsyam,2008) yang bekerja pada cerucuk tersebut.

Dengan :

Kl = keliling bambu rata-rata

c_1, c_2, \dots, c_i = kohesi undrained sesuai lapisannya

h_1, h_2, \dots, h_i = tinggi masing-masing lapisan tanah.

Ab = luas penampang cerucuk bambu

Sedangkan daya dukung maksimum ijin tanah yang dilimpahkan ke bambu dinyatakan :

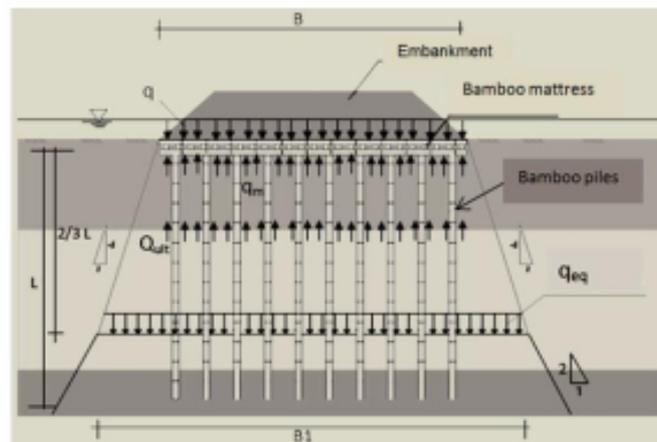
Daya dukung ultimate (Q_{ult}), 1 cerucuk bambu pada tanah lempung dinyatakan dengan:

$$N_c \cdot C_u \cdot A_b$$

Dengan :

- = Faktor adhesi dari hubungan empiris kuat geser
- C_u = kohesi lapisan tanah
- N_c = Faktor daya dukung, $N_c = 9$
- A_b = luas penampang cerucuk bambu
- A_s = luas selimut cerucuk bambu

Pembebanan maksimum timbunan yang bekerja pada tanah lunak dengan perkuatan cerucuk, matras bambu dan geotekstile seperti di ilustrasikan pada gambar 2 :



Gambar 2 Ilustrasi *load transfer* pada timbunan dengan perkuatan cerucuk dan matras (Widodo, 2019)

Pembebanan yang bekerja pada tanah dasar berupa beban timbunan dan beban struktur perkerasan di atasnya. Pada timbuna tanpa perkuatan daya dukung tanah dasar (q_{ult}) dibagi dengan beban timbunan dan beban struktur perkerasan. Sedangkan pada timbunan dengan perkuatan menggunakan cerucuk, matras bambu dan geotekstile dari ilustrasi pada gambar 2 perilaku matras bambu dan geotekstile memiliki kesamaan yaitu mendistribusikan beban secara merata atau meratakan beban ke seluruh luasan bidang matras. Sedangkan cerucuk bambu memberikan tambahan daya dukung terhadap tanah dasar. Maka dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_{max} =$$

Dengan :

- P_{max}/q_{eq} = Beban yang bekerja pada tanah dasar
- q = Beban merata
- B = Lebar matras
- B' = Lebar pada $2/3L$ dengan sudut $4v:1h$ yang terjadi akibat penggunaan piles

n = Jumlah cerucuk

Suatu timbunan dengan ketinggian tertentu perlu dilakukan perhitungan stabilitas untuk mengetahui kemungkinan resiko terjadinya kelongsoran pada bidang timbunan. Penggunaan material geotekstile banyak digunakan untuk penstabilan tanah baik pada timbunan maupun pada lereng. Resiko keruntuhan atau kegagalan pada suatu timbunan atau lereng yang perlu di tinjau yaitu *internal stability* dan *overall stability*. Perhitungan stabilitas yang perlu dilakukan pengecekan yaitu stabilitas terhadap daya dukung tanah, stabilitas terhadap geser rotational, dan stabilitas terhadap pergerakan (gelincir) lateral.

Faktor angka keamanan (*safety factor*) timbunan terhadap daya dukung tanah dasar :

$$FK_R =$$

Dengan :

FK_R = faktor keamanan geser rotasional tanpa perkuatan, $F_s \geq 1,5$

Faktor angka keamanan (*safety factor*) timbunan terhadap stabilitas geser rotational :

$$FK_U =$$

Dengan :

FK_u = faktor keamanan geser rotasional tanpa perkuatan, $F_s \geq 1,3$

M_D = momen pendorong (kN.m) = $w \cdot X$

M_R = momen penahan (kN.m) = $\sum T_s \cdot L_{AB} \cdot R$

Faktor angka keamanan (*safety factor*) timbunan terhadap pergerakan (gelincir) lateral :

Faktor keamanan terhadap perasan lateral (Silvestri, 1983):

$$FK_R =$$

Faktor keamanan terhadap geseran lateral (Christopher, 2000) :

$$FK_R =$$

c. Penurunan Konsolidasi

1. Pemampatan awal (initial compression)

Pemampatan awal (initial compression), yang pada umumnya adalah disebabkan oleh pembebanan awal (preloading). Perhitungan penurunan segera berdasarkan kelompok tiang Metode Vesic, 1997 yaitu.

Penurunan Segera tiang tunggal (*Immediately Settlement*) :

$$S = S_s + S_p + S_{ps}$$

Dengan :

S = penurunan total fondasi tiang tunggal

S_s = penurunan akibat deformasi aksial tiang tunggal $((Q_p + \xi \cdot Q_s) \cdot L) / (A_p \cdot E_p)$

S_p = penurunan dari ujung tiang $(C_p \cdot Q_p) / (D \cdot q_p)$

S_{ps} = penurunan akibat beban pd sepanjang tiang $(Q_s / A_s \cdot L) \cdot (D / E_s) \cdot (1 - v_s^2) \cdot I_{ws}$

Penurunan Segera Kelompok Tiang:

$$S_i =$$

Dengan :

S_i = penurunan elastis fondasi tiang tunggal
 S = penurunan tiang tunggal
 B_g = lebar kelompok tiang

2. Penurunan Konsolidasi Primer (Primary Consolidation)

Penurunan primer akibat konsolidasi disebabkan oleh penimbunan timbunan setinggi (H) di atas tanah lunak, yang meningkatkan tegangan pada tanah dasar dan menghasilkan proses konsolidasi. Ada dua jenis konsolidasi berdasarkan tegangan yang dihasilkan:

- Tanah terkonsolidasi secara normal (NC-Soil), di mana tegangan efektif saat ini merupakan maksimum yang pernah dialami tanah tersebut.
- Tanah terkonsolidasi lebih (OC-Soil), di mana tegangan efektif saat ini lebih rendah daripada yang pernah dialami sebelumnya.
 - Bila $(\sigma_{vo}' + \Delta\sigma) \leq \sigma_c'$, maka :
 - Bila $(\sigma_{vo}' + \Delta\sigma) \geq \sigma_c'$, maka :

Dengan :

S_c = besar pemampatan yang terjadi (m)
 C_c = indeks pemampatan (*compression index*)
 C_s = indeks pemuaiian (*swelling index*)
 e_0 = angka pori
 σ_o' = tegangan *overburden* efektif
 $\Delta\sigma$ = penambahan beban vertikal (beban luar)
 σ_c = tegangan prakonsolidasi

3. Penurunan Total

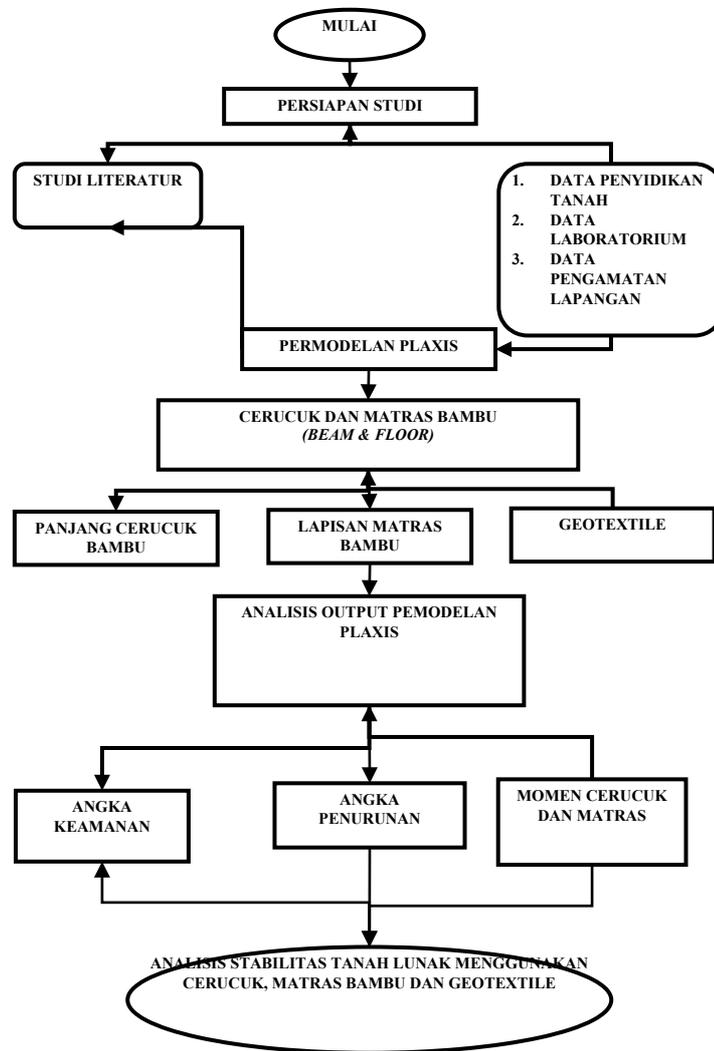
Penurunan total adalah jumlah dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi primer.

$$S_t = S_i + S_c$$

Dengan :

S_t = Penurunan total
 S_i = Penurunan segera
 S_c = Penurunan akibat konsolidasi primer

3. METODE PENELITIAN



Metode analisis stabilitas tanah lunak menggunakan cerucuk, matras bambu dan geotekstile studi kasus proyek pekerjaan tanggul kawasan tambak lorok yaitu dengan membandingkan antara sebelum dan sesudah menggunakan perkuatan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D*. Hasil output yang dicari yaitu nilai safety factor dan besaran penurunan konsolidasi yang terjadi. Maksud dan tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui tingkat efektivitasan penggunaan cerucuk, matras bambu dan geotekstile terhadap kondisi tanah dengan karakteristik tanah lunak.

Alur proses penelitian yang dilakukan yaitu dengan cara melakukan studi literatur dan pengumpulan data yang dibutuhkan untuk proses analisa. Setelah dilakukan pengumpulan data lalu dilakukan pengolahan data yang digunakan untuk input pada pemodelan pada aplikasi *Plaxis 2D*, Apabila telah selesai dilakukan pemodelan dan penginputan data material sesuai geometri tanggul maka dilakukan proses analisis dengan *output* yang akan diperoleh yaitu angka kemanan, besaran penurunan, dan gaya

dalam yang terjadi pada material yang digunakan. Berikut merupakan data material yang di input dan geometri penampang tanggul yang akan digunakan.

- Data input material tanah menggunakan model Mohr-Coulomb berupa :

Tabel 1 Data Tanah Input pada Aplikasi *Plaxis*

No	Properties	Sat	Timbunan	Tanah Asli (m)						
				0-5,5	5,5-10	10-15,5	15,5-20	20-25,5	25,5-30	30-35
			Padas	Lempung	Lempung	Lempung	Lempung	Lempung	Lempung	Lempung
N-SPT				2	3,33	4	6	6	8	10
q_c (kg/cm ²)				8	13,32	16	24	24	32	40
1	Material Model	-	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb	Mohr-Coloumb
2	Material Behavior	-	Drained	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained
3	Berat Volume Saturated (γ_{sat})	kN/m ³	20,81	14,382	15,246	16,732	17,070	17,173	17,084	17,996
4	Berat Volume Unsaturated (γ_{unsat})	kN/m ³	18,84	11,097	12,559	13,558	14,189	14,500	14,000	15,857
5	Modulus young (Eref)	kN/m ²	20000	2400	3919	4707	7061	7061	9414	11768
6	Poisson's Ratio (ν)		0,3	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
7	Kohesi (Cref)	kN/m ²	40	12	19,59	23,54	35,30	35,30	47,07	58,84
8	Sudut Geser (ϕ) (ϕ)	°	12,85	16,86	11,02	8,62	11,02	25,95	27,65	29,14
9	Sudut Dilatasi (ψ) (ψ)	°	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Permeabilitas Horizontal (kx)	m/det	1,00E-05	1,16E-08	1,16E-08	1,16E-08	1,16E-08	1,16E-08	1,16E-08	1,16E-08
11	Permeabilitas Vertikal (ky)	m/det	1,00E-05	1,16E-08	1,16E-08	1,16E-08	1,16E-08	1,16E-08	1,16E-08	1,16E-08

- Data input material bambu yang digunakan berupa data cerucuk dan matras bambu :

Tabel 2 Data Properties Matras Bambu

Identifikasi Properties Matras	Simbol	Hasil	Unit
Tebal 1 bambu	D	0,1	m
Momen Inersia	I	$1,03 \times 10^{-3}$	m ⁴
Luas Penampang	A	$7,85 \times 10^{-2}$	m ²
Kekakuan Penampang	EA	706.500	kN/m
Kekakuan Lentur	EI	9.272,81	kN/m ²

Tabel 3 Data Properties Cerucuk Bambu

Identifikasi Properties Matras	Simbol	Hasil	Unit
Tebal 1 bambu	D	0,1	m
Momen Inersia	I	$1,03 \times 10^{-3}$	m ⁴
Luas Penampang	A	$7,85 \times 10^{-2}$	m ²
Kekakuan Penampang	EA	706.500	kN/m
Kekakuan Lentur	EI	9.272,81	kN/m ²

- Data input material geotekstile dan pembebanan :

Tabel 4 Data Properties Geotekstile Woven

Identifikasi Properties Geotekstile	Simbol	Hasil	Unit
Tebal Geotekstile	D	0,001	m
Modulus Elastisitas	E	10.950	kN/m ²
Momen Inersia	I	$8,33 \times 10^{-11}$	m ⁴
Luas Penampang	Ap	$1,00 \times 10^{-3}$	m ²
Kekakuan Penampang	EA	10,95	kN/m
Kekakuan Lentur	EI	$9,13 \times 10^{-7}$	kN/m ²

Tabel 5 Total Pembebanan

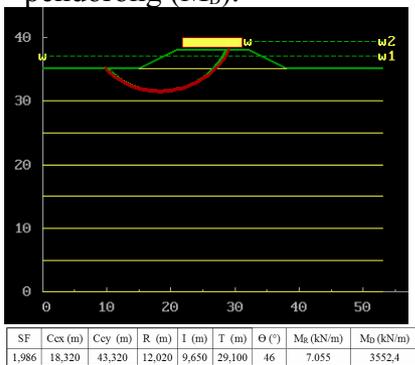
No	Jenis Beban	Berat satuan	Tebal (m)	Q (kN/m ²)
1	Berat Mati			
	Berat sendiri plat lantai	24,0 kN/m ³	0,25	6,000
2	Berat Lantai kerja	24,0 kN/m ³	0,1	2,400
	Beban Lalu Lintas	12,0 kN/m ²		12,000
3	Beban Tambahan	10,0 kN/m ²		10,000
Total beban $\Sigma Q =$				30,400

- Pemodelan tanggul menggunakan cerucuk, matras bambu dan geotekstile

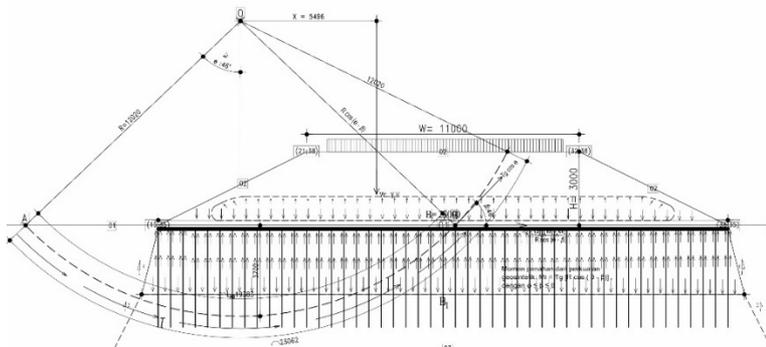
5	Angka Keamanan (FK) =	2,93 ≥ Fs 1,5
---	-----------------------	---------------

- Cek Stabilitas Timbunan terhadap Geser Rotational dan Pergerakan (Gelincir) Lateral
 Perhitungan stabilitas untuk mengetahui kemungkinan resiko terjadinya kelongsoran pada bidang timbunan. Penggunaan material geotekstile digunakan untuk penstabilan tanah baik pada timbunan untuk meminilisir resiko keruntuhan pada suatu timbunan yang di tinjau yaitu stabilitas geser rotational dan stabilitas pergerakan (gelincir) lateral.

Dalam perhitungan stabilitas terhadap geser rotational, untuk penentuan momen-memen yang bekerja pada timbunan disini dilakukan perhitungan dengan bantuan aplikasi XSTABL untuk memudahkan dalam pencarian momen penahan (M_R) dan momen pendorong (M_D).



Gambar 5 Hasil XSTABL



Gambar 6 Ilustrasi stabilitas timbunan

Tabel 7 Hasil Perhitungan Stabilitas Terhadap Geser Rotational

No	Analisa Perhitungan	Hasil
Momen yang Bekerja Pada Timbunan		
1	Momen Penahan (M_R) = $\sum T_s \cdot L_{AB} \cdot R$	7055 kN/m
2	Momen Pendorong (M_D) = $w \cdot X$	3552,4 kN/m
Angka Keamanan Geser Rotational		
3	Hasil Angka Kemanan (FK) = M_R/M_D	1,986 ≥ Fs 1,3
Kebutuhan Kuat Tarik Pengaruh Geser Rotational		
4	Kuat Tarik (T_g) =	-202,75 kN

Nilai $FK \geq 1,3$ dan nilai kuat tarik menunjukkan nilai negatif, maka timbunan tersebut sudah aman terhadap geser rotational tanpa perkuatan dengan *geotextile*.

Tabel 8 Hasil Stabilitas terhadap pergerakan (gelincir) lateral

No	Analisa Perhitungan	Hasil
Hasil Angka Keamanan Pergerakan (gelincir) lateral		
1	Angka Kemanan (FK) perasan lateral =	1,06 ≤ Fs 1,5
2	Angka Kemanan (FK) geser lateral =	5,57 ≥ Fs 1,5
Gaya Tarik akibat Pengaruh Pergerakan (Gelincir) lateral		

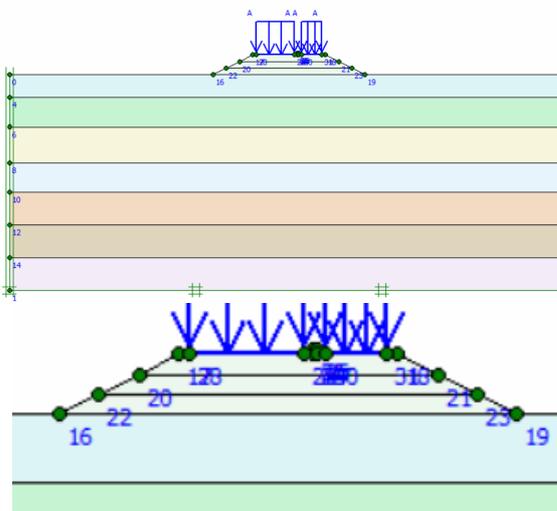
3	Gaya Tarik Ijin Perasan Lateral (T_2) = $Cu \cdot L$	93 kN
4	Gaya Tarik Ijin Geser Lateral (T_1) = $0,5 \times H^2 \times \gamma_m \times Ka$	20,36 kN
Kuat Tarik Ijin, Kuat Tarik Ultimate minimum, dan Deformasi Elastik Ijin Geotekstile		
5	Kuat Tarik Ijin Geotekstil Rencana (T_a)	113,36 kN
6	Kuat Tarik Ultimate Geotekstile (T_{uh}) = $T_a \cdot RF_{cr} \cdot RF_{D} \cdot RF_{seam} \cdot RF_D$	405,08 kN
7	Deformasi Elastik Geotekstile (J) = $T_{geotekstile} / \epsilon_{geosinteti}$	1833.33 kN

Hasil FK geser lateral menunjukkan nilai $FK \geq 1,5$ maka aman terhadap geser lateral, namun hasil FK perasan lateral menunjukkan nilai $FK \leq 1,5$ maka timbunan pada tanah lunak tersebut membutuhkan tulangan goesintetik untuk meminimalisir resiko terhadap perasan lateral dengan kuat tarik rencana (T_a) = 113,36 kN.

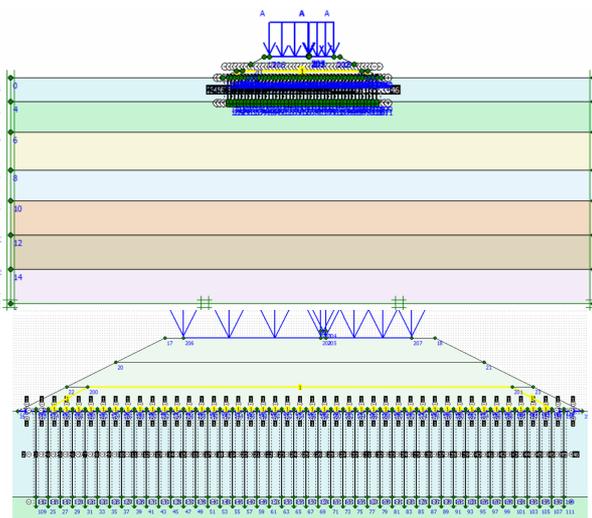
b. Analisis Stabilitas Tanah Lunak Menggunakan Cerucuk, Matras Bambu dan Geotekstile dengan Aplikasi Plaxis 2D

Proses analisis yang dilakukan untuk membandingkan tingkat efektivitas perkuatan menggunakan cerucuk, matras bambu dan geotekstile dalam mengatasi permasalahan pada tanah lunak akibat dilakukan pembebanan berupa timbunan, maka dibandingkan hasil sebelum dan sesudah penerapan cerucuk, matras bambu dan geotekstile untuk mengetahui perbandingan hasil yang diperoleh dari analisa menggunakan *Plaxis 2D*. Hasil yang diperoleh dari proses analisa menggunakan *Plaxis 2D* yaitu berupa angka keamanan dan besaran penurunan konsolidasi yang terjadi.

- Pemodelan Plaxis 2D

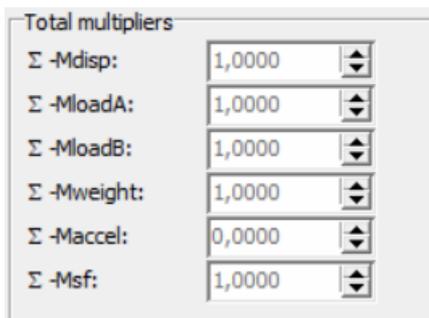


Gambar 7 Pemodelan sebelum perkuatan

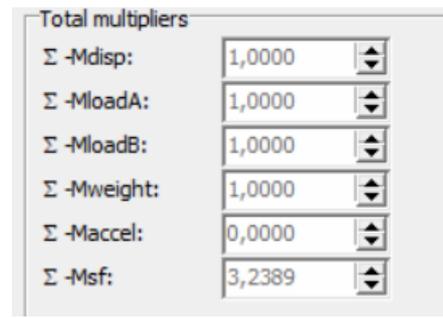


Gambar 8 Pemodelan setelah perkuatan

- Angka Keamanan (*Safety Factor*)



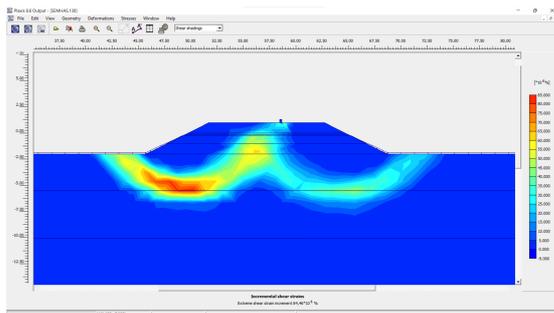
Gambar 9 *Safety factor* sebelum perkuatan



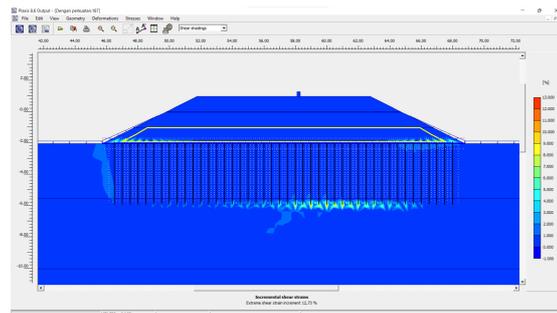
Gambar 10 *Safety factor* setelah perkuatan

Hasil output Angka Keamanan (*Safety Factor*) pada aplikasi *Plaxis 2D* sebelum perkuatan nilai *safety factor* (SF) kurang dari Sf yang di persyaratkan yaitu 1,5. Setelah dilakukan perkuatan dengan cerucuk, matras bambu, dan geotekstile nilai nilai *safety factor* (SF) meningkat menjadi $3,24 \geq SF 1,5$. Perbandingan dari hasil nilai *safety factor* menunjukkan penggunaan perkuatan dengan cerucuk, matras bambu dan geotekstile mampu meningkatkan daya dukung pada tanah lunak.

- *Incremental Strains*



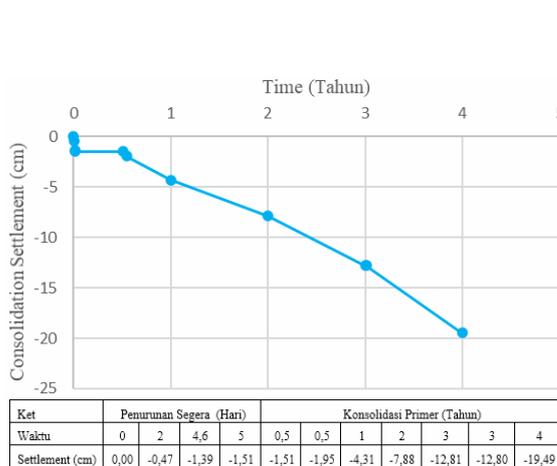
Gambar 11 *Incremental Strain* sebelum perkuatan



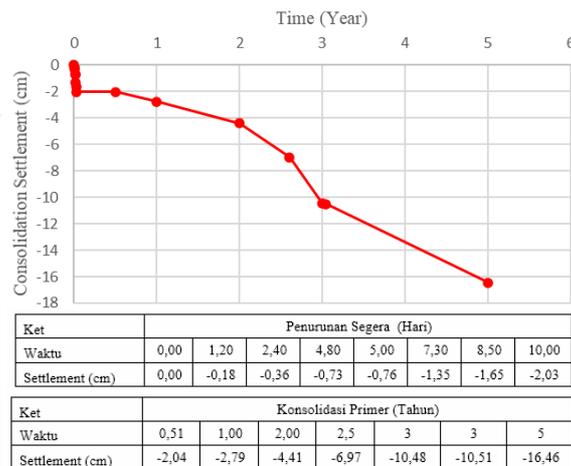
Gambar 12 *Incremental Strain* setelah perkuatan

Perbandingan hasil *incremental strain* yang terjadi pada timbunan pada tanah lunak antara tanpa perkuatan dengan menggunakan perkuatan cerucuk, matras bambu, dan geotekstile. Pada timbunan tanpa perkuatan terlihat *incremental strain* yang terjadi berbentuk lingkaran yang memotong badan timbunan. Hal tersebut menunjukkan hasil analisa antara XSTABL dan *Plaxis 2D* memiliki hasil yang sama dalam menganalisa resiko geser rotational terhadap timbunan pada tanah dasar. Setelah dilakukan perkuatan dengan cerucuk, matras bambu, dan geotekstile, *incremental strain* yang sebelumnya berbentuk lingkaran yang memotong dapat dieliminasi resiko *incremental strain* yang terjadi berpindah pada ujung cerucuk dan pada matras bambu dan geotekstile.

- Penurunan konsolidasi



Gambar 13 Penurunan sebelum perkuatan



Gambar 14 Penurunan setelah perkuatan

Hasil output penurunan konsolidasi pada aplikasi *Plaxis 2D* terlihat perbandingan nilai penurunan konsolidasi sebelum perkuatan sebesar -0,195 m lebih besar dibanding setelah perkuatan sebesar -0,165 m, sehingga bisa disimpulkan stabilitas timbunan pada tanah lunak menggunakan cerucuk, matras bambu, dan geotekstile mampu mengurangi besaran penurunan konsolidasi yang terjadi.

4. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

- Berdasarkan hasil analisa stabilitas menggunakan Cerucuk Matras Bambu dan dan Geotekstile diketahui angka keamanan (safety factor) sebelum stabilitas dari dua metode analisa diperoleh nilai $SF \leq 1,00$. Sedangkan ketika dianalisa setelah perkuatan hasil yang diperoleh pada aplikasi plaxis sebesar $SF = 3,24$ dan perhitungan manual sebesar $SF = 2,93$. maka penggunaan Cerucuk, Matras bambu dan Geotekstile efektif dapat meningkatkan daya dukung tanah.
- Berdasarkan hasil analisa permodelan timbunan dengan tidak menggunakan Cerucuk Matras Bambu dan Geotekstile pada Software Program Plaxis 2D diperoleh penurunan akhir sebesar **0,195 m**. Sedangkan pada analisa terhadap timbunan dengan menggunakan Cerucuk Matras Bambu dan Geotekstile pada Software Program Plaxis 2D diperoleh nilai penurunan tanah berkurang dibandingkan tanpa perkuatan yaitu sebesar **0,165 m**

B. Saran

- Sebelum melakukan perhitungan untuk analisis atau desain perlu dilakukan analisis data terlebih dahulu untuk memvalidasi data yang diperoleh apakah ada kekeliruan atau tidak.
- Pada penelitian selanjutnya mengenai bambu terhadap daya dukung pada tanah lunak dapat dipertimbangkan daya dukung terhadap daya apung bambu.
- Perhatian ekstra diperlukan saat penginputan data dan juga proses modeling ke program plaxis 2D. Ini karena kesalahan penginputan data meskipun sedikit

dapat pada outputnya. Pada hasil pekerjaan pada program plaxis 2D harus disimpan secara berkala karna seringkali not responding.

UCAPAN TERIMAKASIH

Sebagai penulis saya merasa banyak kekurangan dalam menyelesaikan tugas akhir ini, sehingga saya mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini saya menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Bapak Dr. Rifqy Brilyant Arief, ST.,MT., selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. H. Soedarsono, M., Si., selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

Saya selaku penulis meminta maaf sebesar – besarnya atas kekurangan pada penyusunan tugas akhir. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi saya maupun pembaca.

Javier Alfith Shodikin
NIM : 30202000091

Ladi Safirnika
NIM : 30202000100

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2017). SNI 8460-2017 Persyaratan Perencanaan Geoteknik. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2009. Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik. Penerbit Bina Marga. Jakarta.
- Faradila, A. (2023). Studi Mekanisme Interaksi Tanah-Matras Cerucuk Bambu sebagai Perkuatan Tanah Lunak. *Buletin Profesi Insinyur* 6(1) 007-013
- Harianto, T., Samang, L., Halik, J., & Farid, M. (2018). Studi Perkuatan Tanah dengan Aplikasi Pile Bambu pada Deposit Tanah Lunak.
- Irsyam, M. (2014). Indonesian Plaxis User Meeting UTILIZATION OF BAMBOO PILE-MATTRESS SYSTEM AS SOIL IMPROVEMENT FOR EMBANKMENT ON VERY SOFT SOIL CONDITIONS Chair-Team for Revision of Sesimic Hazard Maps of Indonesia 2010 *Head-Research Center for Disaster Mitigation ITB *Member-Advisory Board for Building Construction, Jakarta Content.
- Irsyam, M., & Krisnanto, S. (2009). Pengujian Skala Penuh Dan Analisis Perkuatan Cerucuk Matras Bambu Untuk Timbunan Badan Jalan Di Atas Tanah Lunak Di Lokasi Tambak Oso, Surabaya. *Civil Engineering Forum Teknik*
- Kempfert, H.-Georg., & Gebreselassie, Berhane. (2006). *Excavations and foundations in soft soils*. Springer-Verlag.
- Lakawa, I. (2021). Korelasi Nilai CBR Dengan kepadatan Lapangan Subbase Course. *Sultra Civil Engineering Journal (SCiEJ)*, 2(2).
- Luthfiyyah, M. N., Kusumah, H., & Hartono, H. (2023). Analisis Stabilisasi Tanah Dasar dengan Cerucuk Bambu dan Geotekstil. *Rekayasa Sipil*, 17(2), 161–168. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2023.017.02.7>
- Wicaksono, A. D., Mochtar, N. E., & Kumalasari, P. T. (2017). Perencanaan perbaikan tanah dasar dan perkuatan stabilitas timbunan jalan tol Pasuruan-Grati sta 30+ 100 sd sta 31+ 500. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), E80–E84.
- Widodo, B., dan Widodoanidyawati, V. (2022) Kajian teknis rencana gedung SDN Tanjung Priok 01 Jakarta Utara, *Journal of Civil Engineering and Technology*, Vol . 1(1) pp 24-35.
- Widodo, B., Pratikso, Rochim, A. (2022) Determining The Stiffness of Bamboo Mattress in Soft Soil Improvement Analysis with Bamboo Mattress Pile Construction, *Technology Reports of Kansai University*, Vol 64 (6) pp. 8053–8063
- Widodo, B., Pratikso, Rochim, A., Irsyam, M., & Widodoanidyawati, V. (2019). Influence of bamboo pile clusters in the pile mattress bamboo construction systems as reinforcement of soft subgrade that support embankment load. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 527(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/527/1/012055>
- Wulandari, P. S., & Tjandra, D. (2015). Analysis of geotextile reinforced road embankment using PLAXIS 2D. *Procedia Engineering*, 125, 358–362. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.075>
- Zebua, H. F. (2022). ANALISA PENURUNAN AKIBAT BEBAN TIMBUNAN PADA TANAH GAMBUT DENGAN PERKUATAN. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 21(1), 50–64.

