



Analisis Geoteknik Ruas Jalan Rurukan Sebagai Daerah Agrowisata Pada Penambahan Beban Timbunan

Roski R. I. Legrans^{#a}, Steeva G. Rondonuwu^{#b}, Oktovian B. A. Sompie^{#c}

^{#Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia}
^alegransroski@unsrat.ac.id, ^bsteeva_rondonuwu@unsrat.ac.id, ^cbspompie@yahoo.com

Abstrak

Kegiatan timbunan pada kawasan rest area daerah agrowisata yang terletak di jalan Tomohon-Rurukan memerlukan suatu kajian geoteknik sehingga diperoleh informasi mengenai kestabilan timbunan dan konstruksi pengaman timbunan. Penelitian ini bertujuan melakukan analisis geoteknik terhadap pekerjaan timbunan pada kawasan rest area daerah agrowisata, yang meliputi: i) kestabilan daya dukung tanah asli akibat timbunan, pada kondisi jangka pendek dan jangka panjang; ii) kestabilan lereng timbunan, pada kondisi jangka pendek dan jangka panjang dan iii) kestabilan konstruksi pengaman lereng timbunan, yang berupa dinding penahan tanah dangkal. Analisis ini menggunakan data yakni potongan lereng alami, potongan rencana timbunan dan data tanah yang diperoleh dari penyelidikan tanah lapangan melalui uji CPT/sondir. Parameter tanah yang digunakan dalam analisis adalah hasil korelasi terhadap hasil uji CPT/sondir. Hasil analisis memberikan kesimpulan yakni lereng alami pada kawasan rest area di jalan Tomohon-Rurukan berada dalam kondisi cenderung stabil dan rentan terhadap kelongsoran saat terjadi gempa dan lereng timbunan pada kondisi jangka panjang memiliki faktor keamanan yang tidak memenuhi persyaratan faktor keamanan minimum. Untuk mengamankan lereng timbunan, digunakan dinding penahan tanah dangkal tipe gravity wall. Analisis kestabilan dinding penahan tanah tersebut menunjukkan bahwa dinding penahan tanah stabil terhadap guling, geser local, daya dukung tanah, gempa dan kestabilan global.

Kata kunci: Rurukan, agrowisata, timbunan, geoteknik

1. Pendahuluan

Kelurahan Rurukan dan Kelurahan Rurukan Satu yang berada di kecamatan Tomohon Timur, Kota Tomohon, provinsi Sulawesi Utara, Indonesia telah ditetapkan menjadi kawasan agrowisata Kota Tomohon, yang dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi Kota Tomohon.

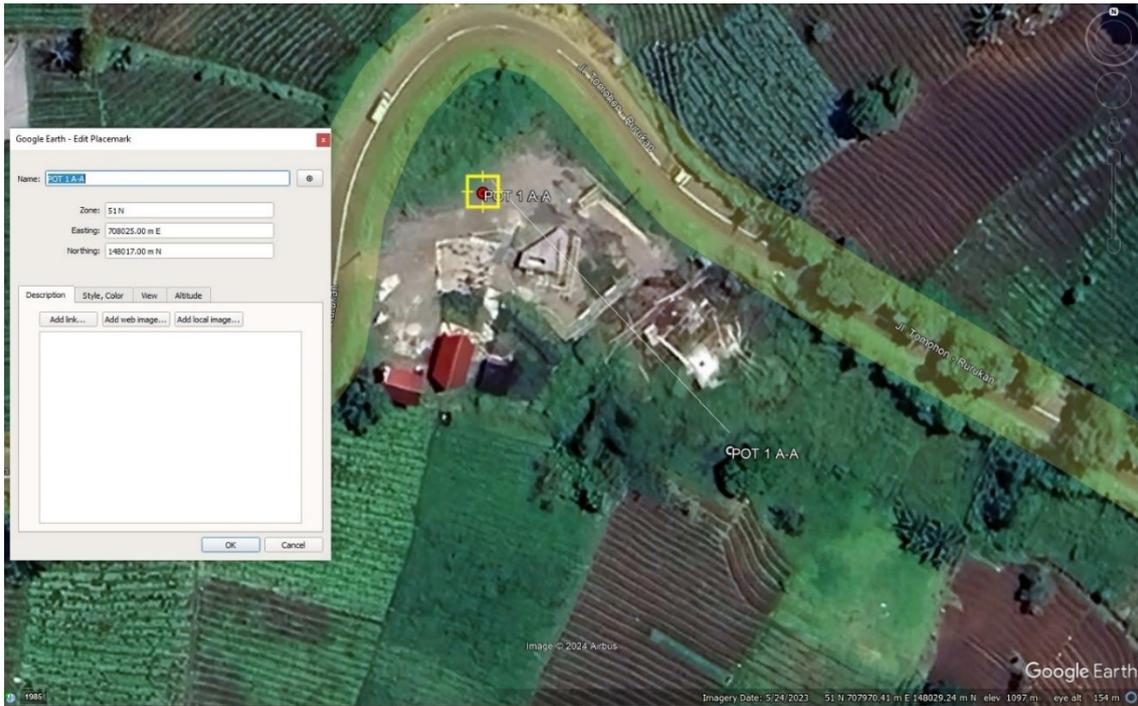
Untuk menunjang kegiatan agrowisata diperlukan fasilitas yang memadai, salah satunya adalah kawasan rest area. Rest area yang terletak di ruas jalan Tomohon-Rurukan berfungsi sebagai tempat istirahat sementara bagi pengunjung/wisatawan di kawasan agrowisata Rurukan. Rest area yang dibangun menempati lahan yang berada pada sisi jalan yang memiliki kemiringan lereng yang curam. Untuk itu diperlukan konstruksi timbunan untuk mendapatkan lahan kawasan yang datar dan sejajar dengan elevasi ruas jalan Tomohon-Rurukan

Kegiatan konstruksi timbunan memerlukan kajian geoteknik, yakni suatu studi untuk mengetahui daya dukung tanah dalam menerima beban struktur di atasnya, termasuk di dalamnya mengidentifikasi perilaku dan sifat teknis tanah sebelum pembangunan, dan menganalisis kestabilan timbunan.

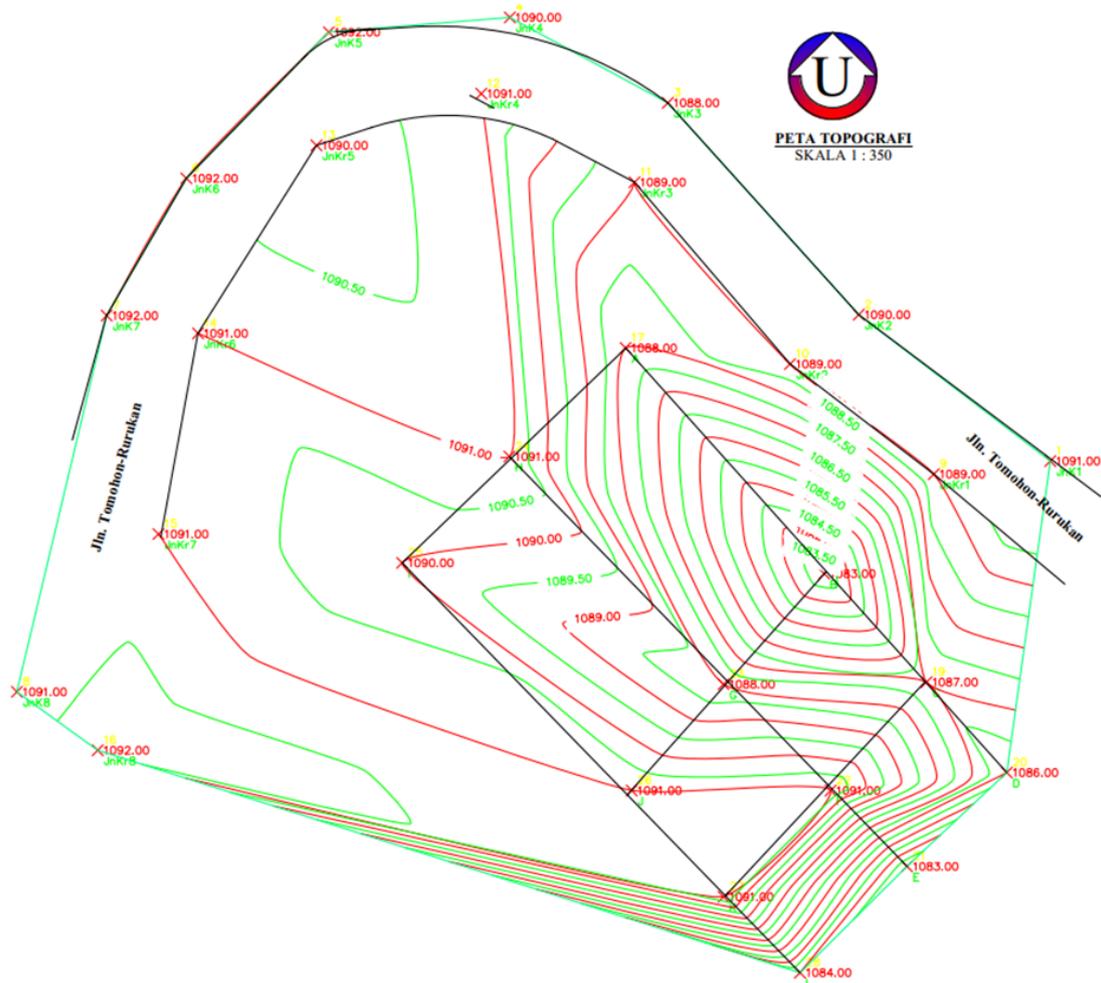
Pekerjaan timbunan umumnya digunakan untuk mendapatkan elevasi rencana dari elevasi permukaan tanah asli. Pada lereng galian, timbunan berfungsi untuk menambah momen penahan longsor sehingga meningkatkan faktor keamanan lereng. Analisis geoteknik bertujuan untuk menganalisis kestabilan yang meliputi:

- Kestabilan daya dukung tanah asli akibat timbunan, pada kondisi jangka pendek dan jangka panjang
- Kestabilan lereng timbunan, pada kondisi jangka pendek dan jangka panjang

- Kestabilan konstruksi pengaman lereng timbunan, yang berupa dinding penahan tanah dangkal



Gambar 1. Lokasi Kawasan Rest Area Daerah Agrowisata



Gambar 2. Peta Topografi Kawasan Rest Area Daerah Agrowisata

2. Metode Analisis

2.1. Analisis Kestabilan Lereng

Analisis terhadap kestabilan lereng menggunakan Metode Bishop Tersederhanakan (Simplified Bishop). Untuk mempersingkat waktu analisis, perangkat lunak Rocscience SLIDE V.6.0.2 digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng yang ditinjau sehingga mendapatkan nilai faktor keamanan lereng yang terkecil.

Pembebanan pada lereng adalah beban konstruksi parkir rest area dan bangunan tidak bertingkat yang dimodelkan sebagai beban merata, diambil sebesar 0.5 kPa untuk konstruksi parkir sebesar 0.5 kPa dan 1.5 kPa untuk bangunan tidak bertingkat. Lapisan tanah pada masing-masing lereng, beserta indeks properties dan parameter kuat geser masing-masing jenis tanah yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng diperoleh dari hasil korelasi terhadap hasil uji CPT/sondir pada lokasi uji yang bersesuaian/berdekatan dengan lereng yang akan dianalisis.

Nilai a_h -max ditentukan berdasarkan Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017, yakni pada Peta Percepatan Puncak Di Batuan Dasar (SB) untuk Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 tahun. Pada peta tersebut, lokasi rest area diketahui memiliki nilai PGA maksimum adalah 0.5g. Dengan demikian, a_h -max = PGA = 0.5g, sehingga $k_h = 0.5g / 2g = 0.5$.

Kriteria faktor keamanan yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng mengacu pada SNI 8460:2017, pasal 7.5.5., diambil tingkat ketidakpastian kondisi analisis rendah (Tabel 25 pasal 7.5.5) dengan nilai faktor keamanan (FK) yakni 1.25. Untuk pembebanan gempa mengacu pada pasal 7.5.1.1., dimana pengaruh beban gempa diperhitungkan jika lereng galian atau timbunan direncanakan dibangun di dekat area permukiman. Faktor keamanan minimum yang disyaratkan untuk analisis menggunakan model pseudo-statik adalah lebih besar dari 1.1 (FK > 1.1), dengan menggunakan koefisien seismik yang didapatkan dari percepatan puncak di permukaan (PGA) yang sesuai dengan kelas situs.

Posisi lereng yang akan dianalisis dapat dilihat pada peta lokasi yang bersumber dari Google Earth. Parameter tanah yang digunakan dalam analisis menggunakan data hasil korelasi terhadap titik CPT/sondir yang terdekat dengan lokasi lereng.

Kestabilan lereng dianalisis untuk kondisi jangka pendek (total stress analysis) yakni saat timbunan dikerjakan dan kondisi jangka panjang (effective stress analysis) yakni pada masa layan timbunan. Parameter kuat geser tanah yang digunakan dalam analisis diperoleh berdasarkan korelasi terhadap hasil uji CPT/sondir pada titik sondir terdekat dengan lokasi lereng.

Dalam SNI 8460:2017 pasal 7.6, stabilitas lereng tanah dapat dievaluasi dengan 4 (empat) kondisi perancangan yang disesuaikan dengan kondisi yang dapat terjadi di lapangan, yaitu: Kondisi pada saat konstruksi dan pada akhir konstruksi; Kondisi steady state seepage; Kondisi sudden drawdown; Kondisi gempa (earthquake).

Berdasarkan kondisi yang terjadi di lapangan, maka kondisi yang dipilih dalam menganalisis kestabilan lereng galian adalah: Kondisi pada saat konstruksi dan akhir konstruksi; dan Kondisi gempa (earthquake).

2.2. Analisis Kestabilan Dinding Penahan Tanah

Standar dan metode analisis yang digunakan dalam perancangan tembok penahan tanah tipe gravitasi adalah:

1. SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik;
2. Metode Coulomb untuk analisis tekanan tanah aktif;
3. Metode Caquot-Kerisel untuk analisis tekanan tanah pasif;
4. Metode Mononobe-Okabe untuk analisis gempa;
5. Verifikasi kestabilan dinding penahan tanah menggunakan factor keamanan minimum sebagaimana diatur dalam SNI 8460:2017 pasal 10.2.5.3, yakni
 - terhadap guling: FK = 2.0
 - terhadap geser lateral: FK = 1.5
 - terhadap daya dukung: FK = 3
 - terhadap gempa: FK = 1.1
 - terhadap stabilitas global; FK = 1.5

Analisa gempa pada dinding penahan tanah menggunakan metode Mononobe-Okabe,

dimana koefisien seismic berdasarkan nilai PGA lokasi konstruksi di Kelurahan Rurukan, Kec. Tomohon Timur, Kota Tomohon pada Peta Percepatan Puncak Di Batuan Dasar (SB) untuk Probabilitas Terlampaui 2% dalam 50 tahun. Lokasi konstruksi diketahui memiliki nilai PGA maksimum adalah 0.5g. Dengan demikian, $ah_{max} = PGA = 0.5g$, sehingga $kh = 0.5g / 2g = 0.25$.

2.3. Analisis Daya Dukung Tanah terhadap Timbunan

Analisis daya dukung tanah dilakukan pada timbunan bertahap (staged construction) yakni untuk mendapatkan faktor keamanan pada setiap tinggi timbunan sampai diperoleh elevasi rencana. Selain faktor keamanan terhadap daya dukung, penurunan yang terjadi pada tanah dasar akibat beban timbunan turut dianalisis. Analisis penurunan yang dilakukan adalah:

- penurunan seketika (immediate settlement);
- penurunan konsolidasi (consolidation settlement)

Perhitungan penurunan seketika dilakukan apabila tanah dasar tergolong pada tanah berbutir kasar. Perhitungan penurunan konsolidasi dilakukan apabila tanah dasar tergolong pada tanah berbutir halus, selain itu dilakukan juga perhitungan penurunan seketika. Parameter tanah yang digunakan dalam analisis penurunan menggunakan data hasil korelasi terhadap titik CPT/sondir yang terdekat dengan lokasi timbunan.

Analisis penurunan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Rocscience SETTLE3D, dengan input parameter kompresibilitas tanah dan geometri timbunan.

3. Hasil Analisis

3.1. Kestabilan Lereng

Analisis kestabilan lereng alami dilakukan pada kondisi tegangan efektif (effective stress analysis) yakni kondisi jangka panjang saat lereng alami sudah terbentuk pada kondisi statis dan gempa. Berikut ini adalah hasil analisis kestabilan lereng dengan menggunakan perangkat lunak Rocscience SLIDE.

Tabel 1. Faktor Keamanan Lereng Alami

Referensi Titik Sondir	Faktor Keamanan	
	Statis	Dinamis
C1	1.23	0.84
C2	1.27	0.87

Hasil analisis kestabilan lereng alami menunjukkan bahwa pada kondisi statis, lereng alami di lokasi rest area cenderung stabil. Pada beban gempa, lereng alami rentan terhadap kelongsoran. Terkait dengan pemanfaatan lahan sebagai kawasan rest area yang membutuhkan luas lahan yang cukup untuk lahan parkir dan konstruksi bangunan sederhana, maka bagian lereng alami akan diberikan timbunan tanah. Hal tersebut memerlukan analisis kestabilan timbunan untuk memastikan bahwa tambahan timbunan dalam memenuhi ketercukupan lahan tidak menyebabkan kegagalan.

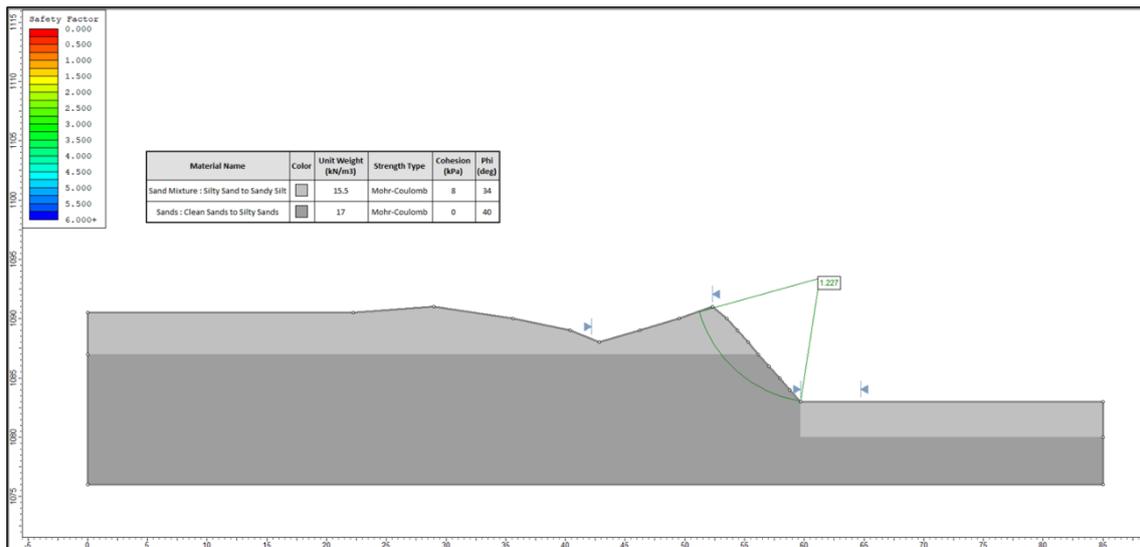
3.2. Kestabilan Timbunan

Analisis kestabilan timbunan berkaitan dengan daya dukung tanah dasar, penurunan tanah dasar akibat beban timbunan dan kestabilan lereng timbunan. Rencana timbunan pada lereng alami ditunjukkan pada Gambar 5.

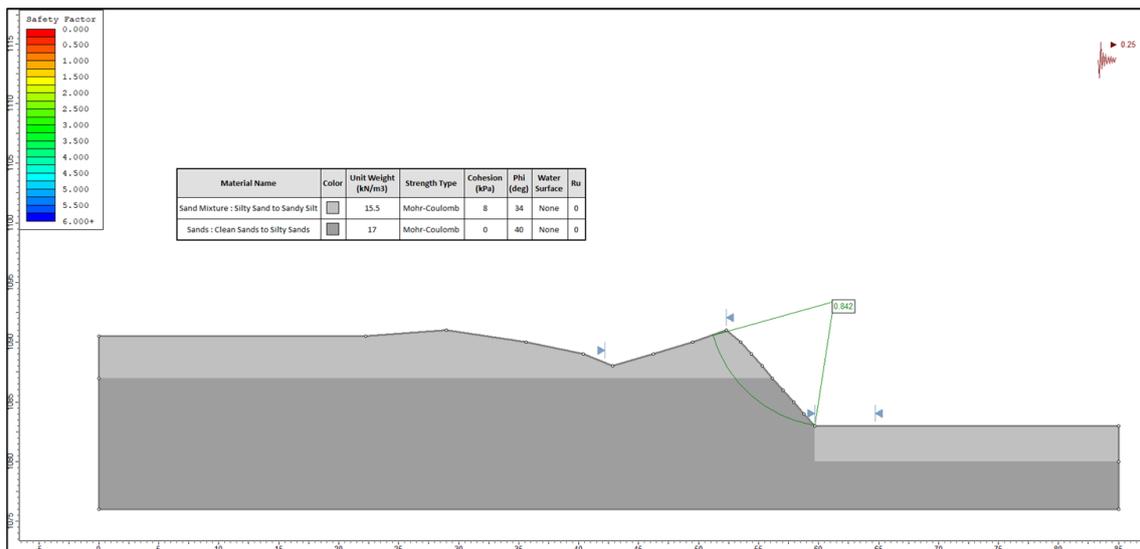
3.2.1. Daya Dukung Tanah Dasar

Analisis daya dukung tanah dasar dilakukan untuk mendapatkan factor keamanan terhadap timbunan, dimana factor keamanan minimum terhadap daya dukung tanah dasar adalah 1.5. Analisis daya dukung tanah dasar dengan menggunakan referensi parameter tanah korelasi terhadap hasil uji CPT/sondir, dimana perhitungan daya dukung tanah dilakukan terhadap penambahan tinggi timbunan setiap 1 m. Hasil analisis daya dukung menunjukkan bahwa

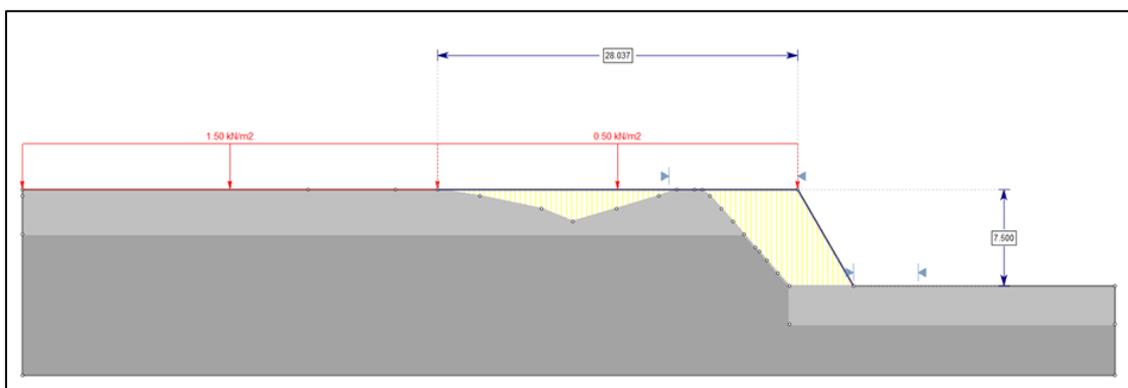
timbunan tanah setinggi 7.5 m menghasilkan factor keamanan > 1.5 (Gambar 6 dan Gambar 7) Dengan demikian, timbunan tanah yang direncanakan stabil terhadap daya dukung tanah dasar.



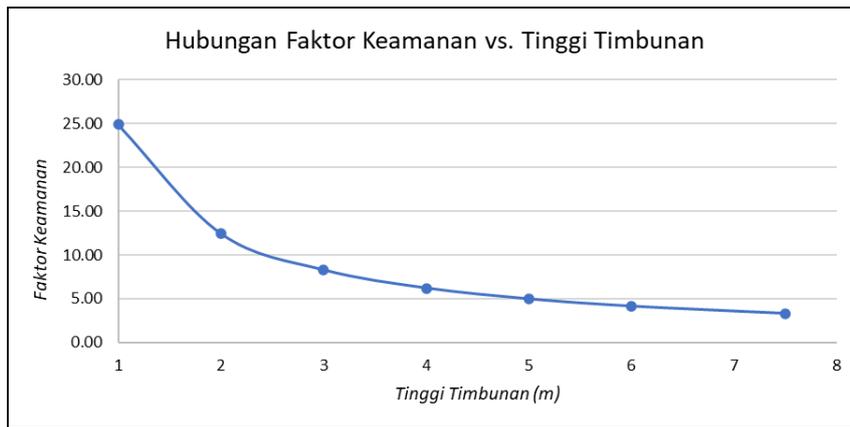
Gambar 3. Kestabilan Lereng Alami Kondisi Statis – Referensi Titik Sondir C1



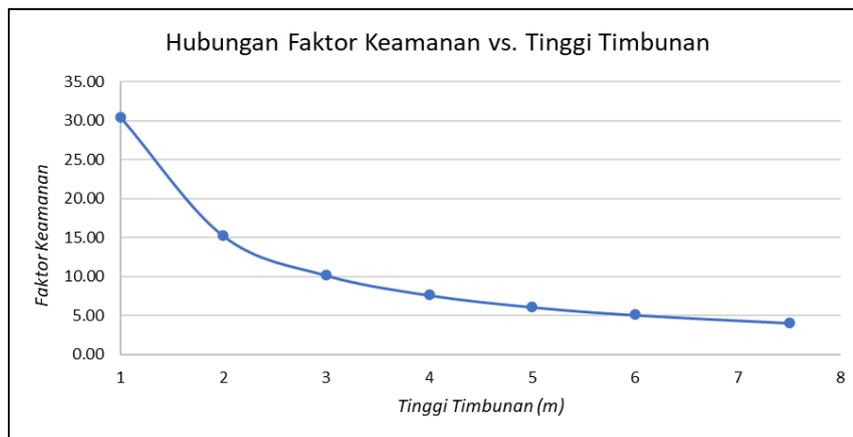
Gambar 4. Kestabilan Lereng Alami Kondisi Gempa – Referensi Titik Sondir C1



Gambar 5. Lebar dan Tinggi Timbunan pada Lereng Alami



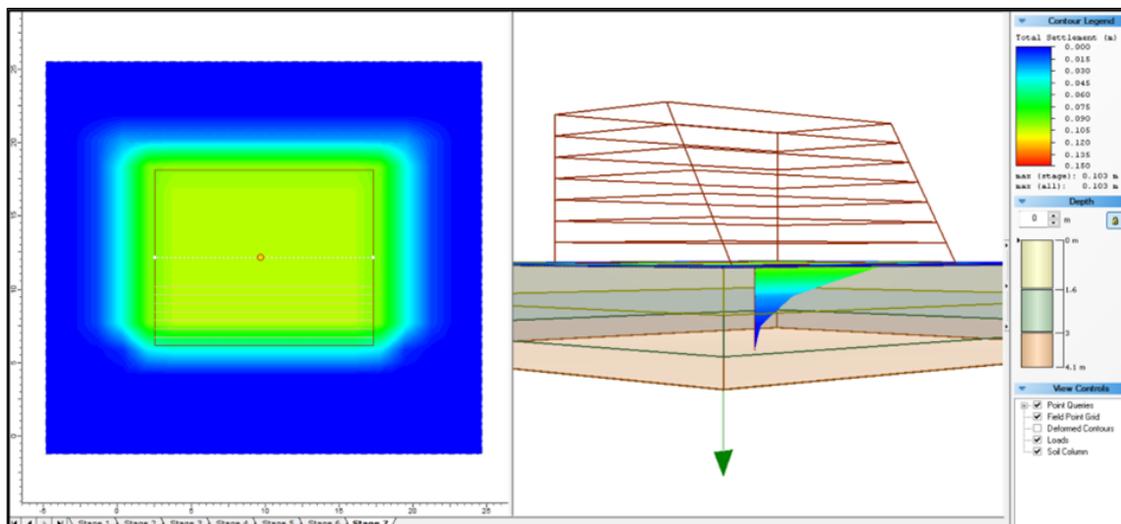
Gambar 6. Grafik Hubungan Faktor Keamanan vs. Tinggi Timbunan – Referensi Titik Sondir C1



Gambar 7. Grafik Hubungan Faktor Keamanan vs. Tinggi Timbunan – Referensi Titik Sondir C2

3.2.2. *Penurunan Tanah Dasar*

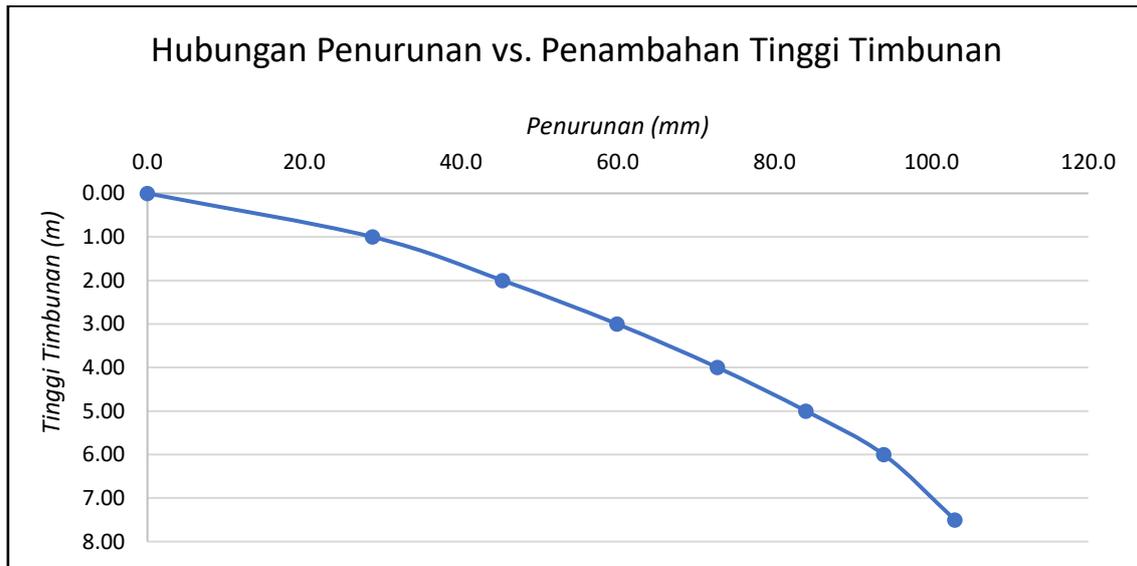
Analisis penurunan dilakukan untuk mengetahui penurunan yang terjadi pada lapisan tanah di bawah timbunan akibat beban timbunan setinggi 7.5 m. Perhitungan penurunan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Rocscience SETTLE3D, menggunakan parameter tanah korelasi terhadap hasil uji CPT/sondir. Analisis penurunan tanah dasar dilakukan pada setiap penambahan tinggi timbunan. Berikut ini adalah hasil analisis penurunan tanah dasar dengan menggunakan Rocscience SETTLE3D.



Gambar 8.. Hasil Analisis Penurunan dengan SETTLE3D – Referensi Titik Sondir C1

Tabel 2. Penurunan Tanah Dasar Pada Setiap Penambahan Tinggi Timbunan Referensi Titik Sondir C1

Tinggi Timbunan (m)	Penurunan (mm)	Penurunan (m)
0	0.0	0.0000
1	28.7	0.0287
2	45.3	0.0453
3	59.9	0.0599
4	72.7	0.0727
5	84.0	0.0840
6	93.9	0.0939
7.5	103.0	0.1030

**Gambar 9.** Grafik Hubungan Penurunan terhadap Penambahan Tinggi Timbunan – Referensi Titik Sondir C1**Tabel 3.** Penurunan Tanah Dasar Pada Setiap Penambahan Tinggi Timbunan Referensi Titik Sondir C2

Tinggi Timbunan (m)	Penurunan (mm)	Penurunan (m)
0	0.0	0.0000
1	15.4	0.0154
2	21.8	0.0218
3	27.1	0.0271
4	31.5	0.0315
5	35.2	0.0352
6	38.4	0.0384
7.5	41.0	0.0410

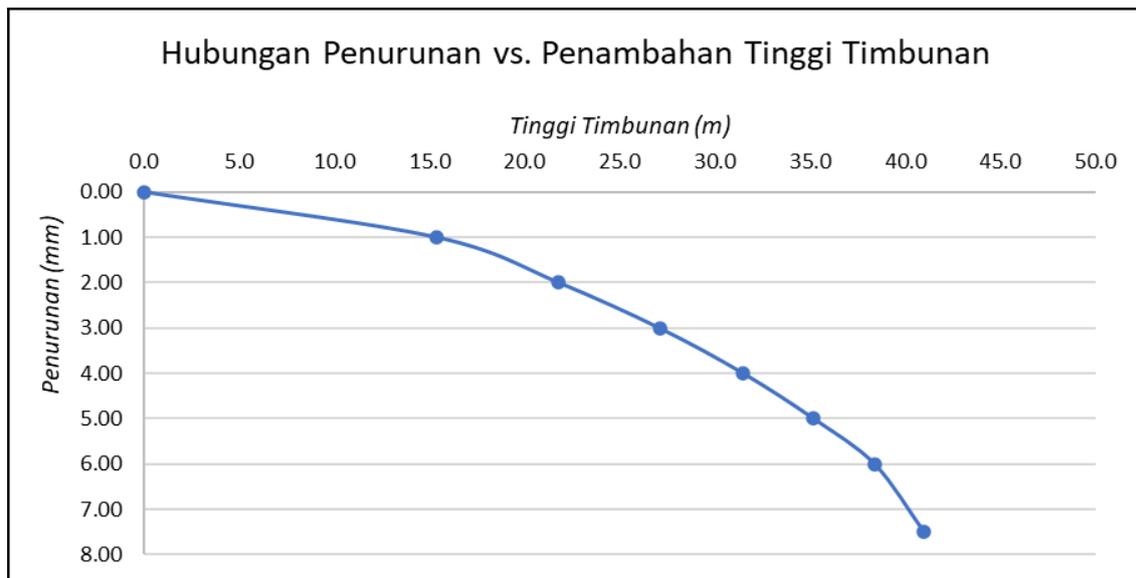
3.2.3. Kestabilan Lereng Timbunan

Analisis kestabilan lereng timbunan dilakukan pada kondisi jangka pendek dan kondisi jangka panjang. Kondisi jangka pendek adalah kondisi saat timbunan selesai dikerjakan. Pada keadaan ini, analisis yang berlaku adalah analisis tegangan total (*total stress analysis*) yang menggunakan parameter kuat geser *undrained* dari material timbunan. Kondisi jangka panjang adalah kondisi pada masa layan timbunan dimana analisis yang berlaku adalah analisis tegangan efektif (*effective stress analysis*) yang menggunakan parameter kuat geser efektif dari material timbunan.

Kriteria faktor keamanan yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng timbunan mengacu pada SNI 8460:2017, pasal 7.5.5., diambil tingkat ketidakpastian kondisi analisis tinggi

(Tabel 25 pasal 7.5.5) dengan nilai factor keamanan (FK) yakni 1.5. Untuk pembebanan gempa mengacu pada pasal 7.5.1.1., dimana pengaruh beban gempa diperhitungkan jika lereng galian atau timbunan direncanakan dibangun di dekat area permukiman. Faktor keamanan minimum yang disyaratkan untuk analisis menggunakan model pseudo-statik adalah lebih besar dari 1.1 ($FK > 1.1$), dengan menggunakan koefisien seismik yang didapatkan dari percepatan puncak di permukaan (PGA) yang sesuai dengan kelas situs.

Parameter lapisan tanah lereng alami menggunakan data hasil korelasi terhadap titik CPT/sondir yang terdekat dengan lokasi lereng. Parameter tanah timbunan yang digunakan dalam analisis mengacu pada Buku Panduan Geoteknik 4 dari Pusat Litbang Prasarana Transportasi dalam Tabel 5-5.



Gambar 10. Grafik Hubungan Penurunan terhadap Penambahan Tinggi Timbunan – Referensi Titik Sondir C2

Tabel 4. Parameter Desain untuk Material Timbunan

Parameter		Areal Geografis		
		A	B	
Berat Isi	γ	kN/m^3	18	20
Kuat geser tak terdrainase	C_u	kN/m^2	100	100
Parameter tegangan efektif				
Kohesi	C'		10	5
Friksi	ϕ'		35	30

A Jawa bagian Utara (batuan vulkanik)

B Sumatra bagian Timur, Kalimantan, Kepulauan Indonesia Timur (batuan sedimen dan metamorfik)

Hasil analisis kestabilan lereng timbunan menjelaskan bahwa lereng timbunan relative aman pada kondisi jangka pendek yakni saat setelah konstruksi timbunan selesai dikerjakan. Pada kondisi jangka panjang, lereng timbunan sangat rentan terhadap kelongsoran.

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng menggunakan Rocscience SLIDE, bidang keruntuhan pada faktor keamanan terkecil terdapat pada bagian lereng timbunan. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemiringan lereng timbunan perlu dibuat landai untuk mengurangi besaran momen penggerak kelongsoran.

Usaha melandaikan lereng dengan menjaga lereng sesuai desain akan menyebabkan bertambahnya lebar dasar lereng sehingga tambahan timbunan berakibat pada meningkatnya kebutuhan lahan di kaki lereng. Untuk membatasi penambahan lahan yang berlebihan dan mengurangi risiko terjadinya kegagalan lereng timbunan, diperlukan suatu konstruksi pengamanan

lereng. Dalam hal ini, jenis konstruksi pengaman lereng timbunan yang dipilih adalah dinding penahan tanah dangkal tipe dinding gravitasi (*gravity wall / masonry wall*).

Tabel 5. Faktor Keamanan Lereng Timbunan

Referensi Titik Sondir	Faktor Keamanan	
	Statis	Dinamis
Titik C1		
- Short Term	1.48	1.01
- Long Term	0.83	0.63
Titik C2		
- Short Term	1.50	1.01
- Long Term	0.83	0.63

3.3. Kestabilan Dinding Penahan Tanah

Analisis kestabilan dinding penahan tanah dangkal didahului dengan penentuan material dinding penahan tanah dan dimensi dinding. Spesifikasi material konstruksi dinding penahan tanah adalah sebagai berikut:

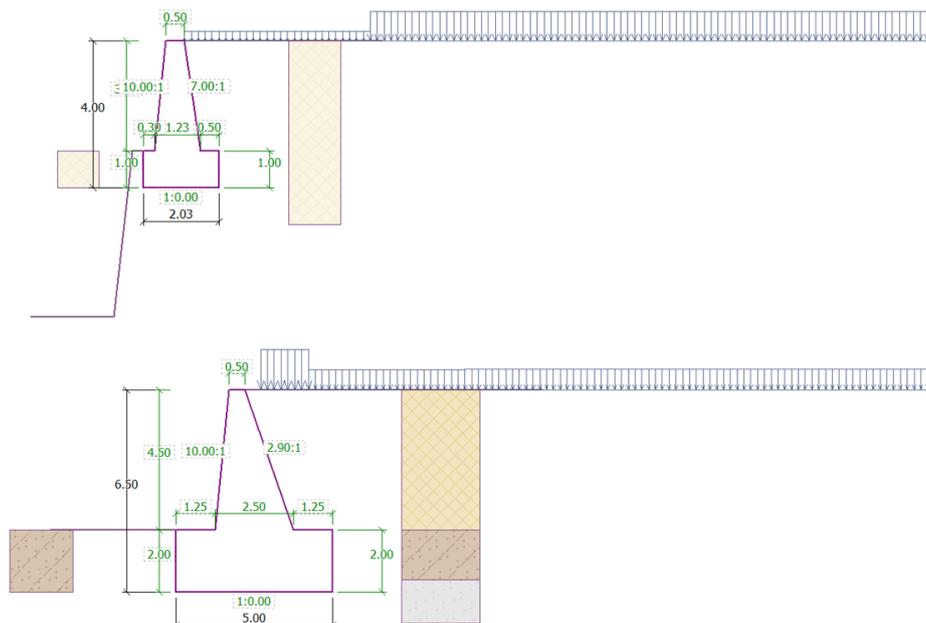
- Berat satuan dinding pasangan batu = 22 kN/m³;
- Kategori batu adalah kategori II dengan kekuatan, $f_b = 2.00$ MPa;
- Mortar yang digunakan adalah tipe prescribed dengan kekuatan, $f_m = 2.50$ MPa

Asumsi dalam analisis dan desain adalah sebagai berikut:

1. Perancangan dilakukan pada kondisi effective stress-state dengan parameter kuat geser terkecil pada kohesi efektif dan sudut geser dalam efektif;
2. Beban akibat konstruksi parkir dan struktur sederhana masing-masing adalah 0.5 kPa dan 1.5 kPa. Kedua jenis beban tersebut dimodelkan sebagai beban merata dengan posisi beban berada di permukaan tanah.

Berdasarkan tinggi lereng timbunan yang dirancang, maka dirancang dinding penahan tanah setinggi 7.5 m. Desain dinding penahan tanah dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yakni dinding penahan atas setinggi 3.0 m dan dinding penahan bawah setinggi 4.5 m. Dalam analisis, beban eksternal pada permukaan tanah berupa beban merata pada dinding atas.

Analisis kestabilan dinding penahan tanah menggunakan bantuan perangkat lunak GEO5 modul Gravity Wall. Untuk dinding penahan atas, analisis dilakukan terhadap kestabilan guling dan geser lateral. Reaksi yang dihasilkan akibat konstruksi dinding penahan tanah atas, tinggi tanah timbunan di belakang dinding penahan tanah atas, beban konstruksi parkir dan struktur sederhana, diterapkan sebagai beban merata pada dinding penahan tanah bawah.



Gambar 11. Geometri Dinding Penahan Tanah Atas dan Dinding Penahan Tanah Bawah

Analisis kestabilan dinding penahan tanah menggunakan bantuan perangkat lunak GEO5 modul Gravity Wall. Untuk dinding penahan atas, analisis dilakukan terhadap kestabilan guling dan geser lateral. Reaksi yang dihasilkan akibat konstruksi dinding penahan tanah atas, tinggi tanah timbunan di belakang dinding penahan tanah atas, beban konstruksi parkir dan struktur sederhana, diterapkan sebagai beban merata pada dinding penahan tanah bawah.

Tabel 6. Faktor Keamanan DPT terhadap Guling dan Gelincir

DPT	Faktor Keamanan	
	Guling	Gelincir
Atas	2.74	1.52
Bawah	3.27	2.72

Analisis kestabilan global merupakan analisis kestabilan lereng yang dilakukan untuk memastikan bahwa dinding penahan tanah yang berfungsi untuk mengamankan lereng tidak menyebabkan kelongsoran pada lereng tersebut. Faktor keamanan yang digunakan dalam analisis kestabilan global adalah 1.5 pada kondisi statis dan 1.1 pada kondisi dinamis.

Analisis kestabilan global menggunakan metode Simplified Bishop dengan bantuan perangkat lunak Rocscience SLIDE. Tinjauan analisis yakni pada kondisi jangka pendek dan kondisi jangka panjang. diperkuat dengan dinding penahan tanah.

Tabel 7. Faktor Keamanan DPT terhadap Guling dan Gelincir

Kondisi	Faktor Keamanan	
	Statis	Dinamis
- Short Term	2.70	1.82
- Long Term	2.45	1.68

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Lereng alami pada kawasan rest area di jalan Tomohon-Rurukan berada dalam kondisi cenderung stabil dan rentan terhadap kelongsoran saat terjadi gempa;
2. Untuk memenuhi kebutuhan luas lahan rest area, bagian lereng alami diberikan timbunan sehingga memerlukan analisis geoteknik terhadap timbunan berupa analisis daya dukung tanah dasar, penurunan tanah dasar dan lereng timbunan;
3. Hasil analisis geoteknik terhadap timbunan menunjukkan bahwa lereng timbunan pada kondisi jangka panjang memiliki faktor keamanan yang tidak memenuhi persyaratan faktor keamanan minimum;
4. Untuk mengamankan lereng timbunan, digunakan dinding penahan tanah dangkal tipe gravity wall. Analisis kestabilan dinding penahan tanah tersebut menunjukkan bahwa dinding penahan tanah stabil terhadap guling, geser local, daya dukung tanah, gempa dan kestabilan global.

Referensi

- Abd El Raouf, Moamen E. 2020. *Stability of Geogrid Reinforced Embankment on Soft Clay*. Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Faculty of Engineering, Vol. 48, No. 5, September 2020. pp 830-844.
- Das, B. M., Sivakugan, N. 2019. *Principles of Foundation Engineering, 9th Edition. SI Edition*. Cengage, Boston, USA.
- Huang, H. Y. 2014. *Slope Stability Analysis by The Limit Equilibrium Method – Fundamentals and Methods*. ASCE Press, USA.
- Numan, Ahmad. 2023. *Aspek Geoteknik Pada Pekerjaan Timbunan Di Atas Tanah Lunak*. Pengenalan Pusat Riset Dan Inovasi (PURINOV) Infrastruktur Berkelanjutan dan Webinar Teknik Sipil, Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembata, Jakarta.
- Pusat Gempa Nasional. 2017. *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Tahun 2017*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Bandung.

- Pusat Litbang Prasarana Konstruksi. 2001. *Panduan Geoteknik 4, Desain dan Konstruksi. Edisi Pertama*.
- Roy, M. 2024. *Geotechnical and Foundation Engineering Practice in Industrial Projects*. Springer, Singapore.
- SNI 8460:2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Sri Harninto, D. 2023. *Case Study: High Embankment Construction using Geosynthetic*. PT. Geoforce Indonesia, Jakarta.
- Wang, X., Shrestha, R., Li, X., Mandal, A.K. 2020. *Design Theory and Method of Geo-Synthetic Reinforced Soil Retaining Wall Combined with a Gravity Retaining Wall or Full Height Rigid Facing*. Geotech Geology Engineering, Springer.