

ANALISIS METODE KONSTRUKSI EMBANKMENT MENGUNAKAN MATRAS BAMBU, HIGH STRENGTH GEOTEXTILE DAN REVETMENT (Studi Kasus Toll Semarang – Demak Seksi 1b Zona N)

Ariesandi Alam Cahya
ariesandi930@gmail.com
Universitas Islam Sultan Agung

ABSTRAK

Pembangunan Jalan Tol Semarang–Demak yang terintegrasi dengan tanggul laut dibangun di atas tanah lunak dengan ketebalan besar, sehingga menimbulkan permasalahan geoteknik seperti rendahnya daya dukung tanah dan potensi ketidakstabilan timbunan. Untuk mengatasi kondisi tersebut, digunakan sistem perkuatan berupa Matras Bambu, High Strength Geotextille dan Revetment. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh masing-masing metode perkuatan serta efektivitas kombinasi ketiganya terhadap stabilitas timbunan pada Jalan Tol Semarang–Demak Seksi 1B Zona N STA 4+425 sampai STA 4+600. Metode Penelitian yang digunakan adalah Analisis Numerik menggunakan Perangkat Lunak Plaxis 2D berdasarkan Data Hasil Penyelidikan Tanah dan parameter material perkuatan. Analisis dilakukan pada beberapa kondisi, yaitu tanpa perkuatan, penggunaan Bambu Matras dan Cerucuk Bambu, penambahan High Strength Geotextille, serta penambahan Revetment. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi perkuatan Pancang Bambu dan Matras Bambu memiliki nilai Safety Factor = 1,391 (rawan runtuh), sedangkan kombinasi Bambu Matras dan Geotextile meningkatkan Safety Factor menjadi 1,785 (aman). Penerapan Revetment pada lereng menghasilkan Safety Factor = 1,629, yang menunjukkan stabilitas lereng terhadap Deformasi Lateral dan pengaruh kenaikan Muka Air Laut. Dengan demikian, kombinasi tiga Metode Perkuatan ini terbukti efektif secara teknis dalam meningkatkan kestabilan Embankment di area Tanah Sangat Lunak. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan Metode Konstruksi Berkelanjutan dengan memadukan teknologi lokal dan modern untuk Proyek Infrastruktur berskala besar.

Kata Kunci: Tanah Lunak, Matras Bambu, Geotekstil, Revetment, Stabilitas Timbunan, Safety Factor.

ABSTRACT

The construction of the Semarang–Demak Toll Road, which is integrated with a coastal dike, is built on thick soft soil deposits, resulting in geotechnical challenges such as low bearing capacity and potential embankment instability. To overcome these conditions, a reinforcement system consisting of bamboo mattress, high-strength geotextile, and Revetment was applied. This study aims to analyze the influence of each reinforcement method and the effectiveness of combining three methods in improving the embankment stability of the Semarang–Demak Toll Road Section 1B, Zone N, from STA 4+425 to STA 4+600. The research method used is Numerical Analysis with Plaxis 2D Software based on Soil Investigation Data and reinforcement material parameters. The analysis was carried out under several conditions: without reinforcement, with bamboo mattress and bamboo piles, with additional high-strength geotextile, and with the addition of a Revetment. The analysis results show that the reinforcement using bamboo piles and bamboo mattress produced a Safety Factor of 1.391 (indicating potential failure), while the combination of bamboo mattress and geotextile increased the Safety Factor to 1.785 (Stable). The application of a Revetment on the slope yielded a Safety Factor of 1.629, indicating improved slope stability against lateral deformation and the influence of sea level rise. Thus, the combination of these three reinforcement methods is proven to be technically effective in enhancing the stability of embankments constructed on very soft soil. This study contributes to the development of sustainable construction methods by integrating local and modern technologies for large-scale

infrastructure projects.

Keywords: *Soft Soil, Bamboo Mattress, Geotextile, Revetment, Embankment Stability, Safety Factor.*

PENDAHULUAN

Jalan Tol Semarang–Demak merupakan bagian dari Proyek Strategis Nasional yang ditetapkan melalui Peraturan Presiden dan berperan penting dalam meningkatkan konektivitas serta mendukung mobilitas penduduk dan distribusi barang di wilayah pantai utara Jawa Tengah. Proyek ini dirancang terintegrasi dengan pembangunan tanggul laut sebagai upaya mitigasi banjir rob yang selama ini menjadi permasalahan utama di Kota Semarang. Dengan fungsi ganda tersebut, struktur jalan tol tidak hanya berperan sebagai prasarana transportasi, tetapi juga sebagai sistem pengendalian banjir kawasan pesisir.

Lokasi pembangunan Jalan Tol Semarang–Demak melintasi wilayah pesisir pantai utara Kota Semarang yang sebagian besar merupakan area perairan dan lahan tergenang. Kondisi ini ditunjukkan oleh hasil kajian yang menyatakan bahwa sekitar 92% bidang tanah pada lokasi proyek berada dalam kondisi tergenang air (Pamungkas, 2021). Selain itu, lapisan tanah dasar pada kawasan ini didominasi oleh tanah sangat lunak hingga lunak dengan ketebalan yang besar, sehingga memiliki daya dukung rendah, kompresibilitas tinggi, dan kuat geser yang kecil. Karakteristik tersebut menjadikan pembangunan infrastruktur jalan tol pada lokasi ini memiliki tingkat kompleksitas geoteknik yang tinggi.

Struktur jalan tol yang melintasi area perairan direncanakan menggunakan sistem timbunan yang sekaligus berfungsi sebagai tanggul laut. Keberadaan timbunan di atas tanah lunak berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan teknis, antara lain ketidakstabilan lereng, penurunan tanah yang besar, serta risiko kegagalan daya dukung tanah. Oleh karena itu, untuk memenuhi persyaratan teknis dan keselamatan konstruksi jalan tol, diperlukan penerapan sistem perbaikan dan perkuatan tanah dasar yang efektif dan berkelanjutan.

Berdasarkan Rencana Teknis Akhir Jalan Tol Semarang–Demak yang terintegrasi dengan pembangunan tanggul laut pada STA 0+000 hingga STA 10+394, sistem perbaikan dan perkuatan tanah dasar yang direncanakan meliputi penggunaan high strength geotextile, prefabricated vertical drain (PVD), matras bambu, serta perlindungan lereng menggunakan revetment. High strength geotextile berfungsi sebagai elemen perkuatan tarik untuk meningkatkan stabilitas global timbunan, sedangkan matras bambu dimanfaatkan sebagai perkuatan dasar (basal reinforcement) untuk meratakan distribusi beban timbunan dan meningkatkan daya dukung tanah lunak. Meskipun penggunaan matras bambu telah banyak diterapkan pada konstruksi reklamasi di Indonesia, penerapannya pada konstruksi jalan tol terintegrasi tanggul laut masih tergolong inovatif dan memerlukan kajian lebih lanjut.

Selain permasalahan stabilitas akibat beban timbunan, konstruksi jalan tol pada wilayah pesisir juga menghadapi pengaruh lingkungan laut, seperti gelombang dan fluktuasi muka air laut. Oleh karena itu, penggunaan revetment sebagai bangunan pelindung pantai menjadi salah satu solusi struktural yang berperan dalam melindungi lereng timbunan dari erosi sekaligus berkontribusi terhadap kestabilan lereng, khususnya pada sisi timbunan yang terekspos langsung oleh air laut.

Berdasarkan uraian tersebut, masih diperlukan kajian yang komprehensif mengenai efektivitas kombinasi perkuatan berbasis teknologi lokal dan modern terhadap stabilitas embankment pada tanah sangat lunak. Penelitian ini mengkaji penggunaan kombinasi matras bambu, high strength geotextile, dan revetment sebagai metode stabilisasi dan perkuatan timbunan pada Zona N STA 4+425 hingga STA 4+600, di mana lapisan tanah

dasar pada kedalaman 0–25 m didominasi oleh tanah sangat lunak hingga lunak dengan plastisitas tinggi. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan numerik berbasis metode elemen hingga dengan bantuan perangkat lunak PLAXIS untuk mengevaluasi nilai safety factor serta pola keruntuhan lereng akibat pembebanan timbunan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan desain embankment yang aman dan efektif pada konstruksi jalan tol di wilayah pesisir dengan kondisi tanah lunak.

Rumusan Masalah

Pada kasus ini peneliti bermaksud untuk mengetahui hal-hal sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan matras bambu terhadap kestabilan timbunan di atas tanah lunak?
2. Bagaimana kontribusi high strength geotextile dalam memperkuat lapisan timbunan?
3. Bagaimana fungsi Revetment dalam menahan deformasi lateral pada sisi timbunan?
4. Seberapa efektif kombinasi ketiga metode tersebut terhadap kinerja timbunan secara keseluruhan?

Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari kegiatan penyusunan penelitian tesis ini tentang Analisis Metode Kontruksi Embankment Menggunakan Matras Bambu, High Strenght Geotextile, dan Revetment (Studi Kasus Toll Semarang – Demak Seksi 1B Zona N) adalah mengetahui nilai (Safety Factor) hasil analisis setelah diberikannya perkuatan dengan berdasarkan jenis tanahnya. Penelitian ini mempunyai beberapa tujuan yaitu :

1. Menganalisis peran matras bambu dalam meningkatkan kestabilan dan daya dukung timbunan pada tanah lunak.
2. Mengevaluasi kontribusi penggunaan high strength geotextile terhadap kekuatan dan keutuhan struktur timbunan.
3. Mengkaji efektivitas Revetment sebagai pelindung lereng dan pengendali deformasi lateral.
4. Mengetahui performa kombinasi Matras Bambu, high strength geotextile, dan Revetment dari segi teknis.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di Proyek pembangunan Toll Semarang – Demak Seksi 1B, Terboyo, Kota Semarang, Jawa Tengah tepatnya berada di bangunan Zona N STA 4+425 s.d 4+600. Letak lokasi penelitian bisa dilihat lebih jelasnya melalui peta seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Toll Semarang – Demak Seksi 1B

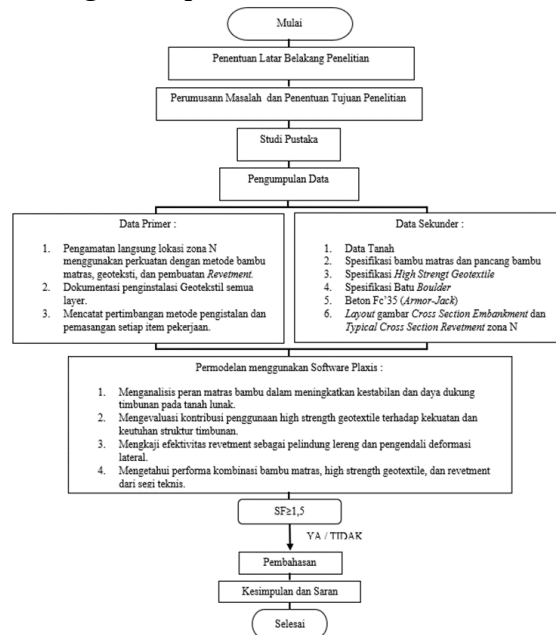
Sumber: Dok. CRBC-PP-WIKA JO

Untuk penelitian, semua jenis data yang diperlukan untuk mencapai tujuan penelitian dikumpulkan dan diolah untuk mencapai hasil akhir yang diperlukan. Bahan yang digunakan dalam penelitian analisis ini menggunakan data-data Primer dan sekunder yang diperoleh dari China Road and Bridge Corporation seperti yang tercantum dibawah

ini :

1. Data Tanah
2. Spesifikasi Bahan Material Bambu
3. Spesifikasi Geoteksti
4. Spesifikasi Batu Boulder dan Armor-Jack
5. Gambar Layout Timbunan dan Cross section Revetment

Penelitian yang akan dilakukan menggunakan bantuan aplikasi analisis geoteknik yaitu Plaxis 2D V.24. Diharapkan dari hasil analisis aplikasi tersebut bisa membantu peneliti untuk menarik sebuah kesimpulan berdasarkan hasil nilai Safety factor embankment dan daya dukung tanah pada tanah lunak setelah di beri beberapa perkuatan.



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Parameter

1. Tanah

Parameter	Tanah Lempung Sangat Lunak hingga Lunak 1	Tanah Lempung Sangat Lunak hingga Lunak 2	Tanah Lempung Lunak hingga Lunak	Tanah Lempung Kaku	Tanah Lempung Kaku hingga Sangat Kaku	Embankment	Satuan
Kedalaman	0-5	5-20	27-43	43-60	60-80	+14	m
Model	Soft-Soil Creep	Soft-Soil Creep	Soft-Soil Creep	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Hardening Soil	-
Tipe	Undrained A	Undrained A	Undrained A	Undrained A	Undrained A	Drained	-
γ unsat	15.60	15.60	15.60	17.50	18.00	18.50	kN/m ₃
γ sat	16.00	16.00	16.00	18.00	19.00	19.00	kN/m ₃
e initial	2.00	2.10	2.50	-	-	0.50	-
Cc	0.71	0.60	0.80	-	-	0.01	-

Cs	0.10	0.06	0.08	-	-	4.14×10^{-3}	-
$C\alpha$	0.23	0.23	0.23	-	-	-	-
λ^*	0.10	0.08	0.10	-	-	-	-
x^*	0.03	0.02	0.02	-	-	-	-
μ^*	1.884×10^{-3}	1.884×10^{-3}	1.615×10^{-3}	-	-	-	-
E'	-	-	-	13000	22900	-	kN/m ₂
E50 ref	-	-	-	-	-	2.5×10^4	kN/m ₂
Eoed ref	-	-	-	-	-	2.5×10^4	kN/m ₂
Eur ref	-	-	-	-	-	7.5×10^4	kN/m ₂
m	-	-	-	-	-	0.5	-
C ref'	0.4	0.4	0.4	10	12	1	kN/m ₂
ϕ'	19	19	19	25	30	30	o
ψ'	0	0	0	0	0	0	o
Vur'/v'	0.15	0.15	0.15	0.3	0.25	0.3	-
K0 nc	0.67	0.67	0.67	0.58	0.50	0.43	-
Data set	User-Defined	User-Defined	User-Defined	USDA	USDA	USDA	-
Drainase tipe/mode l	Saturated	Saturated	Saturated	Van Genuchte n	Van Genuchte n	Van Genuchten	-
Kx	5.91×10^{-6}	5.91×10^{-6}	5.91×10^{-6}	4.751×10^{-3}	4.751×10^{-3}	7.128	m/day
Ky	2.95×10^{-6}	2.95×10^{-6}	2.95×10^{-6}	4.751×10^{-3}	4.751×10^{-3}	7.128	m/day
Ck	1	1.05	1.25	-	-	-	m/day
Kekuatan Antarmuk a	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	-
R inter	1	1	1	1	1	1	-
OCR	1.1	1	1	1	1	1	-
POP	0	0	0	0	0	0	kN/m ₂

2. Material Matras Bambu

Parameter	Nilai	Satuan
Tipe Material	Elastoplastic	-
Prevent Punching	Yes	-
EA1 & EA2	285884	kN/m
EI	226565	KNm ² /m
w	0.34	kN/m/m
n	0.25	-
Mp	430	KNm ² /m
Np1 & Np2	450	kN/m

3. Material Cerucuk Bambu

Parameter	Nilai	Satuan
Tipe Material	Elastoplastic	-
EA	3.05×10^4	kN
L spacing	1	m
F max, tens	15.27	kN
F max, tens	30.53	kN

4. Geotekstil

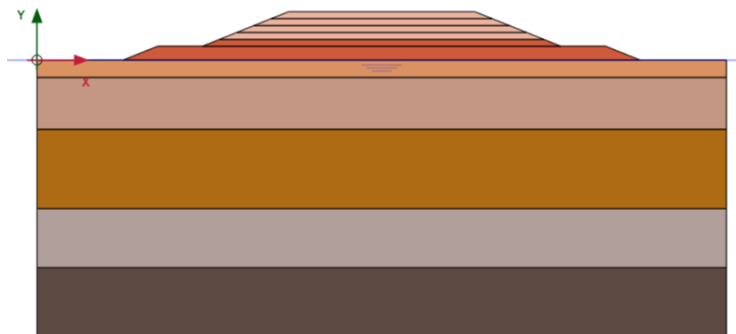
Geotextille 200 kN/m			
Parameter	Name	Value	Unit
Material Type	Type	Plastic	-
Normal Stiffness	EA	228	kN
Geotextille 400 kN/m			
Parameter	Name	Value	Unit
Material Type	Type	Plastic	-
Normal Stiffness	EA	442	kN
Geotextille 1200 kN/m			
Parameter	Name	Value	Unit
Material Type	Type	Plastic	-
Normal Stiffness	EA	1320	kN

5. Batu Boulder dan Armor-Jack

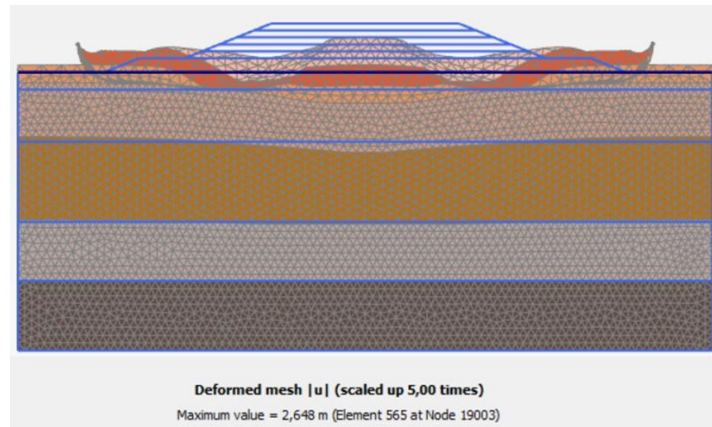
Batu Boulder			
Parameter	Name	Value	Unit
Material Type	Soil Model	Linier Elastic	-
		Non-Porous	-
	γ_{unsat}	22.00	kN/m ³
	EA	150,000	kN/m ²
Armor Jack			
Parameter	Name	Value	Unit
Material Type	Soil Model	Linier Elastic	-
		Non-Porous	-
	γ_{unsat}	24.00	kN/m ³
	EA	3,000,000	kN/m ²

Analisis Permodelan Stabilitas Timbunan Menggunakan Program Plaxis 2D V.24

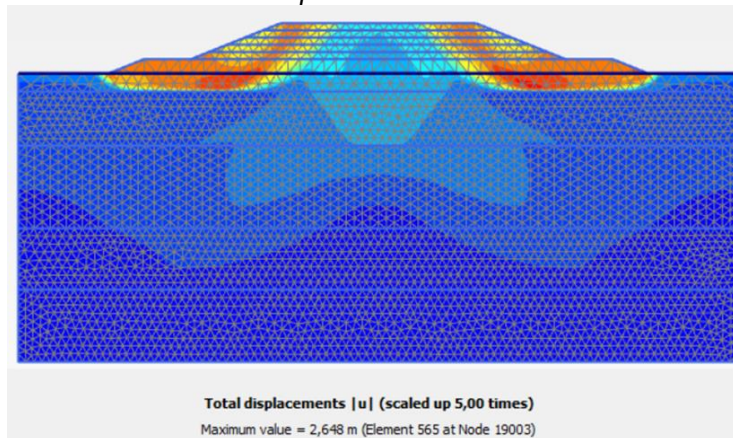
Analisis Modeling Plan *Embankment*



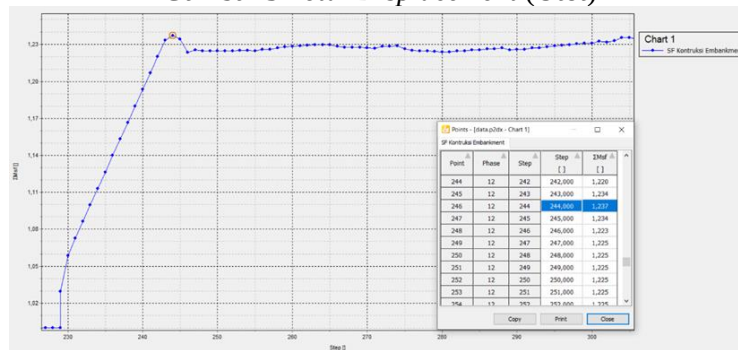
Gambar 1 *Plan Modeling* Sturktur *Embankment*



Gambar 2 Deformed Mesh Embankment

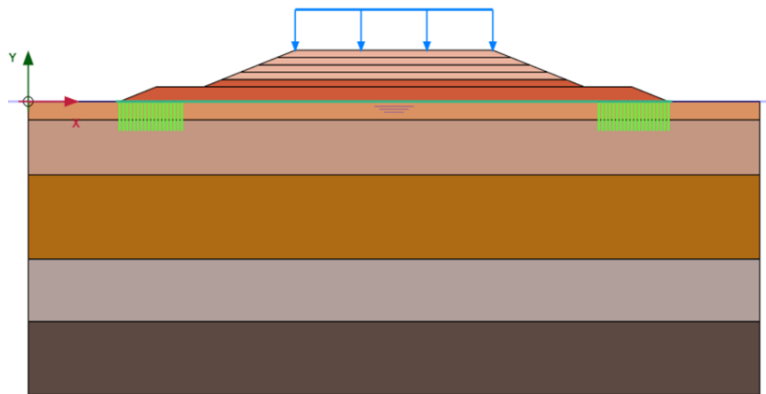


Gambar 3 Total Displacement (Utot)

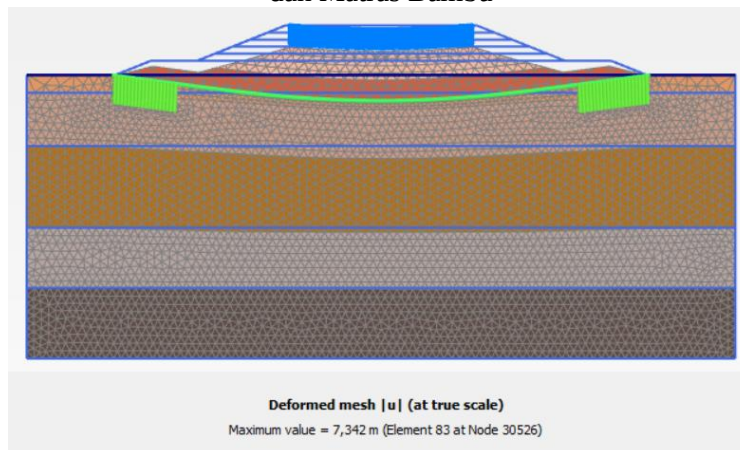


Gambar 4 Output Safety Factor Embankment (1,237)

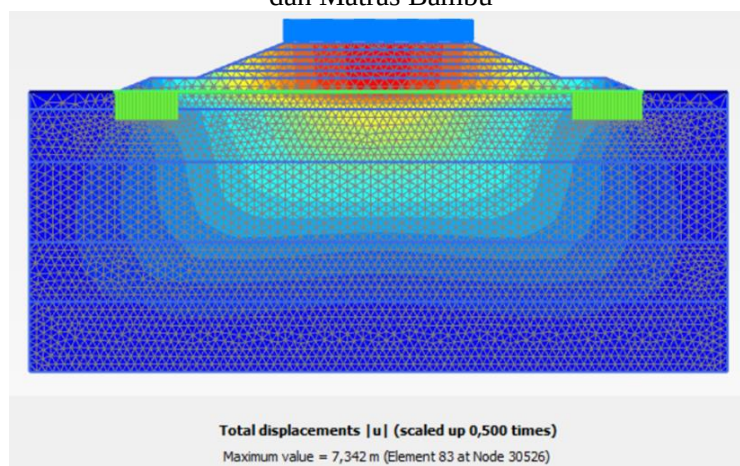
Analisis Stabilitas *Embankment* Menggunakan Perkuatan Pancang Bambu dan Matras Bambu



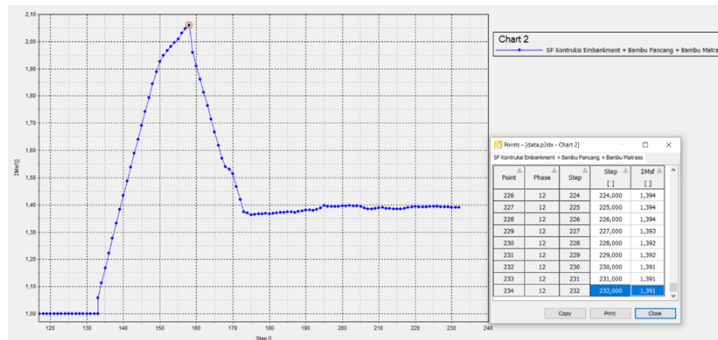
Gambar 5 *Modelling Embankment* dengan perkuatan Pancang Bambu dan Matras Bambu



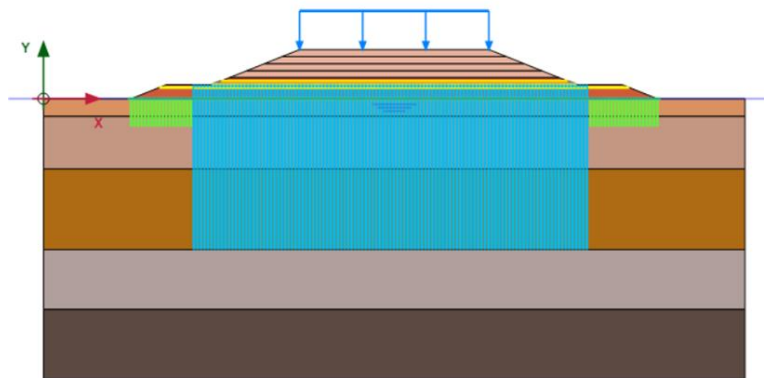
Gambar 6 *Deformed Mesh* dengan Perkuatan Pancang Bambu dan Matras Bambu



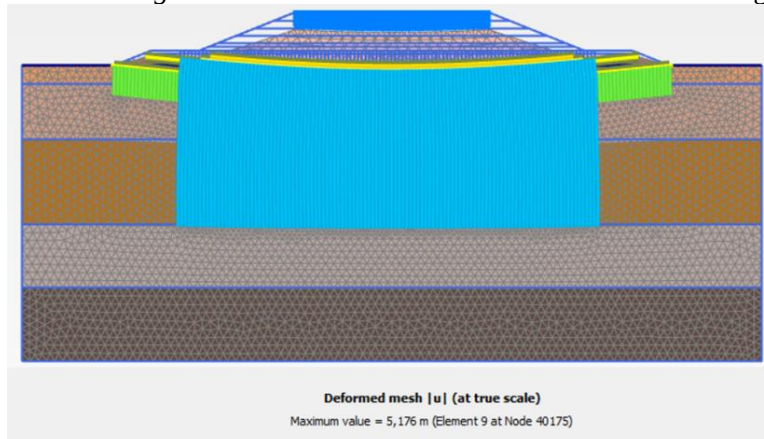
Gambar 7 *Total Displacement (Utot)* dengan Perkuatan Pancang Bambu dan Matras Bambu



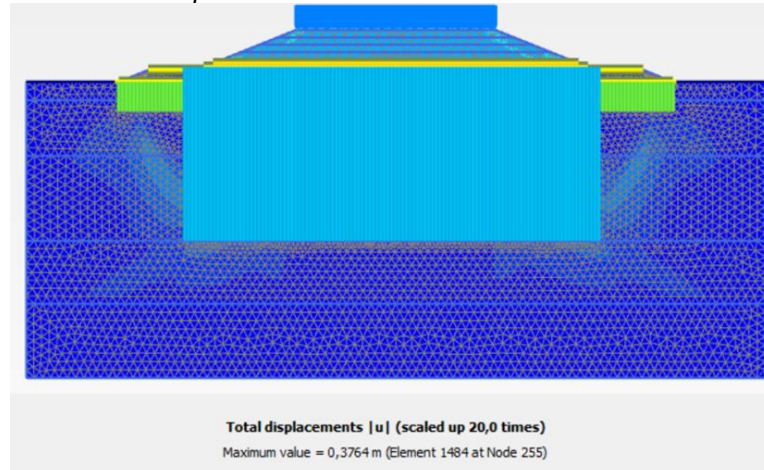
Gambar 8 Output Safety Factor (1,391)
Analisis Penambahan Material *High Strengt Geotextille*



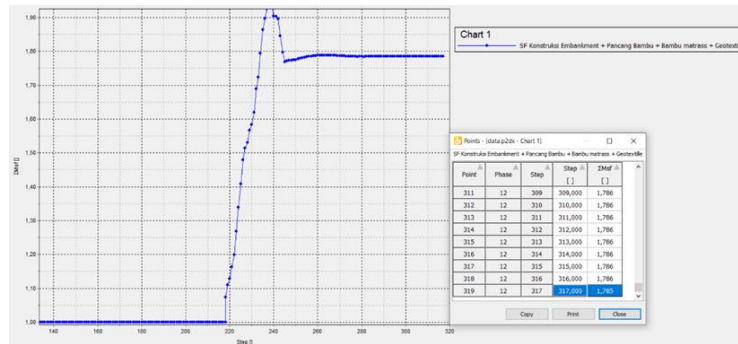
Gambar 9 *Modelling* Penambahan Perkuatan Geotekstile dan Pemasangan PVD



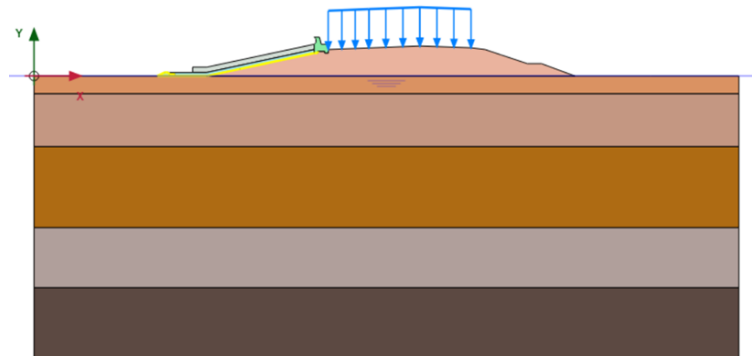
Gambar 10 *Deformed Mesh* Penambahan Perkuatan *Geotextille*



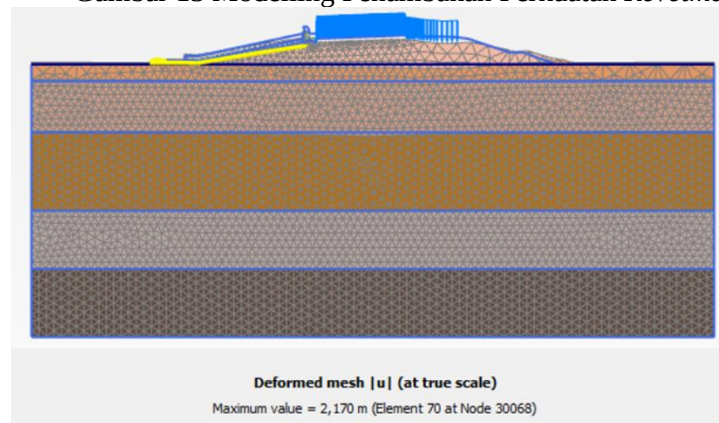
Gambar 11 *Total Displacement (Utot)* Penambahan Perkuatan *Geotextille*



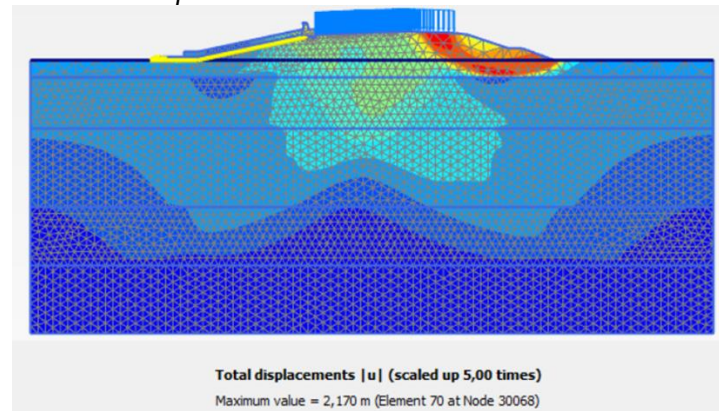
Gambar 12 Output Safety Factor (1,785)
Analisis Perkuatan Lereng Timbunan Embankment dengan Revetment



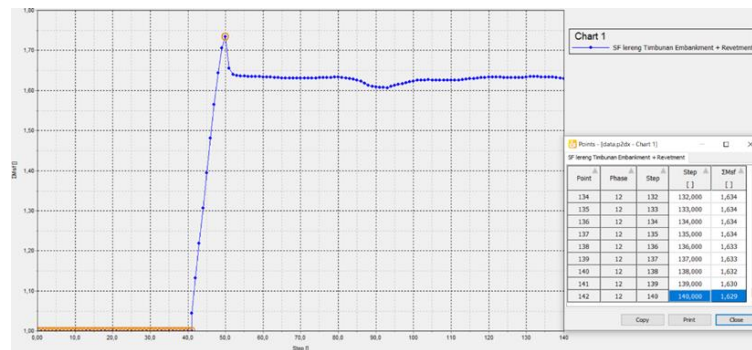
Gambar 13 Modelling Penambahan Perkuatan *Revetment*



Gambar 14 *Deformed Mesh* Penambahan Perkuatan *Revetment*



Gambar 15 *Total Displacement (Utot)* Penambahan Perkuatan *Revetment*



Gambar 16 Output Safety Factor (1,629)

Analisis stabilitas embankment dilakukan menggunakan PLAXIS 2D versi 24 untuk mengevaluasi kinerja timbunan pada tanah sangat lunak dengan berbagai sistem perkuatan. Pada kondisi tanpa perkuatan dengan kemiringan lereng 1:2,5, nilai safety factor (SF) yang diperoleh berada di bawah 1,5, sehingga timbunan dinyatakan tidak stabil. Kondisi ini dipengaruhi oleh sifat tanah dasar yang memiliki nilai kohesi sangat kecil ($c = 0,4$) dan sudut geser dalam rendah ($\phi = 19^\circ$), yang menyebabkan daya dukung tanah tidak mampu menahan beban timbunan.

Penerapan perkuatan berupa pancang bambu dan matras bambu menunjukkan peningkatan nilai safety factor, namun peningkatan tersebut masih belum signifikan dan tetap berada pada kondisi tidak aman ($SF < 1,5$). Hal ini menunjukkan bahwa perkuatan bambu secara tunggal belum cukup efektif untuk meningkatkan stabilitas embankment pada tanah sangat lunak.

Penambahan perkuatan menggunakan high strength geotextile sebanyak empat lapis yang dipasang bertahap pada setiap tahap timbunan memberikan peningkatan stabilitas yang signifikan. Hasil analisis menunjukkan nilai safety factor telah melampaui batas aman ($SF > 1,5$), sehingga kombinasi matras bambu dan high strength geotextile dinyatakan efektif dalam meningkatkan stabilitas global timbunan.

Selain itu, pengaruh fluktuasi muka air laut berpotensi menyebabkan kejenuhan lereng dan menurunkan stabilitas. Oleh karena itu, perkuatan lereng menggunakan revetment dengan kemiringan 1:5 dianalisis dan menghasilkan nilai safety factor di atas 1,5. Hal ini menunjukkan bahwa revetment efektif sebagai perlindungan lereng terhadap pengaruh air laut sekaligus berkontribusi terhadap peningkatan stabilitas lereng.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi perkuatan matras bambu, high strength geotextile, dan revetment merupakan solusi yang efektif untuk meningkatkan stabilitas embankment pada tanah sangat lunak di wilayah pesisir.

No.	Analisis Stabilitas	Safety Factor (SF)	Keterangan
1	Timbunan Embankment	1,237	Rawan Runtuh (collapses)
2	Timbunan Embankment + Pancang Bambu + Matras Bambu	1,391	Rawan Runtuh
3	Timbunan Embankment + Pancang Bambu + Matras Bambu + High Strength Geotextille	1,785	Aman
4	Timbunan Embankment + Revetment	1,629	Aman

KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil analisis Matras Bambu terhadap timbunan embankment pengaruh dan peran pancang bambu dan Matras Bambu dapat mengatasi masalah pada tanah lunak yang mempunyai nilai kohesi yang kecil (C) = 0,4 dan nilai sudut geser dalam tanah (ϕ) = 19 $^{\circ}$ didapatkan Output dari aplikasi Plaxis yaitu $1,391 < 1,5$ (Rawan Runtuh). Bisa di asumsikan pancang bambu dan Matras Bambu tidak bisa menahan beban yang terlalu besar dari timbunan maupun beban lain diatas nya.
2. Berdasarkan hasil analisis timbunan embankment setelah diberi perkuatan pancang bambu dan Matras Bambu yang kurang efektif menahan beban timbunan dan memiliki Safety Factor yang kurang memenuhi syarat SF maka di tambahkan perkuatan high strength geotextile guna memperkuat lapisan timbunan dan menjaga keutuhan struktur timbunan dengan hasil Output dari aplikasi plaxis yaitu $1,5 < 1,785$. hasil ini sudah memenuhi syarat untuk mengatasi kegagalan kontruksi timbunan dan keutuhan timbunan.
3. Fungsi dan efektifitas revetment pada penahan deformasi lateral pada timbunan embankment didapatkan hasil Output dari aplikasi Plaxis yaitu $1,5 < 1,629$. Dimana hasil ini sudah dapat dikatakan lereng timbunan stabil (Aman)
4. Kombinasi ketiga metode tersebut sangat efektif dari segi teknis dikarenakan dengan pekerjaan yang bertahap dan dari permodelan aplikasi plaxis juga bertahap maka timbunan menggunakan 3 metode tersebut Aman.

Saran

1. Dilakukan pemodelan dengan variasi parameter tanah yang lebih lengkap, seperti analisis sensitivitas terhadap perubahan nilai kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ), dan modulus elastisitas (E). Hal ini penting karena sifat tanah lunak sangat dipengaruhi oleh fluktuasi kadar air dan kondisi lapangan dan menggunakan model tanah yang lebih representatif, untuk menangkap perilaku konsolidasi jangka panjang, mengingat lokasi penelitian berada pada lapisan tanah lunak yang tebal dan memiliki plastisitas tinggi.
2. Melakukan evaluasi stabilitas terhadap kondisi ekstrem, misalnya pengaruh naik-turun muka air laut, potensi liquefaction lokal, atau beban tambahan dari kendaraan berat, mengingat lokasi berada di area tanggul laut yang rentan terhadap perubahan hidrodinamis.

DAFTAR PUSAKA

- Achmad Firman Maulana, Evandra Sebastian, & Yerry Kahaditu Firmansyah. (2024). Tinjauan Kebutuhan Geotextile pada Timbunan Tinggi di atas Tanah Lunak. *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik*, 4(1), 58–66. <https://doi.org/10.55606/juprit.v4i1.4657>
- Brinkgreve, R. B. J., Broere, W., & Waterman, D. (2006). *Plaxis 2D Manual - Version 8*. January, 16.
- Dafa, M. A., Susapto, & Sholeh, M. (2024). Analisis Perbandingan Pondasi Tiang Pancang Cerucuk Bambu Dan Minipile Berdasarkan Desain, Metode, Biaya, Dan Waktu Proyek Peningkatan Jalan Empunala Kota Mojokerto. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Kntuksi*, 5, 1–23.
- Febrina, Z. lilabsari. (2018). Evaluasi Kinerja Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan Instrument Geoteknik Pada Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung Area Cluster Amanda Dan Btari Dengan Penggunaan Preloading Dan Prefabricated Vertical Drain (Pvd). Skripsi.
- Hamdani, A. T. (2019). *Stability Analysis of Road Embankment on the Soft Soil Using Sheet Pile and Geotextile*. 110.
- Pamungkas, G. B. (2021). The Land Acquisition of Inundated Land for The Toll Road Project of Semarang-Demak Sea Embankment. *The Indonesian Journal of Planning and Development*,

- 6(2), 48–55. <https://doi.org/10.14710/ijpd.6.2.48-55>
- Ready, B., Krisnamurti, & Nurtjahjaningtyas, I. (2020). Analysis of slope stability in soft soil using hardening soil modeling and strengthening of bamboo mattress. *International Journal of GEOMATE*, 19(73), 226–234. <https://doi.org/10.21660/2020.73.58422>
- Salam, M. C. A., & Setiawan, M. (2025). Preloading Kombinasi Pvd & Phd Pada Proyek Toll Road Development Of Semarang-Demak 1C Preloading Kombinasi Pvd & Phd Pada Proyek. Skripsi.
- Ulhaq, E. D., Yelvi, & Wiyono, E. (2024). Analisis Dinding Penahan Tanah Dengan Perkuatan Geotekstil. *Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta*, 5(1), 351–364.
- Widi, U. (2022). Studi Eksperimen Stabilitas Unit Lapis Pelindung Bppt-Lock Pada Seawall Dengan Variasi Sudut Kemiringan. Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS, Mo 141326.
- Widodo, B., Pratikso, Rochim, A., Irsyam, M., & Widoanindyawati, 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>.