



Desain Lereng Timbunan Dengan Perkuatan Geogrid Untuk Konstruksi Reservoir Kawasan Perumahan

Ryan Y. M. Pinaria^{#a}, Alva N. Sarajar^{#b}, Roski R. I. Legrans^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^aryanyohanes208@gmail.com, ^balva.sarajar@unsrat.ac.id, ^clegransroski@unsrat.ac.id

Abstrak

Pada Kawasan Perumahan di Jl. Ringroad Manado terdapat lereng galian dimana di atas lereng galian tersebut direncanakan akan dibangun reservoir. Permasalahannya ada pada ketinggian lereng yang mencapai 14 meter sehingga dicara penanganannya dengan perancangan timbunan menggunakan perkuatan geogrid dan dinding penahan tanah. Dari analisis daya dukung tanah pada lereng timbunan tanpa perkuatan diperoleh hasil Faktor Keamanan sebesar $2.28 > 2$ sedangkan dengan perkuatan diperoleh $4.49 > 2$. Analisis juga dilakukan terhadap analisis peremasan (squeezing) diperoleh Faktor Keamanan $7.16 > 1.3$. Untuk analisis bidang keruntuhan rotasional pada timbunan yang tidak diperkuat diperoleh Faktor Keamanan $0.913 < FK = 1.3$ sedangkan dengan perkuatan diperoleh $FK = 1.56 > 1.3$. Analisis penurunan yang dilakukan untuk mengetahui yang terjadi akibat beban timbunan di dapatkan penurunan yang terjadi sebesar 0.04536 m. Selanjutnya dari analisis stabilitas pergerakan lateral pada timbunan dengan perkuatan telah memenuhi dimana untuk Tahanan Pututs diperoleh $FK > 1$ dan untuk Tahanan Cabut $FK > 2$. Pada lereng timbunan digunakan gabion sebagai dinding penahan tanah. Analisis stabilitas gabion telah memenuhi faktor keamanan terhadap guling dan geser, serta kapasitas daya dukung tanah yang aman ($q_u = 7863.42 \text{ kN/m}^2 \geq P_{heel} = 2352.84 \text{ kN/m}^2$). Selanjutnya dari analisis dengan software slide 6.0, kestabilan lereng pada kondisi setelah selesai konstruksi (End of Construction) dan keadaan pasca-gempa (Short term condition- Post Earthquake Stability) baik tanpa perkuatan juga dengan perkuatan sudah memenuhi nilai FK. Sedangkan kondisi pasca-gempa (Long term condition- Post Earthquake Stability) tanpa perkuatan $FK = 0.913 < 1.1$ dan dengan perkuatan $FK = 1.250 > 1.1$. Untuk analisis Total Displacement dilakukan terhadap lereng timbunan dengan menggunakan PLAXIS 2D didapatkan hasil 0.0197 m.

Kata kunci: gabion, geosintetik, stabilitas lereng, daya dukung tanah, penurunan

1. Pendahuluan

Kawasan Perumahan di Jl. Ringroad Manado sedang dalam proses pengembangan untuk menjadi Kawasan Perumahan yang ideal dan berkelanjutan. Dalam proses ini, beberapa aspek penting perlu diperhatikan salah satunya adalah pembangunan reservoir. Konstruksi reservoir direncanakan dibangun di atas dari lereng galian tersebut. Perancangan konstruksi timbunan dan/atau dinding penahan tanah untuk pembangunan reservoir ini bertujuan untuk memastikannya tetap aman dan stabil. Dalam proses perancangan ini, pengendalian stabilitas lereng sangatlah penting. Perancangan lereng timbunan, baik dengan atau tanpa perkuatan geogrid akan menghasilkan tingkat stabilitas yang berbeda. Untuk memastikan bahwa stabilitas lereng tetap aman. Sehingga dirancang lereng timbunan dengan menggunakan perkuatan geogrid dan gabion untuk memastikan keberlanjutan konstruksi reservoir tersebut. Oleh karena itu, kestabilan lereng galian dan kestabilan lereng timbunan baik menggunakan perkuatan atau tanpa perkuatan adalah pembahasan penting.

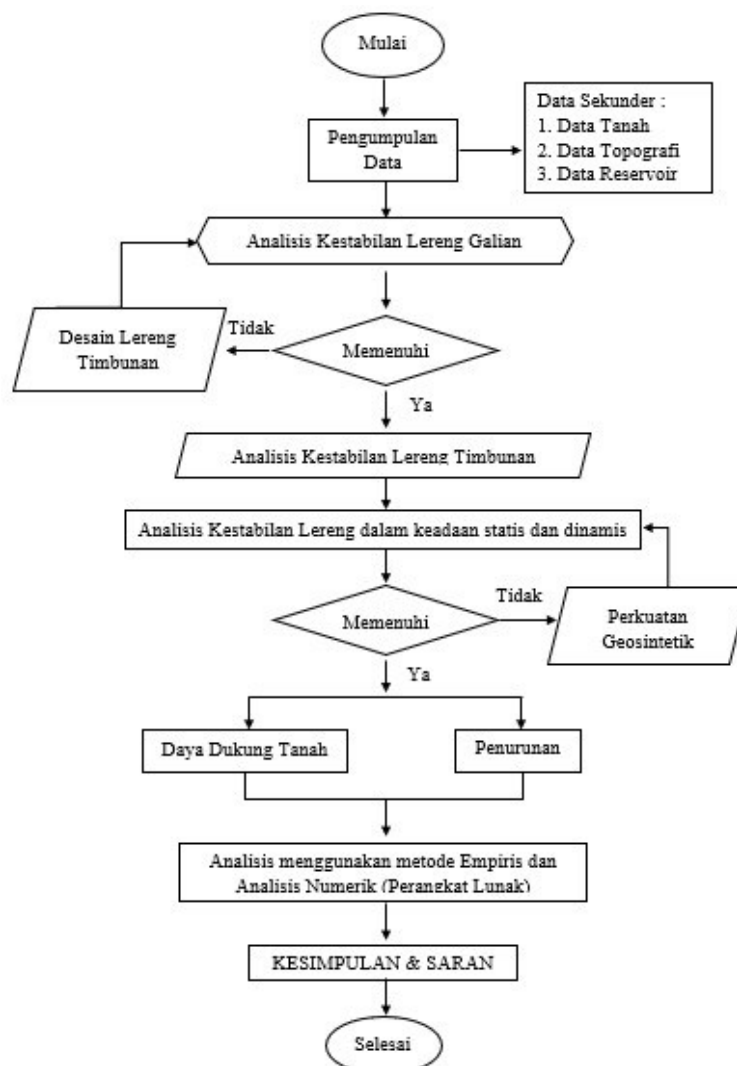
2. Tahapan Analisis

Tahapan analisis diawali dengan pengumpulan data. Data yang tersedia adalah data

sekunder berupa data hasil uji CPT (Cone Penetration Test). Dari data tersebut dilakukan studi literatur mengenai korelasi CPT terhadap parameter-parameter tanah yang akan digunakan dalam analisis kestabilan, dan teori kestabilan yang meliputi kestabilan daya dukung, kestabilan lereng dan displacement yang terjadi.



Gambar 1. Site Plan/Lokasi Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Berikut ini adalah analisis yang dilakukan secara bertahap terhadap desain lereng timbunan dengan kekuatan geogrid untuk konstruksi reservoir Kawasan perumahan.

- **Tahap 1** : menghitung faktor keamanan daya dukung tanah terhadap timbunan sebelum diberi kekuatan dan setelah diberi kekuatan geosintetik juga daya dukung peremasan (squeezing) dengan persamaan:

$$FK_u = \frac{q_{ult}}{P_{max}} \quad (\text{Sumber: Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik, Direktorat Jenderal Bina Marga})$$

$$FK_u = \frac{q_{ult}}{P_{avg}} \quad (\text{Sumber: Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik, Direktorat Jenderal Bina Marga})$$

$$FK_{Peremasan} = \frac{2C_u}{\gamma_m D_{stan\beta}} + \frac{4,14C_u}{H\gamma_m} \quad (\text{Sumber: Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik, Direktorat Jenderal Bina Marga})$$

- **Tahap 2** : menghitung penurunan menggunakan metode penurunan seketika:
 $S_i = mv \times \Delta q \times H$ (sumber : Principles of Geotechnical Engineering 9th Edition)
- **Tahap 3** : menghitung faktor keamanan stabilitas geser rotasional terhadap timbunan tanpa kekuatan dan dengan kekuatan geosintetik dengan persamaan:

$$FK_u = \frac{M_R}{M_D} \quad (\text{sumber : Holtz 1998})$$

dan

$$FK_u = \frac{M_R + M_r}{M_D} \quad (\text{sumber : Holtz 1998})$$

- **Tahap 4** : menghitung stabilitas lateral terhadap timbunan dengan kekuatan geosintetik.
 Tahanan Putus

$$FK = \frac{T_{ijin}}{F} \quad (\text{sumber : Christopher et all, 2000})$$

Tahanan Cabut

$$FK = \frac{P_c}{F} \quad (\text{sumber : Christopher et all, 2000})$$

- **Tahap 5** : menghitung stabilitas gabion terhadap momen guling, momen geser dan daya dukung tanah.

$$FK \text{ Guling} = \frac{\text{Momen Penahan } (M_R)}{\text{Momen Pendorong } (M_O)} \quad (\text{sumber : Principles of Geotechnical Engineering 9th Edition})$$

$$FK \text{ Geser} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \quad (\text{sumber : Principles of Geotechnical Engineering 9th Edition})$$

$$q_u = C_2 N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_2 N_\gamma F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad (\text{sumber : Principles of Geotechnical Engineering 9th Edition})$$

- **Tahap 6** : menghitung stabilitas lereng (slope stability) menggunakan Metode Bishop Simplified (1955) dengan bantuan perangkat lunak Slide, dengan persamaan:

$$N = \frac{W - \frac{(c' L \sin \alpha - u L \sin \alpha \tan \phi)}{F}}{\cos \alpha + \frac{(\sin \alpha \tan \phi)}{F}} \quad (\text{sumber : Principles of Geotechnical Engineering 9th Edition})$$

- **Tahap 7** : menghitung perpindahan (displacement) terhadap timbunan dengan kekuatan geogrid dengan bantuan perangkat lunak PLAXIS 2D.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Koreksi Data CPT dan Korelasi Parameter Tanah

Nilai CPT yang diperoleh di olah dengan menerapkan korelasi terhadap parameter-parameter yang diperlukan, kemudian digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Hasil koreksi data CPT serta korelasi parameter tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

3.2. Perhitungan Daya Dukung Tanah

Berikut resume hasil perhitungan daya dukung tanah yang dilakukan pada kondisi jangka panjang dan jangka pendek menggunakan metode Terzaghi (1943) ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Koreksi Data CPT dan Korelasi Parameter Tanah

Kedalaman	Hambatan Konus (HK)	Jumlah Hambatan (JH)	Soile Type	Unit weight γ	Cu	c'	ϕ	E
	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)		(kN/m ²)	(kPa)	(kPa)	°	Mpa
0	0	0	Clays : clay to silty clay	18,6	77,90	7,78976	36	4,71
0,2	0	0						
0,4	11	22						
0,6	11	22						
0,8	26	38						
1	33	43	Sand mixtures : silty sand to sandy silt	18,9	212,98	21,29816	39	12,85
1,2	44	55						
1,4	54	66						
1,6	85	96						
1,8	123	134	Sands; clean sands to silty sands	19,4	636,83	63,68	43	38,32
2	135	148						
2,2	178	190						
2,4	>250							

Tabel 2. Perhitungan Daya Dukung Tanah

DAYA DUKUNG TANAH (<i>Unreinforcement</i>)							
Cu (kN/m2)	Nc	H (m)	B (m)	γm (kN/m2)	qult	Pmax	FK _U
77,9	16,4	14	18	20	1276,7	560	2,28
Kontrol : FK _U ≥ SF 2,28 ≥ 2							
DAYA DUKUNG TANAH (<i>Reinforcement</i>)							
Ag	H (m)	B (m)	W (m)	qult	Pavg	FK _R	
175	14	18	7	1276,7	283,889	4,497	
Kontrol : FK _R ≥ SF 4,497 ≥ 2							
Daya Dukung Tanah - Analisis Peremasn (<i>squeezing</i>)							
$FK_{\text{Peremasn}} = \frac{2\ c_u}{\gamma_m D_s \tan \beta} + \frac{4,14\ c_u}{H \gamma_m} \geq 1,3$				FKperemasn = 7,163 ≥ 1.3 OK			

3.3. Perhitungan Penurunan Seketika

Jenis Tanah	Elevasi (m)		Z (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	H (m)	E (kPa)	Δq (kPa)	ν	m_ν	S_e (m)
	Top	Bottom									
Clays : clay to silty clay	0,00	1,00	1	18,57	9	1	4707,36	165,8191	0,35	0,000132362	0,02195
Sand mixtures : silty sand to sandy silt	1,00	1,50	0	18,94	9,13	0,5	12847,17	119,0752	0,4	3,63245E-05	0,00216
Sands; clean sands to silty sands	1,50	19,50	9	19,44	9,63	18	38320,85	96,95568	0,4	1,21779E-05	0,02125
Penurunan (m) =										0,04536	45,3637

3.4. Perhitungan Stabilitas Geser Rotasional

Berikut resume hasil perhitungan stabilitas geser rotasional.

Tabel 3. Perhitungan Stabilitas Geser Rotasional

Kondisi	M _R (kN.m)	M _D (kN.m)	M _r (kN.m)	FK	Kontrol	Selisih
Tanpa Perkuatan (<i>Unreinforcement</i>)	27684.9	30328.2	19588.14	0.913	<i>TIDAK AMAN</i>	0.646
Perkuatan (<i>Reinforcement</i>)				1.56	<i>AMAN</i>	

3.5. Perhitungan Stabilitas Lateral

3.5.1 Tahanan Putus

Tabel 4. Perhitungan Faktor Keamanan Tahanan Putus

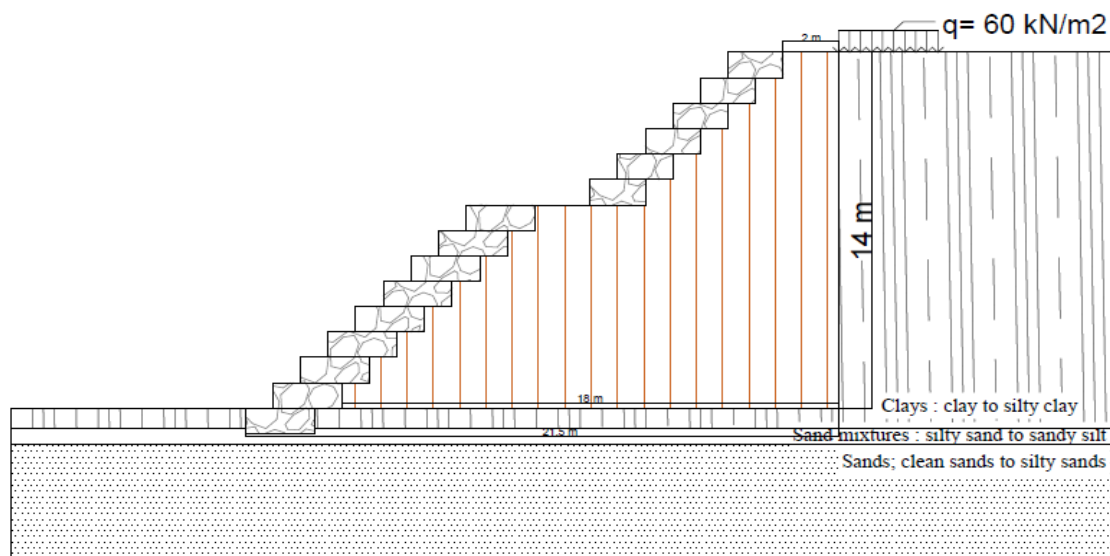
No	z	L	Pa	Pq2	W	q2L	W+q2L	e	σ'_{vb}	σ'_h	Sv	Sh	F	FK PUTUS	
	m	m	kPa	kPa			kPa	m	kPa	kPa	m	m	kN/m	TERRA GRID-600/600	
1	1	8	3,33	40,00	160,00	960,00	1120,00	0,019	140,66	46,89	1,00	1,00	46,89	3,23	OK
2	2	8	13,33	80,00	320,00	960,00	1280,00	0,069	162,83	54,28	1,00	1,00	54,28	2,79	OK
3	3	8	30,00	120,00	480,00	960,00	1440,00	0,146	186,81	62,27	1,00	1,00	62,27	2,43	OK
4	4	8	53,33	160,00	640,00	960,00	1600,00	0,244	213,02	71,01	1,00	1,00	71,01	2,13	OK
5	5	8	83,33	200,00	800,00	960,00	1760,00	0,363	241,96	80,65	1,00	1,00	80,65	1,88	OK
6	6	8	120,00	240,00	960,00	960,00	1920,00	0,500	274,29	91,43	1,00	1,00	91,43	1,66	OK
7	7	8	163,33	280,00	1120,00	960,00	2080,00	0,654	310,85	103,62	1,00	1,00	103,62	1,46	OK
8	8	8	213,33	320,00	1280,00	960,00	2240,00	0,825	352,80	117,60	1,00	1,00	117,60	1,29	OK
Gaya Tarik yang terjadi > T ijin ; kurangi tebal lapisan												max F	=	117,60	

3.5.2 Tahanan Cabut

Tabel 5. Perhitungan Faktor Keamanan Tahanan Cabut

No	z	F	Le	f	Pc	FK CABUT	
	m	kN/m	m	kPa	kN/m		
1	1	46,89	5,67	28,44	161,19	3,44	OK
2	2	54,28	6,00	56,89	341,33	6,29	OK
3	3	62,27	6,33	85,33	540,45	8,68	OK
4	4	71,01	6,67	113,78	758,52	10,68	OK
5	5	80,65	7,00	142,22	995,56	12,34	OK
6	6	91,43	7,33	170,67	1251,56	13,69	OK
7	7	103,62	7,67	199,11	1526,52	14,73	OK
8	8	117,60	8,00	227,56	1820,45	15,48	OK

3.6. Perhitungan Stabilitas Eksternal/Stabilitas Gabion terhadap Momen Guling, Momen Geser dan Daya Dukung Tanah



Gambar 2. Desain Lereng Timbunan

3.5.1 Momen Guling dan Momen Geser Gabion Atas

Tabel 6. Perhitungan Gabion Atas untuk Momen Guling dan Momen Geser

Momen Guling	M_R	M_D	$\frac{\sum M_R}{\sum M_D} > 2$	Faktor Keamanan	Kontrol
	1757,3	240		7,322	Aman
Momen Geser	$\sum R_h$	$\sum P_{ah}$	$\frac{\sum R_h}{\sum P_{ah}} > 1.5$	Faktor Keamanan	Kontrol
	496,76	120		4,13965	Aman

3.5.2 Momen Guling dan Momen Geser Gabion Bawah

Tabel 7. Perhitungan Gabion Bawah untuk Momen Guling, Momen Geser

Momen Guling	M_R	M_D	$\frac{\sum M_R}{\sum M_D} > 2$	Faktor Keamanan	Kontrol
	1757,3	240		7,322	Aman
Momen Geser	$\sum R_h$	$\sum P_{ah}$	$\frac{\sum R_h}{\sum P_{ah}} > 1.5$	Faktor Keamanan	Kontrol
	496,76	120		4,13965	Aman

3.5.3 Daya Dukung Tanah akibat Gabion

Eksintrisitas :

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - \sum M_D}{\sum W}$$

$$e = \frac{2.5}{2} - \frac{4885.417 - 1613.704}{985}$$

$$e = -2.07 < \frac{B}{2} = -2.07 < 0.4167$$

$$P_{toe} = \frac{\sum W}{B} \times \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$P_{toe} = \frac{985}{2.5} \times \left(1 + \frac{6 \times -2.07}{2.5}\right)$$

$$P_{toe} = -1564.84 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{heel} = \frac{\sum W}{B} \times \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

$$P_{heel} = \frac{985}{2.5} \times \left(1 - \frac{6 \times -2.07}{2.5}\right)$$

$$P_{heel} = 2352.84 \text{ kN/m}^2$$

Perhitungan Daya Dukung Tanah dengan Metode Vesic :

$$N_c = 67.87$$

$$N_q = 55.96$$

$$N_\gamma = 92.25$$

$$q = \gamma D$$

$$B' = B - 2e$$

$$\varphi = 38.99^\circ$$

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D}{B'}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \frac{D}{B'}$$

$$F_{yd} = 1$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{90^\circ}\right)$$

$$F_{yi} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi 2^\circ}\right)$$

$$\psi^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{\sum P_{ah}}{\sum W} \right)$$

$$q_u = C_2 N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_2 N_\gamma F_{yd} F_{yi}$$

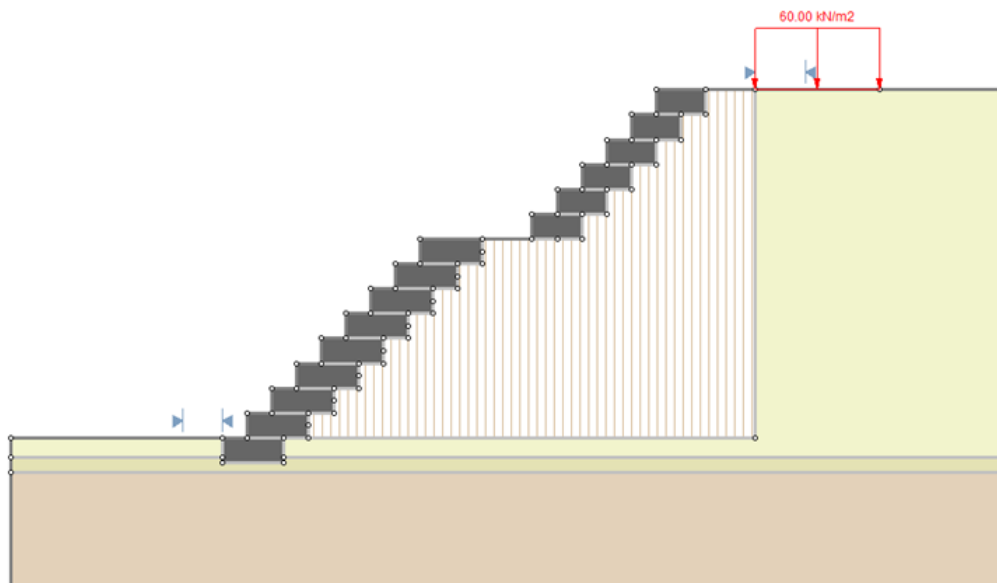
Tabel 8. Perhitungan Daya Dukung Tanah akibat Gabion

Metode Vesic	
Cu =	212,982
γ =	18.982
N _c =	67,87
N _q =	55,96
N _γ =	92,25
q =	18,94209888
B' =	6,643072331
F _{cd} =	1,060213103
F _{qd} =	1,089052644
F _{yd} =	1
F _{ci} , F _{qi} =	0,44074273
F _{yi} =	0,05022823
ψ° =	30,25038817
Kontrol FK =	7863,422 kN/m ² > 2352,84 kN/m ²
	3,342

3.7. Perhitungan Stabilitas Global/Kestabilan Lereng menggunakan Slide 6.0

Perhitungan dilakukan pada 2 kondisi yaitu:

1. Kondisi Setelah Selesai Konstruksi (*End of Construction*)
2. Kondisi Pasca-Gempa (*Short term condition -Post Earthquake Stability*)
3. Kondisi Pasca-Gempa (*Long term condition -Post Earthquake Stability*)

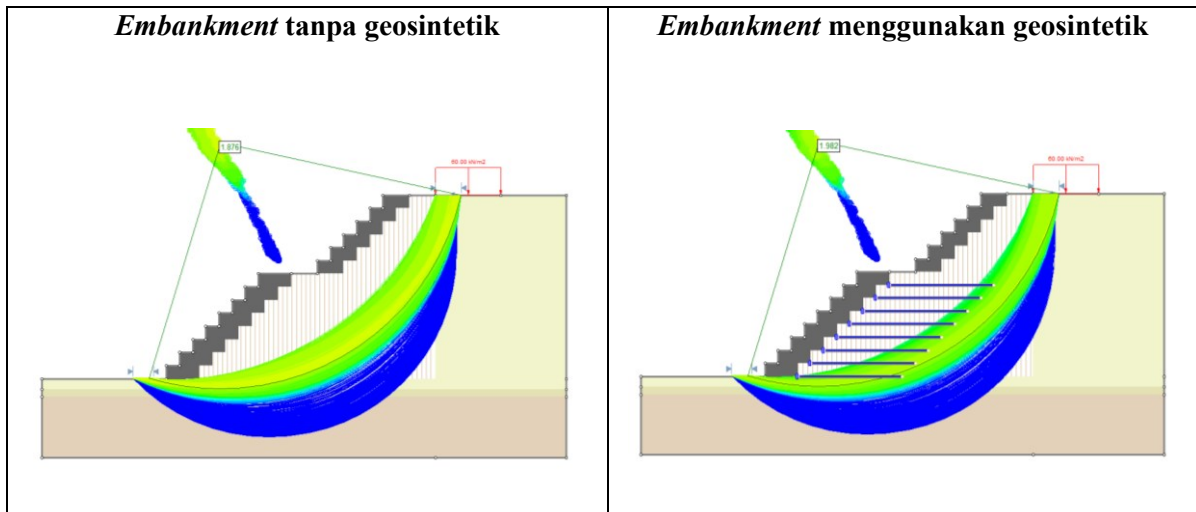


Gambar 3. Geometrik Embankment

Berikut hasil perhitungan yang telah dilakukan pada setiap kondisi:

1. Kondisi Setelah Selesai Konstruksi (*End of Construction*)

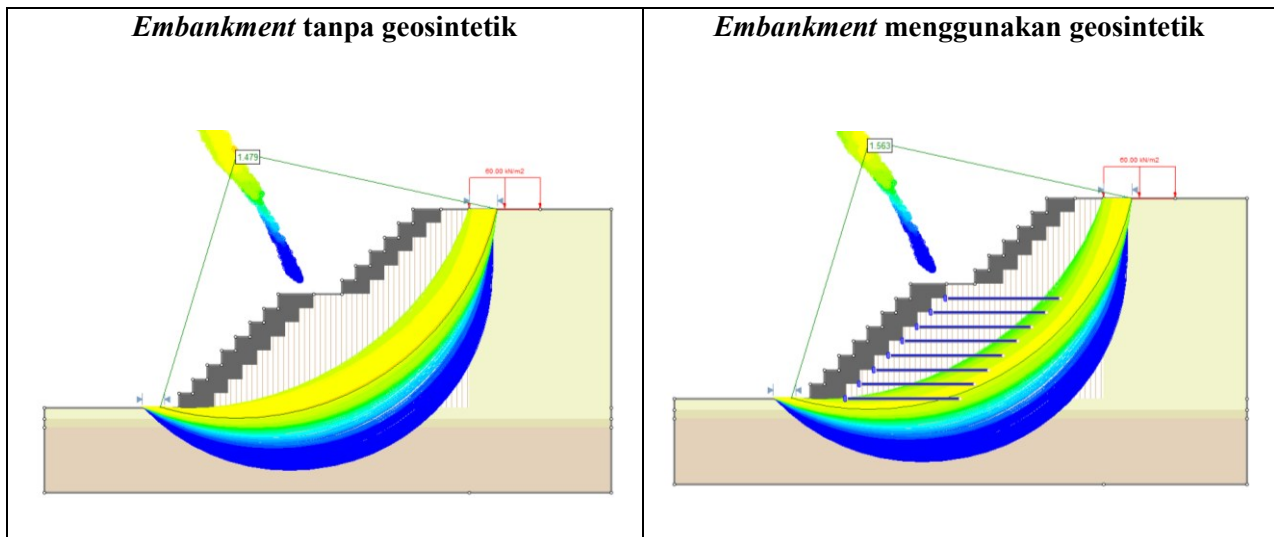
Kondisi ini merupakan kondisi dimana setelah pembangunan. Hasil pada Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai $FK > 1.5$ yang berarti lereng pada kondisi tersebut aman.



Gambar 4. Kondisi Setelah Konstruksi (*End of Construction*)
(Sumber: Hasil Analisis)

2. Kondisi Pasca-Gempa (*Short term condition - Post Earthquake Stability*)

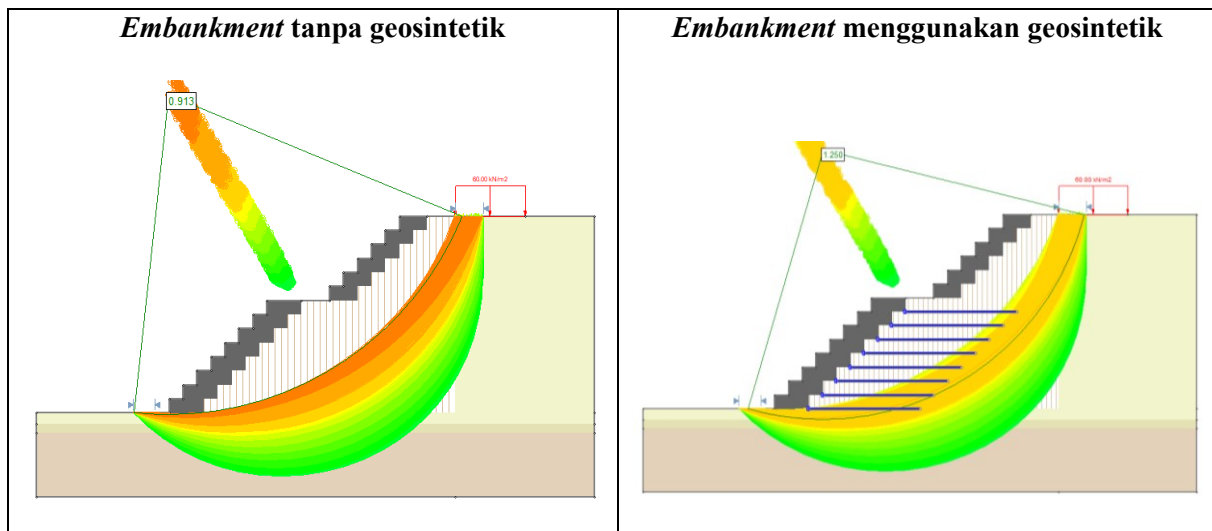
Pada kondisi pasca-gempa dengan koefisien beban gempa ($PGA = 0.1872$) yang diperoleh dari peta MCEg dengan disesuaikan pada lokasi penelitian. Dalam analisis ini ditinjau dengan Kondisi ini memperhitungkan kestabilan lereng pasca-gempa dengan nilai FK minimum 1.1. Hasil pada Gambar 5 menunjukkan bahwa setelah diberi perkuatan lereng memiliki nilai $FK > 1.1$ yang berarti lereng pada kondisi tersebut aman.



Gambar 5. Kondisi Pasca-gempa (*Short term condition - Post Earthquake Stability*)
(Sumber: Hasil Analisis)

3. Kondisi Pasca-Gempa (*Long term condition - Post Earthquake Stability*)

Pada kondisi pasca-gempa dengan koefisien beban gempa ($PGA = 0.1872$) yang diperoleh dari peta MCEg dengan disesuaikan pada lokasi penelitian. Dalam analisis ini ditinjau dengan Kondisi ini memperhitungkan kestabilan lereng pasca-gempa dengan nilai FK minimum 1.1. Hasil pada Gambar 4 menunjukkan bahwa setelah diberi perkuatan lereng memiliki nilai $FK > 1.1$ yang berarti lereng pada kondisi tersebut aman.



Gambar 6. Kondisi Pasca-gempa (*Long term condition - Post Earthquake Stability*)
(Sumber: Hasil Analisis)

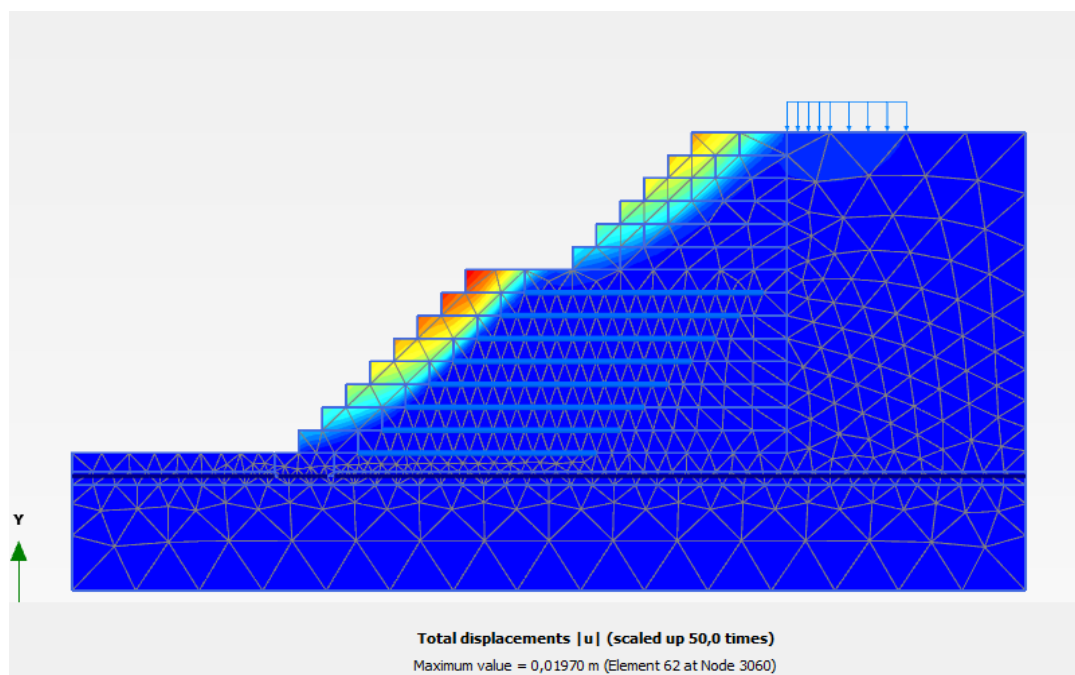
Resume hasil perhitungan stabilitas lereng yang dilakukan pada 2 kondisi di tunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Hasil Perhitungan Stabilitas Global

Kondisi	Kondisi Tanah	FK Ijin	Faktor Keamanan			
			Unreinforcement	FK	Reinforcement	FK
Selesai Kontruksi (<i>End of Constrution</i>)	Undrained	1,3	1,876	OK	1,982	OK
Pasca Gempa (<i>Post Earthquake Stability</i>)	Undrained	1,1	1,479	OK	1,563	OK
	Drained	1,1	0,913	NOT OK	1,25	OK

3.8 Perhitungan Displacement menggunakan Perangkat Lunak PLAXIS 2D

Hasil perhitungan yang dilakukan terhadap timbunan setelah diberi perkuatan geosintetik pada kondisi drained mendapatkan *Total Displacement* 0.0197 m.



Gambar 7. Perpindahan Total (*Total Displacements*)
(Sumber: Hasil Analisis)

4. Kesimpulan

- Faktor keamanan untuk daya dukung tanah tanpa perkuatan $FK = 2.3 \geq 2$ dengan perkuatan $FK = 4.5 \geq 2$, sedangkan analisis Peremasan didapatkan $7.2 \geq 1.2$.
- Faktor keamanan untuk penurunan seketika akibat beban timbunan dianalisis sampai kedalaman 19.5 m terjadi penurunan sebesar 0.04536 m.
- Faktor keamanan untuk stabilitas geser rotasional timbunan sebelum diberi perkuatan dinyatakan tidak memenuhi yakni $FK = 0.913 (\leq 1.3)$ sedangkan jika diberi perkuatan Faktor Keamanan dinyatakan memenuhi yakni $FK = 1.56 (\geq 1.3)$.
- Faktor keamanan untuk stabilitas lateral atau stabilitas internal dilakukan analisis pada lapisan 1 sampai 8 dan diperoleh hasil memenuhi Faktor Keamanan terhadap Tahanan Putus (≥ 1) dan Tahanan Cabut (≥ 2).
- Faktor keamanan terhadap stabilitas eksternal untuk gabion sebagai dinding penahan tanah telah memenuhi terhadap guling dan geser serta kapasitas daya dukung tanah yang aman ($q_u = 7863.42 \text{ kN/m}^2 \geq P_{heel} = 2352.84 \text{ kN/m}^2$).
- Faktor keamanan stabilitas global/kestabilan lereng (*slope stability*) untuk kondisi setelah selesai konstruksi (End of Construction) sebelum diberi perkuatan dinyatakan memenuhi yakni $FK = 1.87 (\geq 1.3)$ dan setelah diberi perkuatan yakni $FK = 1.98 (\geq 1.3)$. Untuk kondisi Pasca Gempa (Short term condition-Post Earthquake Stability) sebelum diberi perkuatan Faktor Keamanan dinyatakan memenuhi yakni $FK = 1.479 (\leq 1.1)$ setelah diberi perkuatan Faktor Keamanan dinyatakan memenuhi yakni $FK = 1.563 (\geq 1.1)$. Untuk kondisi Pasca Gempa (Long term condition-Post Earthquake Stability) sebelum diberi perkuatan Faktor Keamanan dinyatakan tidak memenuhi yakni $FK = 0.913 (\leq 1.1)$ setelah diberi perkuatan Faktor Keamanan dinyatakan memenuhi yakni $FK = 1.250 (\geq 1.1)$.
- Analisis Perpindahan (displacement) pada timbunan setelah diberi perkuatan dengan menggunakan *Plaxis 2D* didapatkan Total Displacement untuk kondisi *drained* 0.0197 m.

Referensi

- Das, Braja M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Bowles, J.E. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Erlangga, Jakarta
- Irham B.P, Hanindya K.A, dan Anisa N.A (2023) *Analisis Stabilitas Lereng Timbunan dengan Prefabricated Vertical Drain dan Geotekstil Menggunakan Program Plaxis*. Vol 2, No 2, Februari
- Ferra Fahriani (2016) *Analisis Pengaruh Ketinggian Timbunan Terhadap Kestabilan Lereng*. "FROPIL" Vol 4 Nomor 1 Januari – Juni
- Yogi K. (2021). *Analisis Stabilitas Lereng Timbunan pada Badan Jalan dengan Menggunakan Perkuatan Geotekstil*.
- Ferrel F., Juan Purnomo., Dandung Novianto, Supiyono (2024). *Analisis Perbandingan Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan Tanah Bronjong dan Geotekstil Menggunakan Program Geo 5*. JOS – MRK Volume 5, Nomor 1, Maret 2024
- Fadli Imran. (2019) *Analisis Kestabilan Lereng Dan Metode Penanganannya pada Tanah Lempung Berpasir* (Studi Kasus : Sta 208+00 Double Track Kereta Api Martapura – Baturaja)
- Hardiyatmo, H. C. (t.thn). *Mekanika Tanah Jilid 1 Edisi Pertama*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Dani Hana., Ticoh Jack H., Legrans Roski R.I (2021) *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop Menggunakan Software Slide 6.0* (Studi Kasus : Area TPA, IPLT Sawangan Airmadidi). Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia.
- Gouw, T.L., (1990). *Faktor Rangkak dalam Pemilihan Geosintetik untuk Perkuatan Tanah*, Konferensi Geoteknik Indonesia IV, Bandung, 26-27 Februari 1990.
- Gouw, T.L., (1990). *Importance of Elongation factor in Determining Geosynthetic Stiffness for Finite Element Calculation*, *Proceedings of International Conference on Landslides and Slope Stability*, Bali, Sep 27-30, 2015. Pp.B8-1-B8-6.
- Pendy Arisandy, A. Agus Santosa. Eri Andrian Yudianto (2021), *Studi Perencanaan Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Tipe Bronjong pada Lereng Jalan Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember*. e-journal GELAGAR Vol. 3 No 1 2021.
- Kusuma, Faizal Luthfi Dwi (2020), *Alternatif Perencanaan Perkuatan Lereng pada Jalan Tol Surabaya-Mojokerto KM 737+400*. (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Rido U, Titin S, Meriana W, N. Nur Kholis. (2023), *Analisis Perencanaan Dinding Penahan Tebing Akibat Longsor pada Ruas Jalan Carangwulung-Panglungan Wonosalam*. Vol 3, No 2, pp. 64-74, 2023.

- SANWANI, H. (2020), *Analisis Stabilitas Tanah Penanganan Longsor dengan Perkuatan Bronjong di Jalan Raya Cibarusah Menggunakan Program Plaxis*. Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil 1(1).
- Alfian Nur. (2018), *Study Analisa Perbandingan Dinding Penahan Tanah Type Bronjong dan Geotekstil dengan Type Kantilever Ruas Jalan Batas Kota Tenggarong – SP.3 Senoni-Kota Bangu STA. 3+500 Provinsi Kalimantan Timur*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda 2018.
- Abrahamson Lee, W., Sharma, S., Lee, T.S., Boyce G.M., (1996). *Slope Stability and Stabilization Methods. Second Edition*. New York : John Wiley & Sons, inc.
- Ahmad A, Badee A., S, Muhammad Jamil., Muhammad, N.N., (2021). *Analysis of Gabion Retaining Wall Using Analytical and Numerical Modelling With Plaxis 2D*. UW Journal of Science and Technology Vol. 5 (2021).
- Koerner, R., (2003). *A Brief Overview of Geosynthetics and Their Major Applications, Geosynthetics Institute. USA*.
- Frengky, R M, Rustamanji Eka & Priadi., (2021). *Analisis Kestabilan Lereng Akibat Fluktuasi Muka Air Tanah Pada Ruas Jalan Simping Pintas-Sayan Kabupaten Melawi*. Jurnal Teknik Sipil 21(2), 236-242.
- Standarisasi Nasional Indonesia (2017). *Standar Nasional Indonesia SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Adriani, R. D. (2014). *Analisis Stabilitas Lereng Sungai Mulki, Tembagapura dengan Alternatif Perkuatan*.
- Tambling, 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.
- Watalangie , 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.
- Pangkey R ., Rondonuwu, S. G ., Mandagi, A. T. (2023). *Analisis Kestabilan Lereng dan Desain Struktur dinding Penahan Tanah (Studi Kasus : Ruas Jalan Manado Outer Ring Road III)*. TEKNO. 21(84), 753-764