# PENGARUH PENGGANTIAN TANAH DAN LAPISAN GEOTEKSTIL TERHADAP DEFORMASI DAN STABILITAS LERENG TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK

# M Batara<sup>1</sup> dan Nurly Gofar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S2 Teknik Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Bina Darma, Jalan Ahmad Yani No 3, 9-10 Ulu, Seberang Ulu I, Palembang, Indonesia batara266@gmail.com

<sup>2</sup>Program Studi S2 Teknik Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Bina Darma, Jalan Ahmad Yani No 3, 9-10 Ulu, Seberang Ulu I, Palembang, Indonesia

\*nurly\_gofar@binadarna.ac.id\*

Masuk: 28-02-2024, revisi: 15-04-2024, diterima untuk diterbitkan: 02-05-2024

#### **ABSTRACT**

This article discusses the deformation and stability of embankment on soft soil. The analysis was carried out for four conditions. The first condition is 2 m high embankment was placed directly on the original soil, the second condition is that geotextiles are spread under the embankment. In the third condition, the original soil is excavated and replaced with 1 m fill to improve the bearing capacity. The fourth condition is the same as the third condition, but the excavation depth is 2 m. In conditions 3 and 4, geotextiles are spread between the original soil and the replacement soil to avoid mixing the original soil and the fill. A construction load of 15 kPa/m² was applied to the embankment. Deformation analysis was carried out using SIGMA/W, while for embankment slope stability analysis using SLOPE/W. The analysis results show that the use of geotextiles increases the stability of embankment slopes, while the use of substitute soil provides an increase in the bearing capacity of the base soil and reduces deformation.

Keywords: soil replacement; soil deformation; safety factor; embankment

### **ABSTRAK**

Artikel ini membahas mengenai deformasi tanah dasar akibat beban timbunan jalan serta stabilitas lereng timbunan tersebut. Analysis dilakukan untuk empat kondisi. Kondisi pertama timbunan setinggi 2 m dihamparkan langsung di atas tanah asli, kondisi kedua geotekstil dihamparkan di permukaan tanah asli sebelum timbunan. Pada kondisi ke tiga, dilakukan penggantian tanah se dalam 1 m untuk memperbaiki daya dukung tanah tersebut. Kondisi ke empat sama seperti kondisi ke tiga, namun kedalam galian adalah 2 m. Pada kondisi 3 dan 4, geotekstil dihamparkan di antara tanah asli dan tanah pengganti untuk menghidari tercampurnya tanah asli dan tanah pengganti. Dari keempat kondisi tersebut pada kondisi akhir (tinggi timbunan 2 m) diberikan beban konstruksi sebesar 15 kPa/m². Analisis deformasi dilakukan menggunakan SIGMA/W sedangkan untuk analisis kestabilan lereng timbunan menggunakan SLOPE/W. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil meningkatkan kestabilan lereng timbunan, sedangkan penggunaan tanah pengganti memberikan peningkatan pada daya dukung tanah dasar untuk mengurangi deformasi.

Kata kunci: pergantian tanah; deformasi tanah; faktor keamanan; tanah timbunan

#### 1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur jalan bebas hambatan (jalan tol) merupakan salah satu fokus dari pemerintah Indonesia saat ini. Dengan dukungan infrastruktur yang merata di seluruh negeri, konektivitas antar wilayah akan kian lancar sehingga arus perpindahan orang dan barang menjadi lebih cepat dan murah. Kondisi ini akan mendorong pertumbuhan ekonomi di suatu kawasan yang pada akhirnya diharapkan akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat (Medianti, 2021). Adanya jalan bebas hambatan tidak hanya sebagai sarana mempercepat akses transportasi bagi pengguna jalan tol, tetapi juga memiliki manfaat ekonomi, baik bagi pemerintah, investor, maupun masyarakat sekitar kawasan jalan tol, baik yang dirasakan langsung maupun tidak langsung, antara lain meningkatkan perkembangan wilayah dan ekonomi, meningkatkan mobilitas dan aksebilitas orang dan barang, menghemat biaya dan waktu operasi kendaraan (BOK), dan mendapatkan pengembalian investasi melalui pendapatan tol (Agustian, 2021).

Beberapa ruas jalan bebas hambatan yang direncanakan oleh pemerintah harus melalui topografi yang berbukit dan pegunungan, sedang ruas lainnya melalui deposit tanah yang tidak ideal, misalnya tanah lempung lunak, gambut dan tanah ekspansif. Konstruksi jalan bebas hambatan yang dibangun di atas tanah lunak memerlukan perbaikan tanah

dasar agar dapat menghasilkan konstruksi jalan bebas hambatan yang dapat berfungsi dengan baik dan memenuhi standar perancangan yang diberikan dalam SNI 8460-2017 (Badan Standarisasi Nasional, 2017) dan Manual Disain Perkerasan Jalan (Dit Jend Bina Marga, 2017).

Pada beberapa ruas pembangunan jalan bebas hambatan, perlu dilakukan peninggian untuk mencapai elevasi jalan sesuai rencana. Elevasi rencana jalan ditentukan berdasarkan alinyemen jalan, muka air banjir dan sistem drainase setempat. Jalur jalan bebas hambatan di Sumatra Selatan juga banyak melalui rawa rawa sehingga memerlukan penimbunan yang tinggi (Aslam dan Gofar, 2022).

Pembangunan ruas jalan bebas hambatan Trans Sumatra yaitu Kayu Agung – Palembang – Betung dilaksanakan di bagian timur provinsi Sumatera Selatan. Sebagian ruas jalan ini melalui deposit tanah lempung lunak. Pembangunan jalan di atas tanah lunak menghadapi dua permasalahan yaitu daya dukung yang rendah dan penurunan yang besar (Aslam dan Gofar, 2022). Penurunan tanah yang terjadi setelah jalan memasuki masa operasional dapat menyebabkan lubang-lubang pada perkerasan jalan, kualitas berkendara yang buruk dan berbahaya bagi lalu lintas karena permukaan jalan yang tidak rata. Dengan demikian perlu dilakukan perbaikan terhadap tanah pondasi sebelum pelaksanaan konsruksi jalan untuk memastikan daya dukung tanah tanah pondasi cukup untuk menanggung beban di atasnya tanpa ada penurunan yang besar dan kegagalan geser (Arhab dan Gofar, 2023).

Untuk deposit tanah lunak yang cukup dalam dilakukan perbaikan tanah dengan mempercepat proses konsolidasi untuk memperkecil penurunan yang terjadi pada masa operasional dan mendapatkan daya dukung yang memadai (Andi dan Gofar, 2021). Sedangkan untuk deposit tanah lunak yang tidak terlalu dalam, dilakukan penggantian tanah (*soil replacement*) (Hartanto dan Makarim, 2020). Penurunan tanah pondasi akan berimbas pada terjadinya longsoran pada lereng timbunan, sehingga perlu dilakukan penghamparan geotekstil untuk meratakan penurunan timbunan dan menahan pergerakan lateral pada dasar timbunan.

Analisis kestabilan timbunan di atas tanah lunak dilakukan secara analitis terhadap ketahanan terhadap kegagalan geser, pergerakan lateral, stabilitas lereng timbunan dan penurunan yang berlebihan (Bergado et al., 2002). Sakleshpur dan Madhav (2015) melakukan analisis stabilitas timbunan dengan mengasumsikan kekuatan tanah pondasi dengan metode subgrade reaction. Namun, dengan berkembangnya teknologi komputer, analisis deformasi timbunan biasa dilakukan secara numerik berbasis *finite element method* (FEM) seperti PLAXIS dan SIGMA/W (Geoslope International, 2012). Sedangkan analisis stabilitas lereng timbunan dapat dilakukan dengan *strength reduction method* (SRM) yang terintegrasi dalam beberapa program berbasis FEM seperti PLAXIS, dan *limit equilibrium method* (LEM) yang terintegrasi dalam program SLOPE/W (Geoslope International, 2018). Penelitian oleh Jitno dan Gofar (2005) menyimpulkan bahwa metode LEM yang memenuhi kesetimbangan gaya dan momen seperti Metode Bischop memberikan prediksi stabilitas lereng yang lebih baik.

Geotekstil digunakan dalam konstruksi jalan berfungsi sebagai *separator* (pemisah) antara lapisan tanah asli dengan tanah timbunan. Penggunaan geotekstile dengan modulus tinggi dapat menghasilkan *membrane effect* sehingga berfungsi meratakan penurunan tanah di bawah timbunan (Koerner, 2005). Penelitian yang dilakukan oleh Surachmat et al. (2019) menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil dapat mengurangi penurunan pada tanah dasar dengan ratarata 7,63% pada kondisi *short term* dan 4,11% pada kondisi *long term*. Selain itu terdapat peningkatan faktor keamanan rata-rata sebesar 2,06% pada kondisi *short term* dan 19,58% pada kondisi *long term*. Penelitian mengenai pengaruh lapisan geotekstil terhadap deformasi dan stabilitas timbunan di atas tanah lunak dilakukan oleh Sumantri dan Gofar (2023) menggunakan program SIGMA/W. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemasangan geotekstil di dasar timbunan berfungsi efektif sebagai pemisah antara tanah pondasi dan tanah timbunan dan juga sebagai perkuatan, namun gaya tarik maximum yang termobilisasi cukup kecil sehingga pengaruhnya terhadap deformasi tidak signifikan.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, artikel ini membahas perbaikan stabilitas pondasi jalan pada ruas jalan Tol Palembang – Betung STA 75+000 sampai dengan STA 89+690 dimana kondisi tanahnya lunak dengan ketebalan hanya sekitar 5 m. Dengan demikian hanya diperlukan penggantian tanah dasar dan perkuatan geotekstil. Geotekstil yang digunakan disini memiliki modulus yang cukup tinggi. Pada umumnya geotekstil dihamparkan langsung di atas tanah lunak sebelum penghamparan tanah timbunan jalan di atas tanah lunak sedangkan daya dukung dan pergerakan horizontal timbunan ditahan oleh cerucuk (Suyuti dan Rizal, 2020) atau turap (Sumantri Gofar, 2023). Dalam penelitian ini, analisis dilakukan terhadap pengaruh penghamparan geotekstil dan penggantian tanah dengan variasi ketebalan lapisan tanah pengganti. Penempatan geotekstil dibawah tanah pengganti (kedalaman 1-2 m) diharapkan dapat memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap ketahanan badan timbunan terhadap pergerakan ke arah horizontal. Selain itu, tanah pengganti dan timbunan yang dipadatkan membentuk satu kesatuan karena dibentuk oleh material dengan sifat dan kepadatan yang sama.

# 2. METODE PENELITIAN

# Lokasi penelitian

Penelitian ini di dasarkan pada observasi yang dilakukan pada konstruksi Jalan Tol Kayagung - Palembang – Betung STA 75+000 sampai dengan STA 89+690 (Gambar 1). Metode perbaikan tanah yang dilakukan dengan metode pergantian tanah dan penghamparan lapisan geotekstil di antara lapisan tanah asli dengan tanah timbunan. Pelaksanaan pekerjaan perbaikan tanah diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Lokasi Proyek Jalan Tol KAPB Paket II Seksi 3



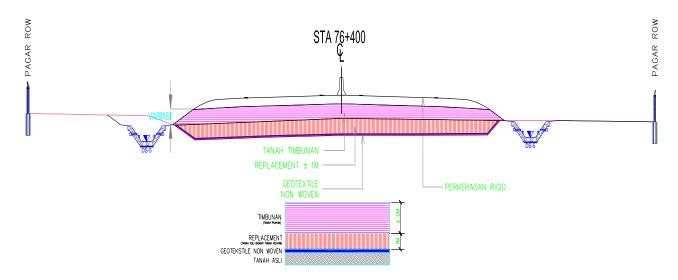
Gambar 2. Proses perbaikan tanah pada Proyek KAPB Paket II Seksi 3

# Pengumpulan data

Data yang diperlukan seperti geometri, sifat tanah asli, sifat tanah pengganti dan tanah timbunan, serta data geotekstil yang digunakan sebagai lapisan perkuatan didapat dari konsultan perencana dan survei lokasi.

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang menitikberatkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal, sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan

yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Gambar 3 memperlihatkan geometri jalan yang ditinjau dalam penelitian ini dimana tanah asli digali, kemudian dilakukan penghamparan lapisan Geotekstil *non-woven*, kemudian ditimbun dengan tanah pilihan yang seperti terlihat pada Gambar 3.



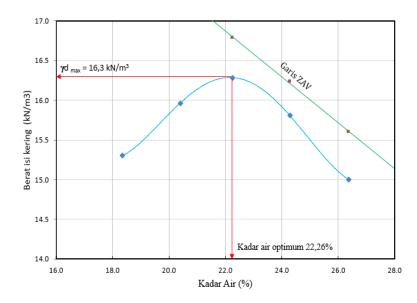
Gambar 3. Geometri jalan yang ditinjau

Selain geometrik jalan dan timbunan, data-data lainnya yang digunakan dalam analisis adalah parameter kekuatan dan modulus tanah pengganti, parameter kekuatan dan modulus tanah asli, serta jenis geotekstil yang digunakan. Data tanah yang dikumpulkan dari konsultan perencana di evaluasi dan dipilih sesuai dengan kebutuhan analisis deformasi menggunakan metode finite element dengan program SIGMA/W dan analisis stabilitas lereng menggunakan SLOPE/W. Tabel 1 memperlihatkan parameter tanah yang digunakan dalam analisis.

	Berat isi	Kuat geser		Modulus	Poisson's
	$(kN/m^3)$	c	$\phi$	E (kPa)	Ratio
		(kPa)	(°)		υ
Tanah Asli	15	20	23	3.000	0,4
Tanah Pengganti					
& Tanah	17	25	25	20.000	0,334
Timbunan					

Tabel 1. Parameter tanah untuk analisis deformasi dan stabilitas lereng

Tanah timbunan merupakan tanah terpilih yang diambil dari sekitar lokasi proyek yaitu di desa Pulau Harapan Kabupaten Banyuasin. Penimbunan dilakukan sesuai kriteria penimbunan yaitu SNI 8460:2017 perihal timbunan tanah. Proses pemadatan dilakukan perlapis dengan tebal 20 cm. Kriteria pemadatan tanah timbunan didasarkan dari hasil pengujian pemadatan dengan metode standard Proctor (SNI 1742:2008). Hasil pengujian pemadatan diberikan pada Gambar 4. Pencapaian kekuatan tanah setelah penimbunan diuji dengan menggunakan Dynamic Penetrometer Test (DPT) untuk mendapatkan nilai CBR yang sesuai untuk subgrade jalan yaitu 6% (Dit Jend Bina Marga, 2017). Data geotekstil ditentukan berdasarkan jenis geotekstil yang digunakan di lapangan. Tabel 2 memperlihatkan data yang digunakan dalam analisis.



Gambar 4. Grafik pemadatan timbunan sebagai kriteria pemadatan di lapangan

Tabel 2. Material properties geotekstil non-woven yang digunakan

	Massa (gr/m²)	Ultimate tensile	Failure strain
		strength, $T_{ult}$ (kN/m <sup>2</sup> )	(%)
Geotekstil	200	9,28	84%

## Matriks analisis

Analisis dilakukan dengan 4 kondisi yaitu: Kondisi 1: tanah dasar diberi beban timbunan setinggi 2 m, kondisi kedua geotekstil dihamparkan dibawah timbunan. Pada kondisi ke tiga, dilakuka penggantian tanah se dalam 1 m untuk memperbaiki daya dukung tanah tersebut. Kondisi ke empat sama seperti kondisi ke tiga, namun kedalam galian adalah 2 m. Pada kondisi 3 dan 4, geotekstil dihamparkan di antara tanah asli dan tanah pengganti untuk menghidari tercampurnya tanah asli dan tanah pengganti. Dari keempat kondisi tersebut pada kondisi akhir (tinggi timbunan 2 m) diberikan beban konstruksi sebesar 15 kPa/m². Beban konstruksi di pilih berdasarkan peraturan Bina Marga untuk Beban Jalan Kelas 1 (Dit Jend Bina Marga, 2017). Analisis deformasi dilakukan menggunakan metode finite element pada program SIGMA/W dan stabilitas lereng menggunakan metode Simplified Bischop yang terintegrasi dalam program SLOPE/W (Geoslope International, 2018).

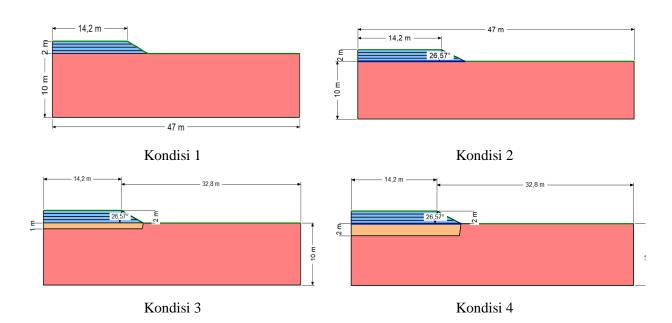
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis di presentasikan dalam dua bagian yaitu penurunan (*deformation*) dan stabilitas lereng timbunan. Perbandingan hasil analisis pada empat kondisi dibahas berdasakan besarnya penurunan yang terjadi pada tengah tengah dasar timbunan.

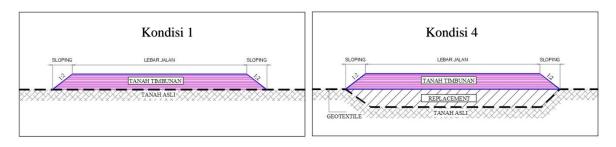
#### Analisis deformasi timbunan

Dalam penelitian ini ditinjau empat kondisi seperti diperlihatkan pada Gambar 5 yaitu: Kondisi pertama timbunan setinggi 2 m dihamparkan langsung di atas tanah asli, Kondisi kedua geotekstil dihamparkan di permukaan tanah asli sebelum timbunan. Pada Kondisi ke tiga, dilakukan penggantian tanah se dalam 1 m untuk memperbaiki daya dukung tanah tersebut. Kondisi ke empat sama seperti kondisi ke tiga, namun kedalam galian adalah 2 m. Pada kondisi 3 dan 4, geotekstil dihamparkan di antara tanah asli dan tanah pengganti untuk menghidari tercampurnya tanah asli dan tanah pengganti.

Pemodelan pada SIGMA/W dilakukan mengikuti langkah konstruksi. Dalam hal ini kondisi tanah asli dan tanah timbunan di anggap sebagai kondisi insitu (0 day). Dalam hal ini input data tanah pengganti telah disesuaikan dengan kondisi padat. Untuk pemodelan tanah timbunan dilakukan dengan penghamparan per lapisan yaitu 4 lapisan per 0,5 m. Evaluasi hasil analisis dilakukan pada situasi setelah penambahan beban timbunan dan beban jalan sebesar 15 kN/m². Gambar 5 dan 6 memperlihatkan langkah analisis menggunakan SIGMA/W dan SLOPE/W.

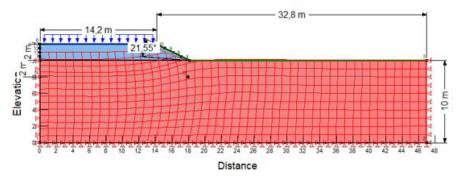


Gambar 5. Kondisi konstruksi jalan yang di analisis

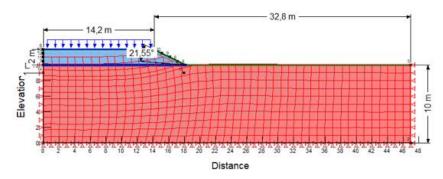


Gambar 6. Analisis SIGMA/W dan SLOPE/W pada kondisi 1 & 4

Gambar 7 memperlihatkan hasil analisis deformasi pada kondisi 1 setelah timbunan dan aplikasi beban jalan. Deformasi di amati pada potongan A – A yaitu pada dasar timbunan. Untuk Kondisi 2 dengan adanya lapisan geotekstil diperlihatkan pada Gambar 8. Dari hasil analisis didapatkan bahwa terjadi deformasi maximum pada tengah timbunan sebesar 88,58 mm dan minimum pada kaki lereng timbunan sebesar 2 mm.

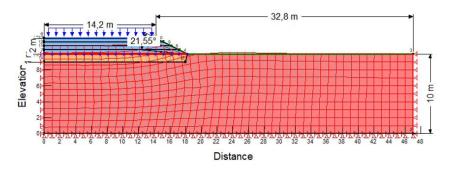


Gambar 7. Tampilan Grafis Hasil Analisis deformasi untuk Kondisi 1

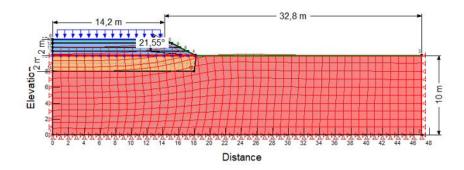


Gambar 8. Tampilan grafis hasil analisis deformasi untuk Kondisi 2

Pada kondisi 3, dilakukan analisis deformasi dimana tanah dasarnya digali se dalam 1 m, dihamparkan geotekstil dan di ganti dengan dengan tanah yang lebih baik. Hasil analisis deformasi diperlihatkan pada Gambar 9. Untuk kondisi 4 dalamnya penggalian adalan 2 m dan hasil analisis deformasi ditampilkan pada Gambar 10.

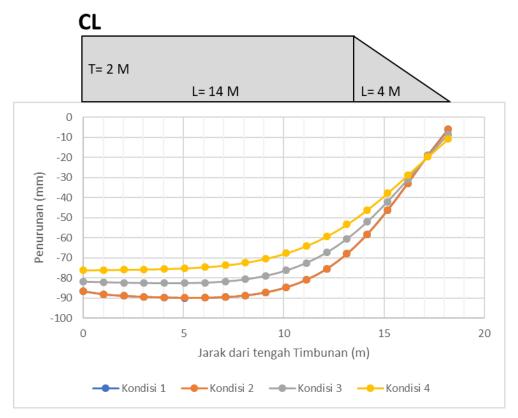


Gambar 9. Tampilan grafis hasil analisis deformasi untuk Kondisi 3



Gambar 10. Tampilan grafis hasil analisis deformasi untuk Kondisi 4

Gambar 11 memperlihatkan perbandingan deformasi yang terjadi pada kondisi 1, 2, 3, dan 4 sedangkan Tabel 3 memperlihatkan perbandingan deformasi maximum yang terjadi pada setiap kondisi. Perbandingan deformasi pada kondisi 1 dan kondisi 2 memperlihatkan bahwa penghamparan geotektil memberikan pengaruh yang minimal terhadap deformasi tanah di bawah timbunan. Namun penggantian tanah dasar dengan tanah pengganti memberi pengaruh terhadap deformasi. Terjadi pengurangan deformasi pada tengah timbunan dari 86.59 mm pada kondisi 1 menjadi 86,60 mm pada kondisi 2, dan 81,80 mm pada kondisi 3, dan 76,12 mm pada kondisi 4. Pengurangan deformasi ini cukup kecil yaitu hanya 10% (dari kondisi 1 ke kondisi 4) sehingga dapat disimpulkan bahwa penghamparan geotekstil dan pergantian tanah tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap penurunan atau deformasi timbunan.



Gambar 11. Plot deformasi terhadap jarak dari tengah timbunan untuk Kondisi 1 – 4

Tabel 3. Deformasi maximum yang terjadi pada tengah timbunan untuk kondisi 1 – 4

Kondisi	1	2	3	4
Deformasi maximum (mm)	86,59	86,60	81,80	76,12

# Analisis stabilitas lereng

Gambar 12 memperlihatkan hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi 1 setelah penambahan timbunan tinggi 2 m dan beban tambahan sebesar 15 kPa/m², sedangkan Gambar 13 memperlihatkan hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi 2 yaitu dengan pemasangan geotekstil. Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi 3 dan 4 diperlihatkan berturut turut pada Gambar 14 dan Gambar 15. Nilai faktor keamanan untuk semua kondisi disajikan dalam Tabel 4. Dapat dilihat dari Gambar 12 dan Gambar 13, adanya peningkatan faktor keamanan dari 4,149 ke pada 4,960 akibat pemasangan lapisan geotekstil atau peningkatan sebesar 19%. Bila dibandingkan dengan kondisi 2 (Gambar 13), maka peningkatan faktor keamanan akibat penggantian tanah sedalam 1 m tidak siginifikan. Namun untuk penggantian tanah sedalam 2 m pengaruhnya cukup besar terhadap faktor keamanan yaitu dari 4,960 kepada 5,110 atau peningkatan sebesar 3%.



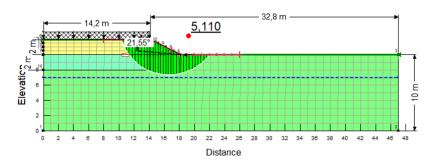
Gambar 12. Hasil analysis stabilitas lereng pada Kondisi 1

10 m Distance

Gambar 13. Hasil analisis stabilitas lereng pada Kondisi 2



Gambar 14. Hasil analisis stabilitas lereng pada Kondisi 3



Gambar 15. Hasil analisis stabilitas lereng pada Kondisi 4

Tabel 4. Faktor keamanan lereng timbunan

Kondisi	1	2	3	4
FK	4,149	4,960	4,983	5,110

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis numerik yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan data dari studi kasus pada ruas jalan Tol Kayu Agung – Palembang – Betung STA 75+000 sampai dengan STA 89+690, dapat ditarik kesimpulan bahwa penggantian tanah asli dengan tanah dapat mengurangi deformasi pada tengah badan timbunan. Namun dalam kasus yang ditinjau pada penelitian ini pengurangan deformasi yang terjadi akibat penggantian tanah sedalam 2 m dan penghamparan geotekstil hanya 10% dari kondisi 1 yaitu 86.59 mm ke kondisi 4 yaitu 76.12 mm. Penggunaan geotekstil di antara lapisan pengganti dengan tanah dasar memberikan manfaat sebagai pemisah dan sebagai penguat pada ujung timbunan dimana tanah pengganti dan tanah timbunan merupakan satu kesatuan. Konfigurasi ini tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap deformasi. Namun penggunaan lapisan geotekstil dan penggantian tanah sedalam 2 m meningkatkan faktor keamanan lereng jalan yaitu dari 4,149 pada kondisi 1 kepada 5,110 pada kondisi

4, atau peningkatan faktor keamanan sebesar 22%. Dalam hal ini faktor keamanan untuk lereng sudah memenuhi persyaratan SNI 8460-2017 untuk kondisi lereng dengan ketidakpastian tinggi yaitu  $FK \ge 1,5$ .

## **DAFTAR PUSTAKA**

Andi, N. F. & Gofar, N. (2021) Estimasi penurunan jalan di atas tanah yang diperbaiki dengan PVD menggunakan metode observasi. *Jurnal Rekayasa*, 11(2), 136-152. https://doi.org/10.37037/jrftsp.v11i1.98

Aslam, Z. & Gofar, N. (2022) The effect of soil stabilization and reinforcement on the stability of embankment on soft soil. *Jurnal Teknik Sipil Maranatha*, 18(2), 356-367. <a href="https://doi.org/10.28932/jts.v18i2.4613">https://doi.org/10.28932/jts.v18i2.4613</a>

Badan Standardisasi Nasional. (2017). *Persyaratan perancangan geoteknik* (SNI 8460:2017). http://sispk.bsn.go.id/SNI/DaftarList

Bergado, D. T., Pham V. L. & Murthy, B. R. S. (2002). A case study of geotextile-reinforced embankment on soft ground. *Geotextiles and Geomembranes*, 20(6), 343-365.

Direktorat Jenderal Bina Marga (2017). Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017

Geoslope International Ltd. (2018). Stress Deformation Modelling with SIGMA/W. Calgary, Canada.

Geoslope International Ltd. (2018). Slope Stability Analysis with SLOPE/W. Calgary, Canada.

Hardiyatmo, H. C. (2002). Mekanika Tanah 2. Penerbit Gajah Mada University Press, Yogyakarta. 209 pp.

Hartanto, F. & Makarim, C. A. (2020) Analisis alternatif perancangan desain dalam pembangunan jalan di atas tanah gambut. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, *3*(4), 1151-1156.

Jitno, H. & Gofar, N. (2005) Stability and deformation analysis of failed embankments founded on soft clays. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 17(1), 1-12.

Medianti, B.S. (2021) *Mewujudkan Infrastruktur Berkelanjutan: Aspek, Pembiayaan, dan Manfaat*. Kajian Opini Publik. Available at: https://kpbu.kemenkeu.go.id/read/1134-1302/umum/kajian-opini-publik/mewujudkan-infrastruktur-berkelanjutan-aspek-pembiayaan-dan-manfaat

Pusat Litbang Prasarana Transportasi. (2001). *Timbunan Jalan Pada Tanah Lunak, Panduan Geoteknik 4, Desain dan Konstruksi*, Bandung.

Sakleshpur, V. A. & Madhav, M. (2015). An approach to predict settlement of embankments on granular fill – soft ground system. Proceedings: International Conference on Geotechnical Engineering, Colombo, Sri Lanka, pp. 303-306

Sumantri, E. W., & Gofar, N. Pengaruh lapisan geotekstil dan turap terhadap deformasi timbunan jalan di atas tanah lunak. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 10(1), 45-55. <a href="http://dx.doi.org/10.35449/teknika.v10i1.254">http://dx.doi.org/10.35449/teknika.v10i1.254</a>.

Surachmat, D., Wijaya, H. & Kawanda, A. (2019). Analisis penurunan tanah dengan menggunakan geotekstil pada timbunan. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(4),197-206. <a href="https://doi.org/10.24912/jmts.v2i4.6191">https://doi.org/10.24912/jmts.v2i4.6191</a>.

Suyuti & Rizal, M. (2020). Evaluasi tinggi embankment jalan pada tanah lunak diperkuat geotextile dan fondasi cerucuk. *Teras Jurnal*, 10(2), 224 – 234. <a href="http://dx.doi.org/10.29103/tj.v10i2.320">http://dx.doi.org/10.29103/tj.v10i2.320</a>.