

## PENGARUH PENGGUNAAN TIANG BAMBU ADA KONSTRUKSI JALAN DENGAN TANAH LUNAK DI DEMAK

Laura Elvirandra \*

*<sup>1\*</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pertahanan, IPSC Sentul, Sukahati Citeureup, Bogor, Jawa Barat, Indonesia*

*e-mail: [lauravengeance20@gmail.com](mailto:lauravengeance20@gmail.com)*

### ABSTRAK

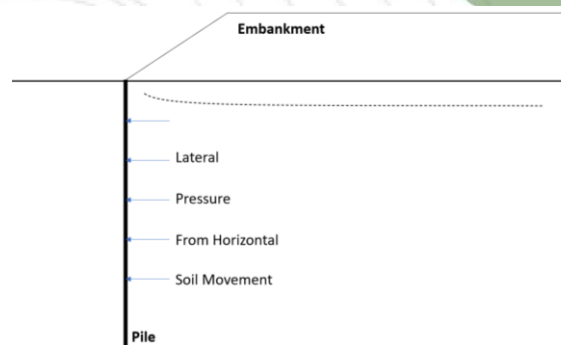
Jalan merupakan prasarana yang penting untuk menunjang kehidupan berbangsa dan bernegara, karena dapat digunakan untuk mobilisasi bagi kemakmuran rakyat, memperlancar pembangunan suatu daerah, serta meningkatkan daya guna dan kegunaan distribusi barang untuk menunjang kehidupan masyarakat ekonomi. Hingga tahun 2020, menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), diperkirakan 20 juta hektar atau 10% dari total luas daratan Indonesia merupakan tanah lunak. Sebagian besar tanah di Kabupaten Demak akan menjadi keras dan retak pada musim kemarau, namun sangat rapat dan volumenya membesar pada musim hujan. Jenis tanah ini juga menjadi salah satu penyebab seringnya terjadi penurunan muka tanah di Demak (Perbup Demak No. 12 Tahun 2016). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung tanah dan penurunan tanah lunak jika menggunakan tiang pancang bambu dan tanpa menggunakan tiang pancang bambu pada pembangunan jalan di Demak. Untuk variasi digunakan jarak tiang bambu  $d$  dan  $3d$ . Dari hasil pengujian didapatkan peningkatan daya dukung tanah batas hingga 2,2 dibandingkan tanpa pondasi bambu dan penurunan tanah pada tanah lunak di Demak semakin kecil, serta diperoleh SF sebesar 2,1.

Kata kunci: bambu, tanah lunak, daya dukung

### PENDAHULUAN

Di Indonesia khususnya Demak, regulasi berskala nasional dapat digunakan, sehingga berdasarkan Undang-undang Nomor 38 Tahun 2004, Jalan merupakan infrastruktur penting di berbagai bidang, termasuk pertahanan dan keamanan nasional. Melihat pentingnya peran jalan, maka perlu dibangun jalan untuk menunjang pertahanan negara, termasuk pembangunan jalan di jalan lunak jika ada jalan trase melalui tanah lunak. Hingga tahun 2020, menurut (PUPR, 2020) diperkirakan 20 juta hektar atau 10% dari total luas daratan Indonesia adalah lahan lunak. Kondisi tanah ini menyebabkan tanah tidak dapat menopang struktur konstruksi di atasnya dan dapat menyebabkan retakan jalan, jalan runtuh, dan lain-lain.

Tanah lunak adalah tanah yang kurang mampu menopang beban konstruksi karena kadar air yang tinggi, kompresibilitas tinggi, dan indeks plastisitas yang tinggi, sehingga membuat tanah mengapung saat terkena air. Selain itu, tanah ini juga memiliki daya dukung yang relatif kecil dan kompresibilitas yang besar yang dapat menyebabkan penurunan muka tanah yang berlebihan jika kelebihan beban dengan suatu struktur (Wibowo, 2011) (Putra & Makarim, 2020) (Kasim et al., 2013) (Hamdhan & Iskandar, 2019) (Ravindran et al., 2019) (Zainuldin et al., 2022).



Gambar. 1 Tekanan Lateral yang Diinduksi pada Tiang Pancang dari Konstruksi Tanggul  
 Sumber : (Goh et al., 1997)

Pondasi tiang pancang adalah anggota struktural vertikal atau miring yang terbuat dari baja, bambu, kayu, atau beton yang dipasang di tanah untuk mentransfer beban vertikal dan atau beban horizontal (Tomlinson, 2015). Jika pondasi tiang pancang tidak diberikan sebagai penguat yang menopang kekuatan tanah lunak, maka potensi kerusakan jalan yang merupakan salah satu infrastruktur penting pertahanan negara akan semakin besar (Poooria & Navid, 2018) (Yao et al., 2019).

Bambu merupakan salah satu bahan alami yang murah dan dapat digunakan secara efektif dalam hal risiko, kemudahan konstruksi, biaya, dan sifat berkelanjutan dari proyek untuk digunakan sebagai penguat dalam konstruksi (Rahardjo, 2005). Bambu yang digunakan sebagai pondasi dapat meningkatkan stabilitas tanah lunak, daya dukung tanah lunak, dan faktor keamanan tanah lunak (Mayilswamy et al., 2021). Penggunaan bambu merupakan salah satu metode konvensional yang lebih murah dan ramah lingkungan untuk digunakan sebagai alternatif berkelanjutan permasalahan konstruksi jalan pada tanah lunak (Mouka & Dimitrakopoulos, 2021).

Indonesia yang kondisinya adalah tanah lunak, sedangkan Demak merupakan daerah akses antar kota. Kondisi geologi Demak yang memiliki tanah lunak menyebabkan penguatan tanah membangun konstruksi jalan yang baik dan mampu menahan beban di atasnya (CV.AMIR JAYA GROUP, 2021). Penelitian penguatan tanah lunak menggunakan bambu telah dilakukan oleh [2] menganalisis uji timbunan lapangan bertulang bambu untuk menganalisis mekanisme interaksi struktur bambu dan tanah. Penggunaan bambu bertujuan untuk menghambat pergeseran tanah di lapangan longsor (Rusdiansyah, 2016).

Tegangan vertikal pada tanah lunak juga dapat dikurangi dengan penggunaan tiang bambu [4]. Daya dukung yang dimiliki oleh tiang bambu dipengaruhi oleh jumlah bambu, dimensi bambu, dan *kekuatan geser tanah*, serta elastisitas tanah di suatu daerah (Faradila, 2023). Diameter dan panjang tumpukan bambu yang lebih besar dapat berpengaruh pada peningkatan daya dukung tanah (Suroso, 2018) (Rusdiansyah, 2016). Penggunaan bambu dengan cabang dapat meningkatkan kapasitas tarik sebesar 2,5-2,8 kali dibandingkan dengan paku pipa baja (Z.-H. Dai et al., 2016) (Z. Dai et al., 2014). [8] menyimpulkan bahwa daya dukung tertinggi pada tanah lunak yang diperkuat dengan bambu dapat mencapai hingga 1,3 kali lebih besar dibandingkan dengan penggunaan geocell polimer dan geogrid. Untuk jarak pada tulangan geotekstil di tanggul jalan hampir sama dan kurang dari 1 m.[9]

Untuk menggunakan tiang bambu sebagai pondasi tanah lunak untuk pembangunan jalan, diperlukan pedoman dan referensi yang tepat dan lengkap. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengkaji kinerja tiang bambu dalam mengurangi penurunan tanah dan meningkatkan daya dukung tanah untuk pembangunan jalan raya. Hasilnya, alternatif baru solusi masalah tanah liat lunak untuk pembangunan jalan dapat digunakan lebih ramah lingkungan dan ekonomis, didukung oleh data dan pedoman (Huang & Lai, 2019).

Penelitian ini menggunakan plaxis 8.6 untuk menganalisis penurunan tanah dan daya dukung tanah serta pengaruhnya jika diberi pondasi tiang bambu dengan variasi jarak antara  $d$  dan  $3d$  tiang bambu.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan percobaan menggunakan data primer dan sekunder selanjutnya dilakukan perhitungan pada aplikasi *Plaxis v8*, dan mendapatkan beberapa referensi berdasarkan *literature review*

## DATA PENELITIAN DAN TEORI KALKULASI

### Data Penelitian

Data yang diperoleh akan dilakukan perhitungan berdasarkan variasi yang telah ditentukan, yaitu variasi pada jarak pondasi cerucuk bambu sebesar  $d$  dan  $3d$ . Pada perhitungannya mempertimbangkan daya dukung tanah, penurunan tanah, dan *factor of Safety* yang didapat dengan analisis *Mohr coloum* dan *Friction* pada pencarian FS.

Tabel 1 *Characteristics of Bamboo* [11]

<i>Characteristics</i>	<i>Bamboo</i>	
	<i>Poor variety</i>	<i>Good Variety</i>
<i>Specific Gravity</i>	-	0.7
<i>U.T.S. (Kg/cm<sup>2</sup>)</i>	1000	2000
<i>Elongation at break</i>	-	-

Tabel 2 *Cost of Bamboo As Materials* [11]

<i>Cost</i>	<i>Bamboo</i>	
	<i>Poor variety</i>	<i>Good Variety</i>
<i>UTS (Kg/cm<sup>2</sup>)</i>	1500	6000
<i>Yield (Kg/m<sup>2</sup>)</i>	1200	-
<i>Allowable stress (Kg/cm<sup>2</sup>)</i>	600	3000
<i>Cost/liter</i>	3	60
<i>Equivalent Sectional area (cm<sup>2</sup>)</i>	2.5	0.5
<i>Cost of 1000cm length with equivalent area</i>	7.5	30
<i>Cost Ratio</i>	0.25	1

\*Area of member having a strength equal to a Mild Steel Section with an area of 1 cm<sup>2</sup>.

\*Average value for commercial grades.

Tabel 3 *Terzaghi's Bearing Capacity Factors*

$\Phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5.7	1	0
1	6	1.1	0.01
2	6.3	1.22	0.04
3	6.32	1.35	0.06
4	6.97	1.49	0.1
5	7.34	1.64	0.14
10	9.61	2.69	0.56
15	12.86	4.45	1.52



20	17.69	7.44	3.64
25	25.13	12.72	8.34

Reference : [12]

Tabel 4 Parameter Tanah Sayung, Demak

Name	$\gamma_{unsat}$	$\gamma_{sat}$	E	c	f
	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	°
Embankment	18		3000	10	30
Clay-Very Loose	11	15.5	1000	8.8	18
Clay-Loose	11	15	1000	16	16

Reference : [1]

Tabel 5 Parameter 1 Bamboo Pile

Parameter			Unit
Young Modulus	E	9 x 10 <sup>6</sup>	kN/m <sup>2</sup>
Weight	$\gamma$	6,7	kN/m <sup>3</sup>
Properties type	Type	Embedded pile	-
Diameter	D	0,1	m
Cross section area	A	6,594 x 10 <sup>-3</sup>	m <sup>2</sup>
Momen of inertia against bending around the third axis	I3	4,780 x 10 <sup>-6</sup>	m <sup>2</sup>
Momen of inertia against bending around the third axis	I2	4,780 x 10 <sup>-6</sup>	m <sup>2</sup>
Momen of inertia against oblique bending	I23	0	m <sup>2</sup>
Skin friction type	Type	Multilinear	-

Reference : [2]

## Teori Kalkulasi

Percobaan ini menggunakan beberapa formula seperti daya dukung tanah, daya dukung pondasi, dan penurunan tanah.

Terzaghi (1943) menganalisis daya dukung tanah dengan asumsi bahwa pondasi memanjang tak terbatas dengan lebar B dan terletak di atas tanah homogen.

Untuk pondasi melingkar, persamaan daya dukung batas yang disarankan oleh Terzaghi adalah sebagai berikut :

$$q_{ult} = 1,3 c N_c + D_f \gamma N_q + 0,3 \gamma B N_\gamma$$

Keterangan :

c = kohesi

N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub> = faktor daya dukung terzaghi

D<sub>f</sub> = kedalaman

- $\gamma$  = satuan berat tanah  
 $B$  = diameter pondasi (untuk lingkaran)

Kapasitas dukung bersih pondasi tanah dasar dengan cerucuj  $q_{nr}$  dapat diformulasikan :

$$q_{nr} = q_u + q_{gt} + (q_{cg} - \gamma_{sp}L)$$

Kapasitas dukung batas tanah dasar ( $q_u$ ) yang digunakan untuk timbunan jalan, dapat diformulasikan menjadi :

$$q_{nr} = c N_c + \gamma_s D_f N_q + \frac{1}{2} B \gamma_s N_\gamma$$

Untuk tanah dasar lunak lempung, kapasitas dukung tanah dasar diformulasikan sebagai berikut [13].

$$q_{nr} = c N_c$$

Lebar bawah timbunan jalan dapat diperhitungkan dengan formula :

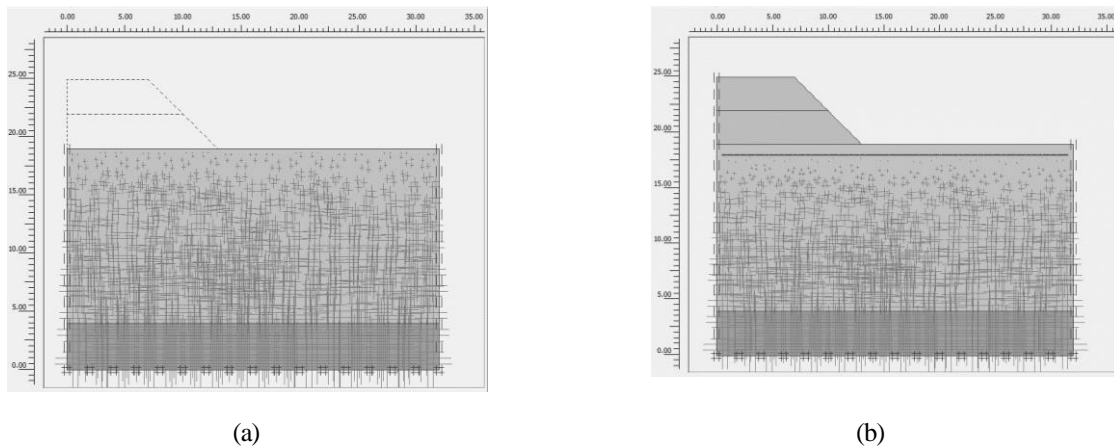
$$B = B + 2nH_{plan}$$

Penurunan tanah total ( $S_T$ )

$$S_T = S_I + S_C + S_S$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

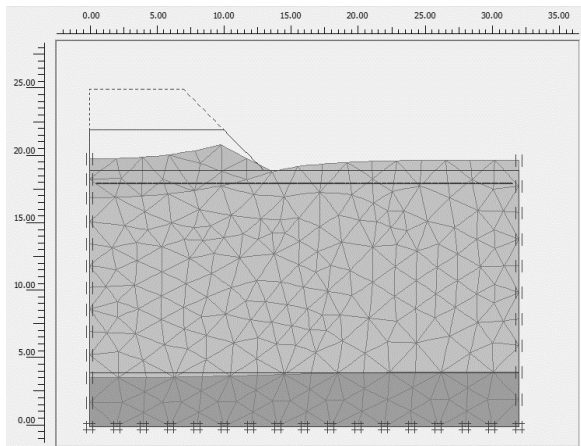
Simulasi dilakukan pada tanah lunak dengan tinggi pile 6 m dan analisis pada titik A yang berada tepat di bawah dasar tanggul.



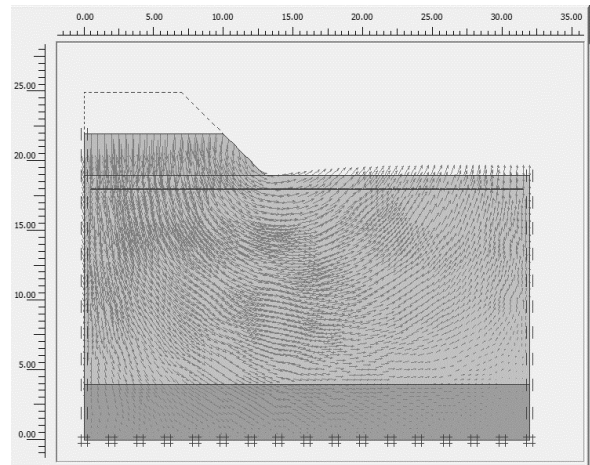
Gambar 2. (a) (b) .Daya dukung ekstrem di tanah tanpa tanggul -107.70 kN/m<sup>2</sup>.

Gambar diatas mensimulasikan tanah yang dibebani oleh konstruksi jalan tanpa beban tambahan dan menghasilkan daya dukung tanah sebesar 107,7 kN/m<sup>2</sup>.

## Deformasi Tanah

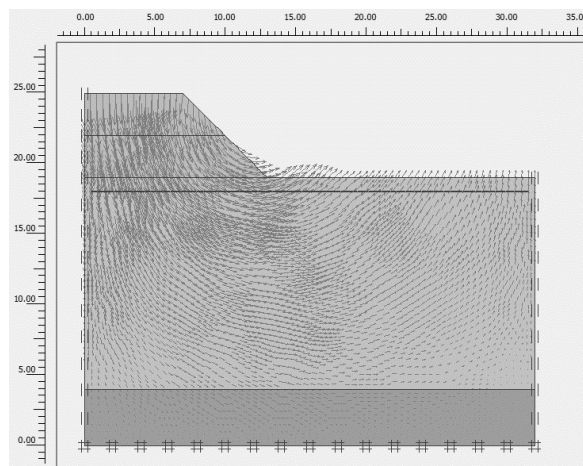


Gambar 3. Deformasi Tanah pada Kondisi Awal



Gambar 4. Panah Deformasi Tanah pada Tahap 1

Pada tiang pancang tahap 1 tanpa tiang bambu diperkuat, deformasi horizontal rata-rata 0,081 m, penurunan tanah sebesar -0.0475 m, dan deformasi total maksimum 0,4316 m. Hal ini menunjukkan bahwa tanah akan terdeformasi karena beban yang diterima dari konstruksi jalan, jika tanah tersebut tidak diberi perkuatan.



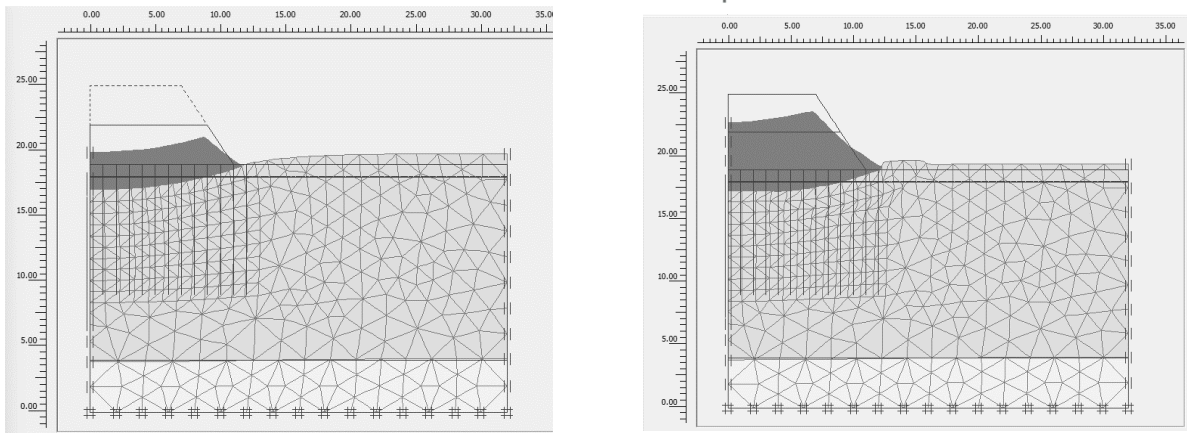
Gambar 5. Panah Deformasi Tanah pada Tahap 2

Ketika tiang pancang tahap 2 tanpa tiang bambu menguat, deformasi horizontal rata-rata 0,0791 m, penurunan tanah sebesar -0.0791 m, dan deformasi total maksimum 1,19 m. Pada konstruksi tahap dua tanah semakin terdeformasi akibat beban yang diterima.

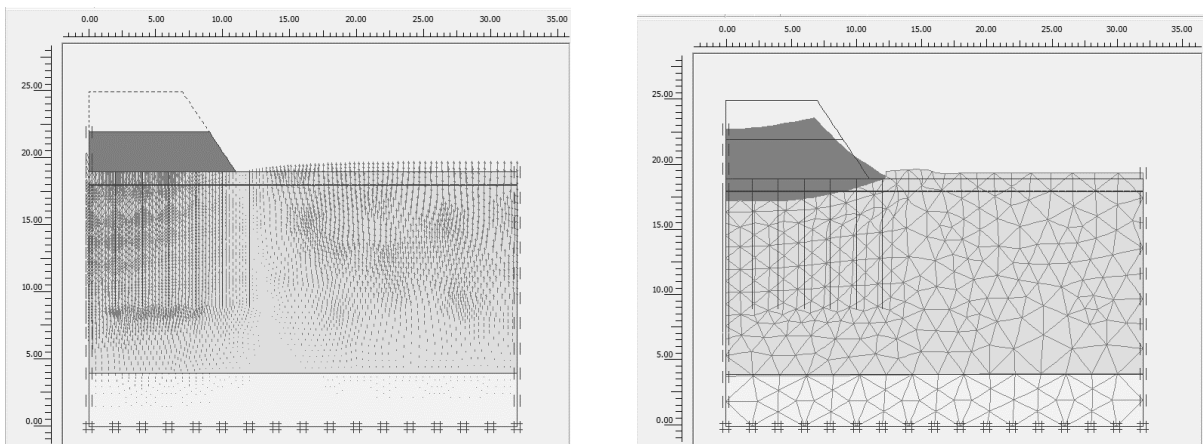
Deformasi tanah akan semakin besar saat beban konstruksi yang diterima semakin besar. Pada percobaan ini tanah pada konstruksi tahap dua terdeformasi 2.7 kali lebih besar dibandingkan pada tahap satu dan penurunan tanah pada tahap dua sebesar 1,66 kali lebih besar dibandingkan tahap satu, hal ini disebabkan oleh tanah yang tidak mampu menahan beban yang diterima.

## Pemodelan Pondasi pada *Plaxis*

Bambu merupakan bahan yang cocok sebagai pondasi karena harganya yang murah, sifatnya yang ramah lingkungan, dan kekuatan tarik yang tinggi [8] [14].



(a) (b)  
 Gambar 6. (a) Penurunan tanah di tanggul 3m dan menggunakan bambu  $s = d$  ; (b) Penurunan tanah di tanggul 6m dan menggunakan bambu  $s = d$



(a) (b)  
 Gambar 7. (a) Soil settlement in 3m embankment and using bamboo  $s = 3d$ ; (b) Soil settlement in 6m embankment and using bamboo  $s = 3d$

Berdasarkan hasil simulasi pada aplikasi *plaxis*, maka dihasilkan data berikut.

**Hasil Simulasi Kondisi Tanah Awal**

<i>Parameters</i>	<i>Condition</i>	<i>Without Bamboo Pile</i>
Bearing Capacity (kN/m <sup>2</sup> )	Initial	-107.7
	Embankment 1	-113.82
	Embankment 2	-145.24
Settlement (m)	Embankment 1	-0.0475
	Embankment 2	-0.25956
Total Deformation (m)	Embankment 1	0.4316
	Embankment 2	2.142
Safety Factor	Embankment 1	1.4108

	Embankment 2	1.4642
--	--------------	--------

**Hasil Simulasi Tanah Menggunakan Perkuatan Bambu 0,1 m dengan jarak d**

Parameters	Condition	Bamboo Pile $d=0,1$ $s= d$
Bearing Capacity (kN/m <sup>2</sup> )	Initial	107.7
	Embankment 1	-239.022
	Embankment 2	-215.7
Settlement (m)	Embankment 1	-0.0267188
	Embankment 2	-0.1442
Total Deformation (m)	Embankment 1	0.60424
	Embankment 2	1.19
Safety Factor	Embankment 1	2.53944
	Embankment 2	2.56235

**Hasil Simulasi Tanah Menggunakan Perkuatan Bambu 0,1m dengan jarak 3d**

Parameters	Condition	Bamboo Pile $d=0,1$ , $s=3d$
Bearing Capacity (kN/m <sup>2</sup> )	Initial	107.7
	Embankment 1	-167.3154
	Embankment 2	-175.7404
Settlement (m)	Embankment 1	-0.035625
	Embankment 2	-0.20188
Total Deformation (m)	Embankment 1	0.77688
	Embankment 2	1.666
Safety Factor	Embankment 1	1.707068
	Embankment 2	2.04988

Berdasarkan penelitian yang telah disimulasikan pada tanah tanpa tiang bambu, nilai penurunan tanah pada saat tiang pancang 3m sebesar -0,0475, nilai deformasi total sebesar 0,4316, dan PS tanggul 3m sebesar 1,4108.

Nilai penurunan pada saat timbunan 6m adalah -0,25956, total deformasi adalah 2,142, dan SF adalah 1,4642.

Kondisi Kasus 1 menggunakan tiang bambu sedalam 10 meter dengan diameter 0,1 dan jarak 1m, diperoleh nilai penyelesaian tanah pada tanggul 3m yaitu -0,0267 m, deformasi total 0,6042, dan SF 2,5394

Nilai penurunan pada tanggul 6m sebesar -0,1442, deformasi total sebesar 1,6660, dan SF sebesar 2,5623.

Kondisi Kasus 2 menggunakan tiang bambu sedalam 10 meter dengan diameter 0,1 dan jarak 2m, diperoleh nilai penyelesaian tanah bila tanggul sebesar 3m, yaitu -0,0356, deformasi total 0,7768, dan SF 1,7070

Nilai penurunan pada tanggul 6m sebesar -0,1854, deformasi total sebesar 1,19, dan SF sebesar 2,04988.



## KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan yang dilakukan menggunakan aplikasi *Plaxis V8*, diperoleh bahwa tanah lunak di Demak akan terdeformasi sebesar 2,1 meter dan perolehan angka *Factor of Safety* adalah 1,4, hal ini diakibatkan oleh tanah yang tidak mampu menahan beban lateral yang diberikan oleh konstruksi tanah. Sedangkan jika menggunakan perkuatan cerucuk bambu, tanah akan menahan gaya lateral, gaya geser, dan menambah kekuatan tanah, sehingga pada tanah dengan perkuatan cerucuk bambu yang berjarak  $d$ , diperoleh deformasi total 1,19 meter dan penurunan 0,14 meter, dengan angka *Factor of Safety* sebesar 2,56. Pada penggunaan cerucuk bambu dengan jarak  $3d$ , diperoleh deformasi total sebesar 1,6 meter, penurunan 0,2 meter, dan *Factor of Safety* sebesar 2,04.

Maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan cerucuk bambu efektif untuk menambah daya dukung tanah dan meningkatkan *Factor of Safety*, dengan jarak efektif antar cerucuk bambu yaitu sebesar  $d$  meter.

## DAFTAR PUSTAKA

- CV.AMIR JAYA GROUP, "PEMBANGUNAN TOWER SITE NAME : DEMAK SAYUNG SOIL INVESTIGATION AND TOPOGRAPHY," 2021.
- A. Faradila, "Studi Mekanisme Interaksi Tanah-Matras Cerucuk Bambu sebagai Perkuatan Tanah Lunak," vol. 6, no. 1, pp. 7–13, 2023.
- Rusdiansyah, "Asumsi Sistem Cerucuk Sebagai Alternatif Solusi," *Pros. Semin. Nas. Geotek. 2016*, vol. 3, no. x, pp. 1–11, 2016.
- K. G. Prakash and A. Krishnamoorthy, "Evaluation of Stability of Embankment Constructed on Soft Consolidating Soil with Lime–CFG Composite Column System," *Int. J. Geosynth. Gr. Eng.*, vol. 7, no. 3, pp. 1–17, 2021, doi: 10.1007/s40891-021-00302-w.
- A. M. Suroso, "Pengaruh Penggunaan Cerucuk dan Anyaman Bambu Pada Daya Dukung Tanah Lempung," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., vol. 4, no. 3, pp. 161–174, 2018.
- Z.-H. Dai, W.-D. Guo, G.-X. Zheng, Y. Ou, and Y.-J. Chen, "Moso Bamboo Soil-Nailed Wall and Its 3D Nonlinear Numerical Analysis," *Int. J. Geomech.*, vol. 16, no. 5, pp. 1–14, 2016, doi: 10.1061/(asce)gm.1943-5622.0000634.
- Z. Dai, Y. Chen, G. Zheng, and W. Guo, "Numerical Analysis on the Mechanism of Bamboo Soil Nails and Bamboo Piles in Rows for Retaining Deep Foundation Pit," in *Tunneling and Underground Construction*, 2014, pp. 720–730, doi: 10.1061/9780784413449.070.
- S. Ravindran, A. Kumar, S. Dutta, M. B. Nadaf, J. N. Mandal, and E. C. Shin, "Unpaved Road Stabilization Using Bamboo Grid and Bitumen Coated Bamboo Cells," *Soil Mech. Found. Eng.*, vol. 56, no. 5, pp. 346–351, 2019, doi: 10.1007/s11204-019-09613-7.
- F. Kasim, A. Marto, B. A. Othman, I. Bakar, and M. F. Othman, "Simulation of Safe Height Embankment on Soft Ground Using Plaxis," *APCBEE Procedia*, vol. 5, pp. 152–156, 2013, doi: 10.1016/j.apcbee.2013.05.027.
- P. Huang and B. Lai, "Giant Geotextile Tube Applied to the Temporary Cofferdam Reclamation Construction for a New-Build Container Base at Harbor in Taiwan," in *Innovative Infrastructure Solutions using Geosynthetics*, 2019, pp. 1–8, [Online]. Available: [https://0-journals.co.za.wam.seals.ac.za/docserver/fulltext/imiesa\\_v44\\_n1\\_a10.pdf?expires=1560965010&id=id&accname=58211&checksum=C1730F04D35C812214C5E736033FD66C](https://0-journals.co.za.wam.seals.ac.za/docserver/fulltext/imiesa_v44_n1_a10.pdf?expires=1560965010&id=id&accname=58211&checksum=C1730F04D35C812214C5E736033FD66C).
- K. R. Datye, "Simpler Technique For Ground Improvements ECONOMIC CONSIDERATIONS IN CHOICE OF TECHNIQUE," *IGS Annu. Lect.*, pp. 97–156, 1981.
- B. M. Das and K. Sobhan, *Principal of Geotechnical Engineering*. 2014.
- B. M. Das, "Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)," *Penerbit Erlangga*, pp. 1–300, 1995.
- A. H. T. G. Sitharam, "Experimental and Analytical Studies on Soft Clay Beds Reinforced with Bamboo Cells and Geocells," *Int. J. Geosynth. Gr. Eng.*, pp. 1–11, 2015, doi: 10.1007/s40891-015-0015-5.