



## Kestabilan Timbunan Pada Tanah Lunak Untuk Pembangunan Kawasan Perumahan Rakyat Di Desa Modisi Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan

Kevin A. Egeten<sup>#a</sup>, Alva N. Sarajar<sup>#b</sup>, Roski. R. I. Legrans<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia  
<sup>a</sup>arfio1604@gmail.com, <sup>b</sup>alva.sarajar@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>legransroski@unsrat.ac.id

### Abstrak

Lokasi pembangunan kawasan perumahan rakyat di Desa Modisi terletak pada area yang memiliki lapisan tanah lunak serta terendam air sampai permukaan sehingga tidak memungkinkan untuk secara langsung dilakukan pekerjaan konstruksi perumahan. Penggunaan timbunan tanah adalah salah satu solusi untuk memberikan permukaan yang lebih keras dan stabil untuk pembangunan struktur di atasnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan timbunan tanah yang diberi perkuatan geogrid, meliputi kestabilan terhadap daya dukung, kestabilan terhadap geser rotasional, kestabilan terhadap putus dan cabut dari geogrid dan deformasi yang terjadi pada tanah dasar. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data hasil uji CPT/sondir yang dikorelasikan terhadap parameter tanah untuk analisis dan data tinggi timbunan berdasarkan elevasi rencana permukaan timbunan terhadap elevasi jalan. Hasil analisis terhadap timbunan tanah dengan perkuatan geogrid sebanyak 2 layer, yang direncanakan setinggi 2.5 m untuk mendapatkan elevasi rencana adalah: i) stabil terhadap daya dukung dengan faktor keamanan sebesar 2.03; ii) stabil terhadap geser rotasional dengan faktor keamanan sebesar 1.55; iii) 2 layer geogrid yang dipasang yang stabil terhadap tahanan tarik dan tahanan cabut ( $\geq 1.5$ ) dan iv) deformasi jangka panjang sebesar 22 mm. Dengan demikian timbunan setinggi 2.5 m dengan perkuatan geogrid sebanyak 2 layer dapat digunakan untuk pembangunan perumahan rakyat.

*Kata kunci:* Desa Modisi, timbunan, daya dukung, penurunan

### 1. Pendahuluan

Pembangunan perumahan rakyat di Desa Modisi, Kecamatan Pinolosian Timur, Kab. Bolaang Mongondow Selatan adalah program pemerintah provinsi Sulawesi Utara untuk merelokasi permukiman masyarakat korban erupsi Gunung Ruang di Pulau Tagulandang Kab. Sitaro. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah dan pengukuran topografi yang dilakukan sebelumnya, bakal lokasi pembangunan memiliki lapisan tanah lunak, elevasi lokasi yang lebih rendah dari permukaan jalan dan selalu tergenang air. Hal tersebut tidak memungkinkan untuk dilakukan pekerjaan konstruksi perumahan secara langsung di lokasi tersebut.

Solusi yang ditempuh adalah melalukan pekerjaan timbunan tanah di seluruh area sampai diperoleh elevasi rencana dan memberikan permukaan yang lebih keras dan stabil untuk pembangunan perumahan. Untuk itu diperlukan analisis terhadap kestabilan tanah dasar dan timbunan tanah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan tanah dasar yakni daya dukung tanah dasar, kestabilan terhadap timbunan yang diberikan perkuatan geogrid terhadap geser rotasional, ketahanan geogrid terhadap tarik dan putus dan deformasi yang terjadi pada tanah dasar akibat adanya timbunan tanah yang diberi perkuatan geogrid.

### 2. Landasan Teori

Timbunan tanah dalam aspek geoteknik adalah proses penambahan material tanah atau bahan lainnya untuk meningkatkan elevasi permukaan tanah atau menciptakan struktur tertentu. Timbunan ini sering digunakan dalam proyek konstruksi seperti pembangunan jalan, bendungan,

dan fondasi bangunan. Jenis material timbunan antara lain tanah lempung, tanah pasir atau campuran keduanya. Selain itu timbunan juga menggunakan material khusus seperti geosintetik untuk stabilisasi. Faktor geoteknik yang mempengaruhi kestabilan timbunan adalah: i) daya dukung tanah yang menentukan apakah tanah dasar mampu menopang beban timbunan; ii) drainase untuk mencegah erosi dan peningkatan tekanan air pori serta iii) kemiringan lereng untuk menghindari longsor atau kegagalan struktur.

Dalam penelitian ini, analisis kestabilan timbunan mengacu pada Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik dari Direktorat Jenderal Bina Marga sebagai berikut:

1. Menghitung faktor keamanan daya dukung tanah terhadap timbunan sebelum diberi perkuatan dan setelah diberi perkuatan geosintetik juga daya dukung peremasan (squeezing) dengan persamaan:

$$FK_u = \frac{q_{ult}}{P_{max}}$$

$$FK_u = \frac{q_{ult}}{P_{avg}}$$

2. Menghitung faktor keamanan terhadap kestabilan geser rotasional (sebelum dan sesudah diberi perkuatan) dengan persamaan:

$$FK_u = \frac{M_R}{M_D}$$

$$FK_u = \frac{M_R + M_r}{M_D}$$

3. Menghitung faktor keamanan perkuatan geosintetik terhadap tahanan putus dan cabut, yakni

Tahanan Putus

$$FK = \frac{T_{ijin}}{F}$$

Tahanan Cabut

$$FK = \frac{P_c}{F}$$

### 3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan melalui studi literatur yakni mempelajari aspek geoteknik timbunan pada tanah lunak dan perilaku timbunan yang diberi perkuatan geosintetik. Tahap analisis diawali dengan pengumpulan data yakni data sekunder berupa data tanah hasil uji CPT/sondir dan data denah kawasan rencana pembangunan perumahan rakyat. Data tanah yang ada kemudian dikorelasikan untuk mendapatkan jenis tanah dan parameter tanah yang nantinya akan digunakan dalam analisis kestabilan timbunan. Analisis kestabilan timbunan mengacu pada Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik dari Direktorat Jenderal Bina Marga. Piranti lunak SLIDE digunakan dalam analisis kestabilan lereng timbunan dan analisis geser rotasional dengan metode keseimbangan batas (Bishop Simplified). Analisis numerik dengan piranti lunak PLAXIS 2D digunakan untuk menganalisis deformasi timbunan dengan perkuatan geogrid.

Dimensi timbunan yang dirancang adalah: tinggi timbunan = 2.5 m, lebar bawah timbunan = 15.1407 m, lebar atas timbunan = 8 m, sudut lereng = 35°. Dimensi ini sesuai dengan kebutuhan lahan untuk pembangunan perumahan rakyat. Perkuatan geogrid sebanyak 2 layer digunakan pada timbunan tersebut.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian  
(Sumber: Google Earth 0°27'18"N 124°25'39"E)

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Korelasi Data Sondir

Hasil uji CPT/sondir digunakan untuk mendapatkan parameter tanah melalui korelasi yang akan digunakan dalam analisis selanjutnya.

**Tabel 1.** Hasil Korelasi Data Sondir dan Parameter Tanah

Tebal Lapisan (m)	Soil Behavior Type	$\gamma$ (kN/cm <sup>2</sup> )	$c_u$ (kPa)	$c'$ (kPa)	$\phi$ (deg)	$m_v$ (m <sup>2</sup> /kN)	E (MPa)
1.4	Clay - Organic soil	13.42	1.78	0.18	17.54	0.0075	0.15
3.2	Clay : clay to silty clay	14.96	22.82	2.28	26.74	0.00075	1.51
3.6	Sand mixture : silty sand to sandy silt	17.26	360.99	36.1	36.69	0.000075	22
1	Dense sand to gravelly sand	18.45	1101.2	110.12	42.18	0.000017	66.57

### 4.2. Daya Dukung Tanah Dasar

Hasil perhitungan daya dukung tanah dasar terhadap beban timbunan tanpa perkuatan dan diberi perkuatan ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Perhitungan Daya Dukung Tanah

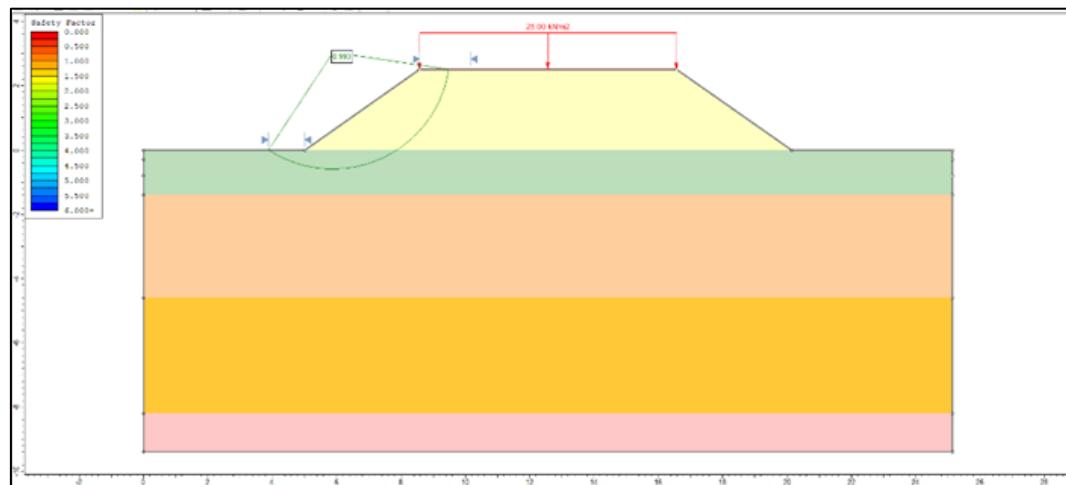
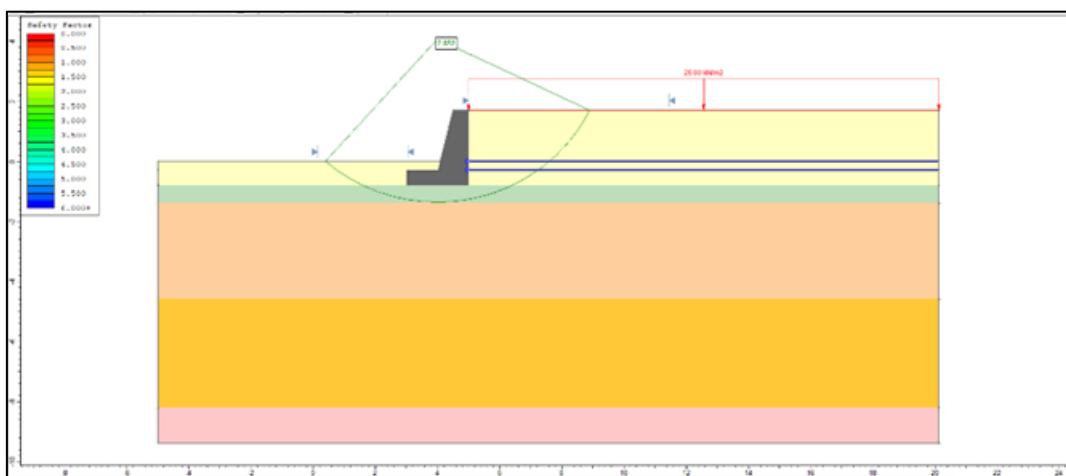
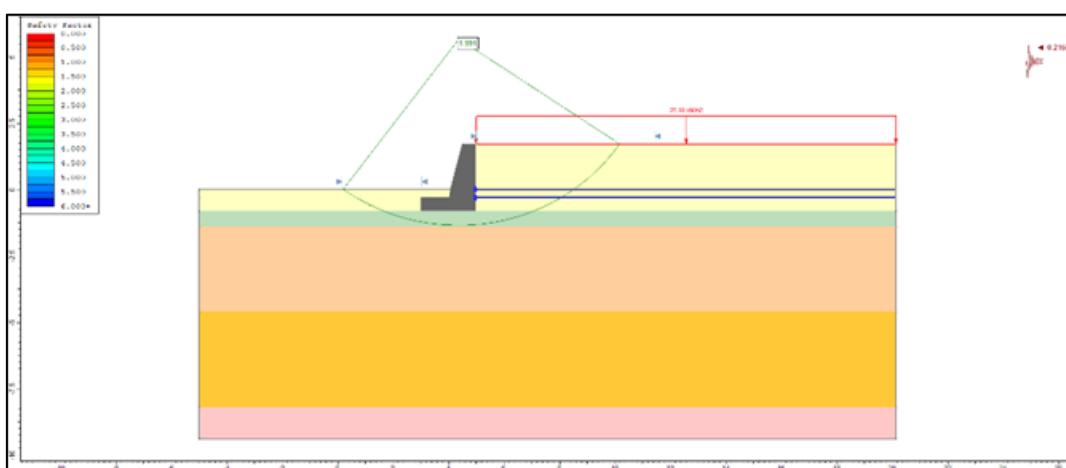
Timbunan Tanpa Perkuatan							
$c_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	N <sub>c</sub>	H (m)	B (m)	$\gamma_m$ (kN/m <sup>2</sup> )	q <sub>ult</sub>	P <sub>max</sub>	F <sub>KU</sub>
12,2	6,79	2,5	15,1407	20	82,98	55	1,51
<b>Kontrol : F<sub>KU</sub> ≥ SF</b>							1,51 ≥ 1,5
Timbunan Dengan Perkuatan							
Ag	H (m)	B (m)	W (m)	q <sub>ult</sub>	P <sub>avg</sub>	<b>F<sub>KR</sub></b>	
28,93	2,5	15,1497	8	82,98	40,85	2,03	
<b>Kontrol : F<sub>KR</sub> ≥ SF</b>							2,03 ≥ 1,5

### 4.3. Stabilitas Geser Rotasional

Hasil analisis kestabilan geser rotasional ditunjukkan pada Gambar 2 sd. Gambar 4 menggunakan metode Bishop Simplified melalui SLIDE. Hasil perhitungan stabilitas geser rotasional ditunjukkan pada Tabel 3. Penggunaan geogrid telah meningkatkan kestabilan lereng timbunan sehingga memenuhi persyaratan kestabilan lereng ( $\geq 1.5$ ). Pada beban gempa dengan nilai PGA = 0.1872 yang diperoleh dari peta MCEg sesuaikan lokasi penelitian, faktor keamanan lereng adalah 1.551.

**Tabel 3.** Perhitungan Stabilitas Geser Rotasional

Kondisi	$M_R$ (kN.m)	$M_D$ (kN.m)	$Mr$ (kN.m)	FK	Kontrol
Tanpa Perkuatan ( <i>Unreinforcement</i> )	246,466	249,161	140,00305	0.989	<b>TIDAK AMAN</b>
Perkuatan ( <i>Reinforcement</i> ) - EQ				1.551	<b>AMAN</b>

**Gambar 2.** Hasil Analisis Kestabilan Lereng Timbunan tanpa Perkuatan**Gambar 3.** Hasil Analisis Kestabilan Lereng Timbunan dengan Perkuatan**Gambar 4.** Hasil Analisis Kestabilan Lereng Timbunan dengan Perkuatan (Beban Gempa)

#### 4.4. Perhitungan Kestabilan terhadap Tahan Putus dan Tahanan Cabut

Hasil perhitungan kestabilan geogrid terhadap tahanan putus dan tahanan cabut ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5, dimana kuat tarik geogrid yang digunakan adalah 800 kN/m.

**Tabel 4.** Perhitungan Faktor Keamanan terhadap Tahanan Putus

No	z	F	Le	f	Pc	FK CABUT	
	m	kN/m	m	kPa	kN/m		
1	1.7	27.24	15.14	51.43	778.69	<b>28.59</b>	<b>OK</b>
2	2.0	5.30	15.30	60.51	925.55	<b>174.66</b>	<b>OK</b>

**Tabel 5.** Perhitungan Faktor Keamanan terhadap Tahanan Cabut

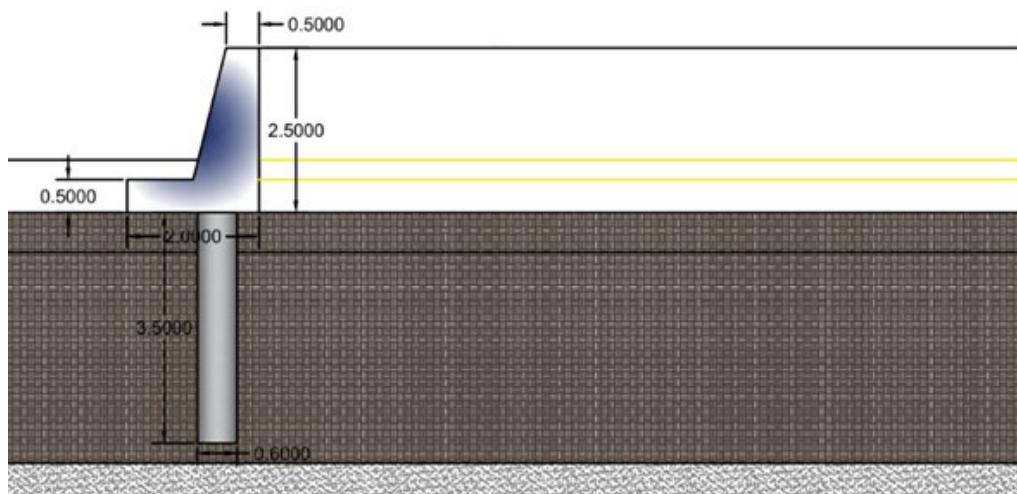
No	z	L	Pa	Pq2	w	q2L	W+q2L	e	s vb	s h	Sv	Sh	F	FK PUTUS	
	m	m	kPa	kPa			kPa	m	kPa	kPa	m	m	kN/m		
1	1.7	15.14	7.83	11.52	514.78	378.52	893.30	0.02	59.12	16.02	1.7	1	27.24	1.85	<b>OK</b>
2	2.0	15.14	10.84	13.55	605.63	378.52	984.15	0.02	65.18	17.66	0.3	1	5.30	9.53	<b>OK</b>

Gaya Tarik yang terjadi > T ijin; kurangi tebal lapisan														max F	5.30	
														T ijin	32.83	

#### 4.5. Kestabilan Dinding Penahan Tanah Dangkal

Konstruksi dinding penahan tanah berfungsi sebagai pengaman lereng timbunan dan penanda batas lahan kawasan. Berikut ini adalah detail konstruksi dinding penahan tanah tersebut.



**Gambar 5.** Desain Dinding Penahan Tanah Dangkal Tipe Dinding Gravitas

Hasil perhitungan kestabilan dinding terhadap guling dan gelincir ditunjukkan pada Tabel 6. Fondasi sumuran digunakan sebagai penopang dinding penahan tanah untuk memberikan daya dukung yang memenuhi persyaratan faktor keamanan. Analisis daya dukung fondasi sumuran menggunakan Metode De Ruiter-Beringen (1956).

**Tabel 6.** Perhitungan Kestabilan Dinding Terhadap Guling dan Gelincir

Momen Guling	M <sub>R</sub>	M <sub>O</sub>	$\frac{\sum M_R}{\sum M_O} > 2$	Faktor Keamanan	Kontrol
	78.130	23.228			3.381
Momen Geser	$\sum R_h$	$\sum P_{ah}$	$\frac{\sum R_h}{\sum P_{ah}} > 1.5$	Faktor Keamanan	Kontrol
	142.712	14.673			9.725

**Tabel 7.** Data Fondasi Sumuran

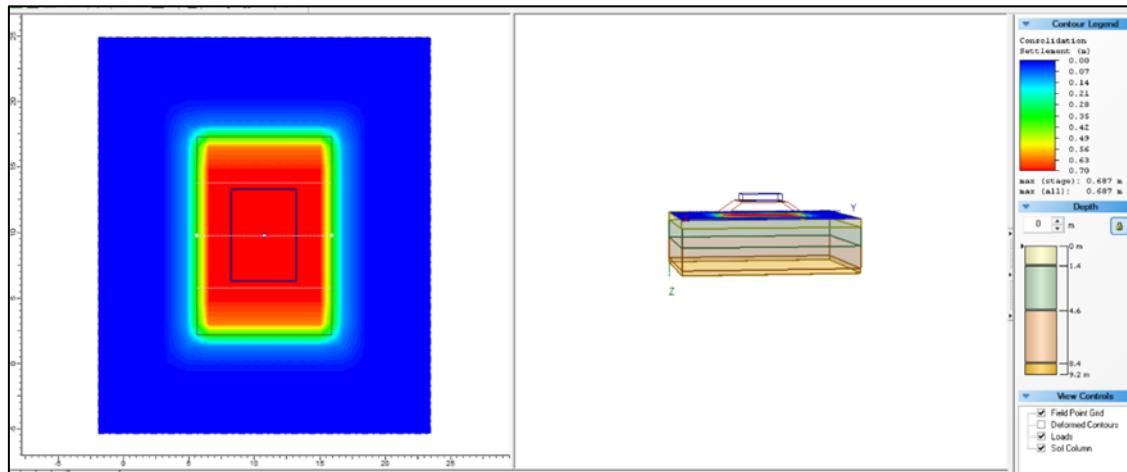
Data Fondasi	
L	3,5 m
D	0,6 m
Beban Fondasi	61 kN
Kedalaman Tertanam	4,4 m

**Tabel 8.** Perhitungan Daya Dukung Fondasi Sumuran

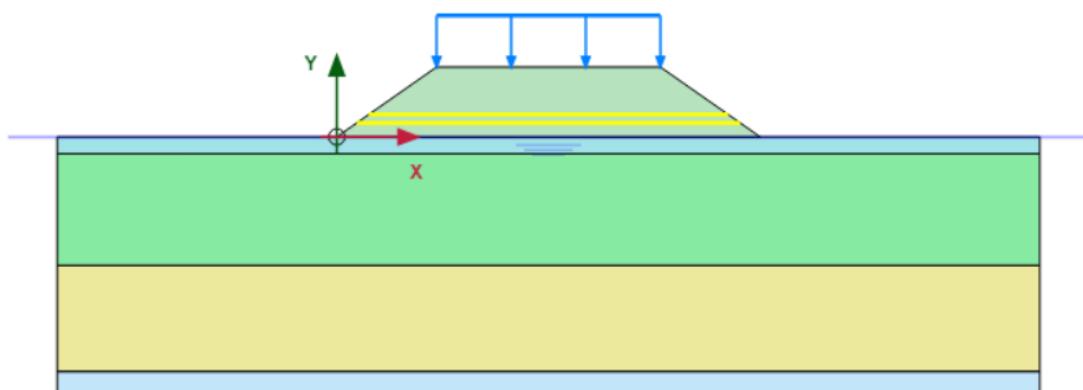
Depth	Qs	Qp	Qu	Qdes	Qijin	SF
1.4m	45.622	5.652	51.27447		17.091	0.841
1.6-2.4 (1m)	193.382	74.6064	267.9886		89.330	4.393
2.6-3.4 (1m)	345.533	81.3888	426.9223	61	142.307	6.999
4.4	514.022	68.71642105	582.7383		194.246	9.553
3.6- 4.6(1.2m)	683.236	101.736	784.9718		261.657	12.868

#### 4.6. Penurunan Tanah Dasar

Analisis penurunan tanah dasar akibat beban timbunan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SETTLE3D terhadap timbunan tanpa perkuatan dengan beban eksternal (beban merata akibat konstruksi perumahan) yang diaplikasikan pada permukaan timbunan, dan PLAXIS 2D untuk timbunan dengan perkuatan geogrid. Penurunan yang terjadi pada tanah dasar akibat timbunan tanpa perkuatan dengan beban eksternal adalah 687 mm.



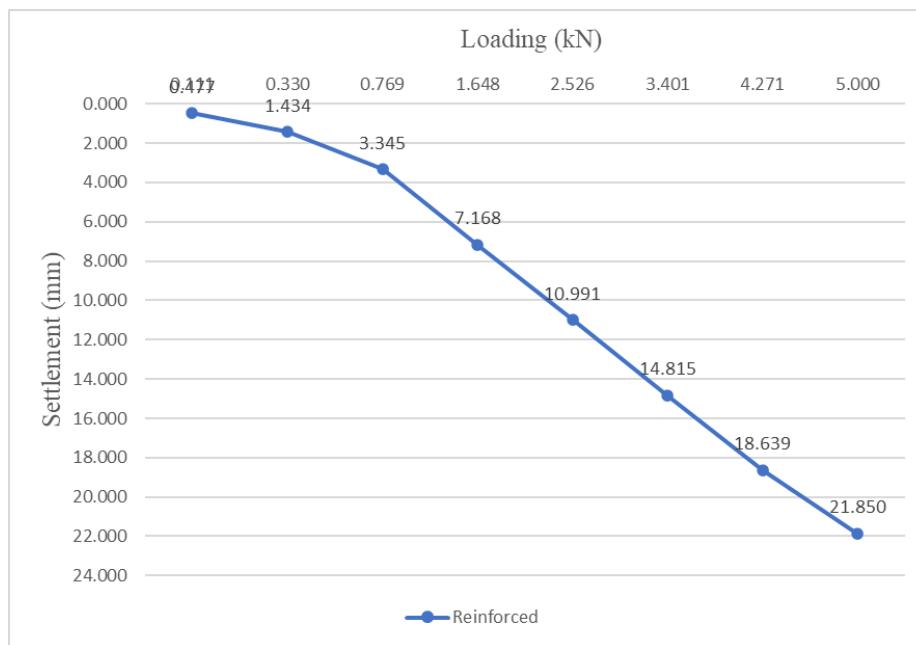
**Gambar 6.** Penurunan Tanah Dasar akibat Beban Timbunan (tanpa perkuatan) menggunakan SETTLE3D



**Gambar 7.** Pemodelan Timbunan dengan Perkuatan Geogrid menggunakan PLAXIS 2D

Fase analisis yang digunakan dalam pemodelan PLAXIS 2D yakni:

- 1) Initial phase (Field stress) merupakan fase awal perhitungan;
- 2) Phase 1 (Plastic) fase pemodelan timbunan dengan geogrid;
- 3) Phase 2 (Plastic) fase pemodelan beban eksternal pada permukaan timbunan, merupakan beban merata sebesar 5 kN/m akibat beban konstruksi rumah rakyat (tipe RSS);
- 4) Phase 3 (Safety) fase faktor keamanan



**Gambar 8.** Kurva Hubungan Penurunan terhadap Beban Eksternal pada Timbunan dengan Perkuatan Geogrid

Hasil analisis menggunakan PLAXIS 2D menunjukkan bahwa penurunan penurunan maksimum saat beban eksternal bekerja seluruhnya adalah 22 mm.

## Kesimpulan

Timbunan tanah dengan dimensi yang direncanakan serta menggunakan perkuatan geogrid dengan kuat tarik sebesar 800 kN/m sebanyak 2 layer, telah dianalisis dan memenuhi persyaratan kestabilan yang ditentukan. Kestabilan terhadap daya dukung tanah dasar menunjukkan bahwa timbunan dengan perkuatan geogrid menghasilkan faktor keamanan sebesar 2.03. Terhadap geser rotasional, faktor keamanan yang dihasilkan adalah 1.55 (pada beban gempa) yang memenuhi persyaratan faktor keamanan minimum pada beban gempa. Penggunaan geogrid sebanyak 2 layer dengan kuat tarik bahan 800 kN/m telah memenuhi persyaratan terhadap tahanan putus ( $\geq 1$ ) dan tahanan cabut ( $\geq 2$ ). Untuk mengamankan lereng timbunan, konstruksi dinding penahan tanah dirancang dengan dimensi yang memenuhi persyaratan keamanan terhadap guling dan gelincir. Penggunaan fondasi sumuran sampai kedalaman 4.4 m di bawah alas dinding penahan tanah telah menghasilkan faktor keamanan yang memenuhi persyaratan daya dukung fondasi ( $\geq 3$ ). Timbunan dengan perkuatan geogrid sebanyak 2 layer dapat mengurangi penurunan tanah dasar menjadi 22 mm dibandingkan timbunan tanpa perkuatan (687 mm).

## Referensi

- Adisulung, N., Legrans, R. R. I, Sarajar, A. N. (2025). Studi Kestabilan Tanggul Pengaman Danau Tondano Dengan Perkuatan Geosintetik. *TEKNO*, 23(91), 53-60.
- Ahmad Numan. Aspek Geoteknik Pada Pekerjaan Timbunan Di Atas Tanah Lunak. Kementrian PUPR Direktorat Bina Teknik Jalan & Jembatan.
- Ciptadewi, N. S. (2020). *Penyebab Kegagalan Pelaksanaan Pengecoran Beton pada Bored Pile dan Perencanaan Alternatif Pondasi Sumuran beserta Dinding Penahan Tanah Studi Kasus: Apartemen Klaska Residence Surabaya* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Djunaedi, R. R. (2020). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi (Studi Kasus: SDN Lio, Kecamatan Cireunghas). *Jurnal Student Teknik Sipil*, 2(1), 55-64.

- Dokuchaev. (1870). *Mekanika tanah*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Han, J. (2015). *Principles and practice of ground improvement*. John Wiley & Sons.ca
- Hardiyatmo, H. C. (2002). Mekanika Tanah II, Edisi 3. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka.
- Labunga, O. W., Mandagi, A. T., & Sarajar, A. N. (2024). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop Modified Dan Simplified Menggunakan PLAXIS (Studi Kasus: Rusunawa Tingkulu). *TEKNO*, 22(87), 201-210.
- Meyer, B. J., & Reese, L. C. (1979). *Analysis of single piles under lateral loading* (No. FHWA-TX-79-38+ 244-1 Intrm Rpt.). Austin, TX, USA: Center for Highway Research, University of Texas at Austin. *Modul Pelatihan Geosintetik - Vol. 2*.
- Pinaria, R. Y., Sarajar, A. N., & Legrans, R. R. I. (2025). Desain Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Geogrid Untuk Konstruksi Reservoir Kawasan Perumahan. *TEKNO*, 23(91), 167-177.
- Ramadhani, M. R. (2021). PENGARUH KEKUATAN, JUMLAH LAPISAN, DAN JARAK GEOTEKSTIL UNTUK PERKUATAN TANAH TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK.
- Reese, L. C., Cooley, L. A., Radhakrishnan, N., & Radhakrishnan, N. (1984). *Laterally loaded piles and computer program COM624G*. US Army Engineer Waterways Experiment Station..
- Sitompul, B. D. (2021). Pengaruh Tanah Timbunan Terhadap Daya Dukung Pondasi Telapak (Square Footing) (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Skempton, A. W. (1951). The bearing capacity of clays. *Selected papers on soil mechanics*, 50-59.
- SNI 8460:2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Sugesti, T. F. (2017). Perbandingan daya dukung pondasi minipile dan sumuran menggunakan metode meyerhof, LCPC, dan AOKI dan De Alencer.
- Tambing, B. T., Sarajar, A. N., & Ticoh, J. H. (2023). Analisis Stabilitas Tanggul Timbunan Tanah (Studi Kasus: Tanggul Pengaman Danau Tondano). *TEKNO*, 21(83), 343-352.
- Das, Braja M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Wantalangie, R. M., Legrans, R. R., & Manaroinsong, L. D. (2024). Analisis Kestabilan Embankment Pada Storage Facility Pyrite Concentrate PT. Freeport Indonesia. *TEKNO*, 22(87), 679-689.
- Yulian, R. W. (2022). *ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK GAMBUT DENGAN PERKUATAN KAYU GALAM PADA RUAS JALAN PERUMAHAN AGRABUDI HANDIL BAKTI KECAMATAN ALALAK KABUPATEN BARITO KUALA* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Kalimantan MAB).
- Yusti, A., & Fahriani, F. (2014). Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test dan CAPWAP (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel di Pangkalpinang). In *Forum Profesional Teknik Sipil* (Vol. 2, No. 1, p. 61239). Bangka Belitung University.
- Zordin, R., & Yakin, Y. A. (2017). Analisis Keruntuhan Dinding Penahan Tanah Studi Kasus Condotel di Parongpong Bandung. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 3(4), 82.