

Analisis Stabilitas Timbunan Menggunakan Geotekstil pada Lapisan Subgrade Pekerjaan Jalan (Studi Kasus: Proyek Jalan Tol Bogor-Ciawi-Sukabumi Zona 3B STA 0+550 Akses Gerbang Tol Sukabumi Barat)

Asri Wahyuni^{a,1,*}

^aProgram Studi Teknik Sipil Universitas Nusa Putra, Jl. Raya Cibatun No.21, Sukabumi dan 43152

¹ asri.wahyuni_ts22@nusaputra.ac.id;

* Asri Wahyuni

Received; revised; acceted

ABSTRAK

Kondisi tanah lunak pada lokasi pembangunan Jalan Tol Bogor-Ciawi-Sukabumi (Bocimi) Zona 3B menyebabkan rendahnya daya dukung tanah serta potensi penurunan yang tidak merata, sehingga diperlukan perkuatan pada konstruksi timbunan. Geotekstil digunakan sebagai material perkuatan untuk meningkatkan stabilitas timbunan dan mengurangi risiko keruntuhan. Penelitian ini menganalisis kinerja geotekstil berdasarkan Spesifikasi Bina Marga melalui evaluasi stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah, stabilitas internal, stabilitas tanah pondasi, serta potensi pergeseran lateral. Data yang digunakan terdiri dari data lapangan, dokumentasi, serta data penyelidikan tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor keamanan terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah adalah 1,5, penggelinciran lereng sebesar 1,9, dan stabilitas terhadap pergeseran lateral sebesar 3,04, yang seluruhnya memenuhi persyaratan keamanan. Kebutuhan kuat tarik geotekstil adalah 68,63 kN/m, dan geotekstil tipe Woven Geotextile MP 25 dengan kuat tarik 50 kN/m masih memenuhi syarat dengan faktor keamanan 2,2. Dengan demikian, penggunaan geotekstil efektif dalam meningkatkan stabilitas timbunan pada kondisi tanah lunak di lokasi penelitian.

ABSTRACT

The soft soil conditions at the construction site of the Bogor-Ciawi-Sukabumi (Bocimi) Toll Road Zone 3B result in low bearing capacity and significant differential settlement potential, requiring soil reinforcement on the embankment structure. Geotextile was utilized as reinforcement material to improve embankment stability and reduce the risk of failure. This study analyzes the performance of geotextile based on the Bina Marga Specifications by evaluating bearing capacity failure, internal stability, foundation stability, and potential lateral spreading. The analysis uses field observation data, documentation, and soil investigation data. The results show that the safety factor against bearing capacity failure is 1.5, slope sliding is 1.9, and lateral squeezing is 3.04, all meeting the required safety standards. The required geotextile tensile strength is 68.63 kN/m, and the selected Woven Geotextile MP 25 with a tensile strength of 50 kN/m still satisfies the criteria with a safety factor of 2.2. Therefore, the use of geotextile is effective in enhancing the embankment stability on soft soil conditions at the study location.



KATA KUNCI

Geotekstil
Timbunan jalan
Stabilitas tanah
Daya dukung tanah
Tanah lunak

KEYWORDS

Geotextile
Road embankment
Soil stability
Bearing capacity
Soft soil



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

1. Pendahuluan

Percepatan pembangunan infrastruktur, khususnya jalan tol merupakan salah satu fokus utama pemerintah Indonesia dalam rangka meningkatkan konektivitas dan pemerataan ekonomi nasional, jalan tol sebagai bagian dari sistem jaringan transportasi memiliki peran vital dalam menunjang efisiensi logistik dan mobilitas antarwilayah [1]. Stabilitas tanah dan daya dukung menjadi

pertimbangan dalam perencanaan jalan karena akan menerima beban saat jalan digunakan dan dapat menyebabkan penurunan tanah yang signifikan, maka tidak mungkin jika memisahkan unsur-unsur geoteknik dari perencanaan jalan. Lapisan tanah bagian bawah yang menjadi dasar lapisan perkerasan jalan disebut *subgrade* berfungsi dalam menopang pembangunan lapisan perkerasan jalan di atasnya [2]. Pekerjaan timbunan perlu dilakukan terutama pada area dengan kondisi tanah yang kurang baik dimana timbunan tersebut memerlukan perkuatan guna mencegah terjadinya keruntuhan.

Proyek Jalan Tol Bogor-Ciawi-Sukabumi secara geoteknik tanahnya merupakan jenis tanah lunak, dimana seringkali menjadi permasalahan karena rendahnya daya dukung tanah tersebut serta perbedaan penurunan akibat terdapat lapisan tanah lunak. Salah satu solusi alternatif dari permasalahan tersebut adalah menggunakan geotekstil yang merupakan jenis bahan geosintetik dengan material bahan sintesis buatan pabrik yang lolos air memiliki sifat *thermoplastic*, sangat bermanfaat dalam mengurangi penurunan tanah yang tidak merata, memperkuat stabilitas tanah, dan mengatasi masalah stabilitas tanah [3]. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian dalam menganalisis kinerja geotekstil sebagai material perkuatan pada stabilitas timbunan jalan menurut standar utama dari Spesifikasi Bina Marga Untuk Perencanaan dan Pelaksanaan perkuatan tanah dengan geosintetik untuk stabilitas jangka panjang agar konstruksi jalan tol aman dan tidak berbahaya.

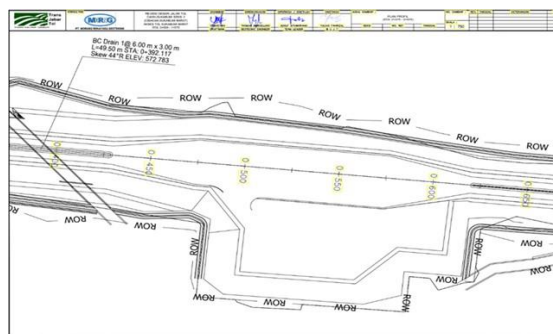
2. Metode

Metode yang digunakan sebagai analisis mengacu pada Spesifikasi Bina Marga Untuk Perencanaan dan Pelaksanaan perkuatan tanah dengan geosintetik, guna memperoleh analisis yang sesuai. Pada penelitian ini, dilakukan studi literatur, dimana peneliti mengumpulkan data dan referensi mengenai analisis kinerja geotekstil sebagai material perkuatan pada stabilitas timbunan jalan yang di jadikan sebagai dasar pengetahuan di lapangan dan juga peneliti mengumpulkan data seperti berikut.

- a. Data Primer
Data primer berupa hasil observasi langsung di lapangan dan dokumentasi lapangan berupa foto.
- b. Data Sekunder
Data sekunder berupa pengumpulan data yang dilakukan dengan studi literatur tentang penggunaan geotekstil sebagai perkuatan timbunan dan referensi lainnya. Data penyelidikan tanah sebagai informasi teknis terkait kondisi tanah pada lokasi jalan tol, diperoleh melalui pengujian di lapangan dan laboratorium. Data penyelidikan tanah ini didapatkan dari dokumen perusahaan.

2.1 Lokasi Penelitian

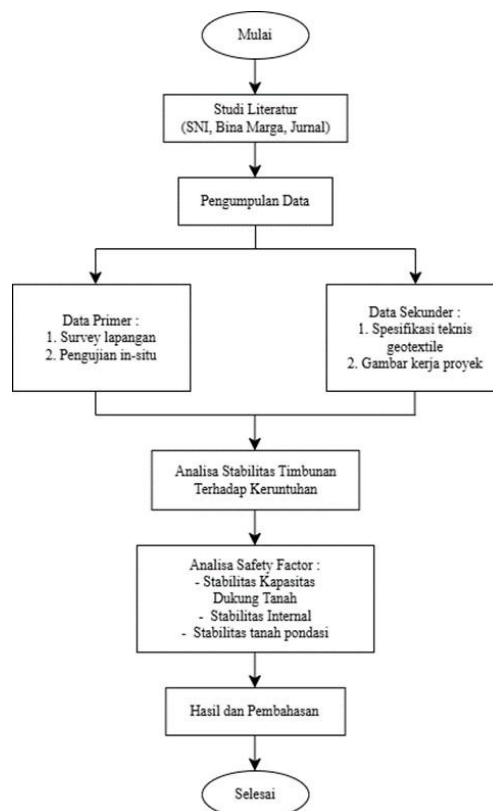
Lokasi penelitian berada di proyek Tol Bocimi (Bogor-Ciawi-Sukabumi) Zona 3B, tepatnya di STA+550.



Gambar 1. Detail STA+400 – STA+650 Tol Bocimi Seksi 3B

2.2 Bagan Alir Penelitian

Berikut ini merupakan alur atau tahapan pada penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Analisis untuk STA+550

No	Tinjauan Terhadap	Faktor Safety (SF)
1	Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah	1,5 - 2
2	Keruntuhan Geser Rotasional	1,3
3	Stabilitas geser internal (jangka panjang)	1,5
4	Sebaran lateral (penggelinciran)	1,5
5	Pembebanan dinamik	1,1

Sumber : Hardiyatmo, 2008

- a. Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas Daya Dukung Tanah
Dengan lebar timbunan $B' = 16,55 \text{ m} + 3,4 \text{ m} = 19,95 \text{ m}$, maka untuk nilai $B/h = 19,95/15 = 1,33 < 1,5$. Jadi digunakan nilai $N_c = 5,14$. Maka:

$$q_u = C_u \cdot N_c$$

$$q_u = 15 \cdot 5,14$$

$$q_u = 77,10 \text{ kN/m}^2$$

Untuk tinggi timbunan $H = 1,3 \text{ m}$, maka tekanan dasar timbunan perkerasan jalan ke tanah dasar adalah :

$$= (H \cdot \gamma_t) + q$$

$$= (1,3 \cdot 16,68) + 2,88$$

$$= 50,48 \text{ kN/m}$$

Berdasarkan Faktor Keamanan untuk analisis stabilitas timbunan didapat, yaitu:

$$SF = 77,10/50,48$$

$$SF = 1,5 > 1,5 \text{ (memenuhi syarat)}$$

- b. Stabilitas Internal

Ketidakstabilan timbunan dapat terjadi jika timbunan menggelincir di atas lapisan geotekstil, diakibatkan karena adanya tarikan dari timbunan yang menggelincir pada tanah pondasi. Jika pembangunan timbunan dilakukan secara bertahap, maka gaya tarik yang bekerja pada permukaan atas lapisan geotekstil (T1) diasumsikan sebagai tekanan aktif.

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{20}{2} \right)$$

$$K_a = 0,49$$

$$\begin{aligned} T_1 = P_{a1} &= 0,5 \cdot q \cdot H^2 \cdot \gamma \cdot K_a \\ &= 0,5 \cdot 2,88 \cdot 1,3^2 \cdot 16,68 \cdot 0,49 \\ &= 19,90 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Faktor aman penggelinciran lereng terhadap tulangan geotekstil:

$$SF = \frac{P_g}{P_{a1}} = \frac{L (0,5 \cdot H \cdot \gamma) \tan \delta}{0,5 \cdot K_a \cdot H^2 \cdot \gamma}$$

$$SF = \frac{3,4 \cdot (0,5 \cdot 1,3 \cdot 16,68) \tan 20}{0,5 \cdot 0,49 \cdot (1,3 \cdot 2) \cdot 16,68}$$

$$SF = 1,9 > 1,5 \text{ (memenuhi syarat)}$$

- c. Stabilitas Tanah Pondasi

Untuk menghitung stabilitas pondasi cek terhadap adanya perasan lateral.

Tekanan tanah aktif

$$P_a = P_w + P_{a1} + P_{qa}$$

$$= 1/2 \cdot \gamma_w \cdot H^2 + 1/2 \cdot \gamma' \cdot H^2 \cdot K_a - 2 \cdot C_u \cdot H \sqrt{K_a} + q_{s1} \cdot \gamma \cdot K_a$$

$$= 1/2 \cdot 9,81 \cdot 1,3^2 + 1/2 \cdot 6,68 \cdot 1,3^2 \cdot 0,49 - 2 \cdot 15 \cdot 1,3 \cdot \sqrt{0,49} + 2 \cdot 16,68 \cdot 0,49$$

$$= 0,10 \text{ kN/m}$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_p = 2,04$$

Tekanan tanah pasif

$$\begin{aligned}P_p &= P_w + P_{pl} + P_{qp} \\&= 1/2 \cdot \gamma_w \cdot H^2 + 1/2 \cdot \gamma' \cdot H^2 \cdot K_p + 2 \cdot C_u \cdot H \sqrt{K_p} + q_{s2} \cdot \gamma \cdot K_p \\&= 1/2 \cdot 9,81 \cdot 1,3^2 + 1/2 \cdot 6,68 \cdot 1,3^2 \cdot 2,04 + 2 \cdot 15 \cdot 1,3 \sqrt{2,04} + 0,16 \cdot 68 \cdot 2,04 \\&= 75,51 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Untuk mengecek adanya perasan Lateral (Lateral squeezing):

$$\begin{aligned}&= P_p + 2C_u \cdot L > P_a \\&= 75,51 + 2 \cdot 15 \cdot 3,4 > P_a \\&= 177,51 > 0,10\end{aligned}$$

Jadi, tidak terjadi perasan Lateral tanah pondasi

Faktor aman terhadap perasan Lateral:

$$SF = \frac{2 \cdot C_u}{\gamma \cdot h \cdot \tan \beta} + \frac{4 \cdot 14 \cdot C_u}{H \cdot \gamma}$$
$$SF = \frac{2 \cdot 15}{16,68 \cdot 15 \cdot \tan 10} + \frac{4 \cdot 14 \cdot 15}{1,3 \cdot 16,68}$$

$$SF = 3,04 > 1,5 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Gaya tarik yang bekerja pada tulangan geotekstil:

$$T_2 = C_u \cdot L$$

$$T_2 = 15 \cdot 3,4$$

$$T_2 = 51 \text{ kN/m}$$

Karena geotekstil harus menahan sebaran Lateral timbunan dan gerakan tanah pondasi maka,

$$T_{total} = T_1 + T_2$$

$$T_{total} = 19,90 + 51$$

$$T_{total} = 70,90 \text{ kN/m}$$

Untuk kuat tarik ultimit geotekstil:

$$T_u = T_{total} = (1 / R_{FID} \cdot R_{FCR} \cdot R_{FD})$$

$$T_u = (R_{FID} \cdot R_{FCR} \cdot R_{FD}) \cdot T_{total}$$

$$T_u = (1,1 \cdot 0,8 \cdot 1,1) \cdot 70,90$$

$$T_u = 68,63 \text{ kN/m}$$

Dipakai geotekstil non-woven dengan spesifikasi sebagai berikut:

Nama Produk : Woven Geotextile MP 25

Tipe Geotekstil : Separator

Kuat Tarik	: 50 kN/m
Massa	: 250 gr/m ²
Roll Size	: 4m x 150m

Dengan syarat faktor keamanan minimal atau lebih besar dari 1,4 $SF \geq 1,4$, sehingga:

$$SF = ((3 \times \text{kuat tarik bahan})/(\text{kuat tarik kebutuhan}))$$

$$SF = (3.50)/68,63$$

$$SF = 2,2 > 1,4 \text{ (memenuhi syarat)}$$

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perhitungan penggunaan geotekstil di lokasi proyek Jalan Tol Bogor-Ciawi-Sukabumi menghasilkan nilai faktor keamanan analisis stabilitas timbunan sebesar 1,5 (aman) berdasarkan persyaratan faktor keamanan. Faktor keamanan penggelinciran lereng terhadap tulangan geotekstil sebesar 1,9 (aman). Faktor keamanan terhadap pergeseran lateral sebesar 3,04 (aman). Kekuatan tarik maksimum geotekstil minimal 68,63 kN/m.

5. Saran

Agar dapat meningkatkan lebih nilai stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah, stabilitas internal, stabilitas pondasi, mungkin bisa menggunakan metode perkuatan tanah lainnya seperti dinding penahan tanah, penambahan untuk mini pile bisa meningkatkan faktor keamanan terhadap stabilitas tersebut.

References

- [1] K. P. P. Nasional, "Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020–2024," Bappenas. [Online]. Available: <https://share.google/UisYxz8IG0GsSS064>
- [2] Rachael Tunas Pratama, Fatma Sarie, and Okrobianus Hendri, "Analisis Perbaikan Tanah Menggunakan Geotekstil Pada Lapisan Subgrade Proyek Pekerjaan Jalan (Studi Kasus: Peningkatan Jalan G.Obos Xxiv Kota Palangka Raya)," *J. Tek. J. Teor. dan Terap. Bid. Keteknikan*, vol. 4, no. 2, pp. 148–154, 2021, doi: 10.52868/jt.v4i2.2728.
- [3] I. A. Rakhman, "Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Badan Jalan Diatas Tanah Lunak Dengan Perkuatan Geotekstil (Analysis of Road Embankment Slope Stability on Soft Soil With Geotextile Reinforcement)," pp. 1–206, 2021.