

ANALISIS STABILITAS LERENG DINDING PENAHAN TANAH TIPE GABION DENGAN VARIASI KEMIRINGAN

Muhammad Jazir Alkas¹⁾, Indra Ariani²⁾, Muhammad Fiqron Muthahhari³⁾

¹⁾ Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua, Samarinda

e-mail: jalkas@unmul.ac.id

²⁾ Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua, Samarinda

e-mail: indraariani@ft.unmul.ac.id

³⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua, Samarinda

e-mail: fiqronpiko@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan jalan pada wilayah dengan kontur lereng yang bervariasi memerlukan sistem penahan tanah yang efektif untuk menjamin kestabilan lereng. Dinding penahan tanah tipe gabion banyak digunakan karena bersifat fleksibel, mudah dalam pelaksanaan, dan memiliki kemampuan drainase alami. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kemiringan dinding penahan tanah tipe gabion terhadap stabilitas lereng pada ruas Jalan Patung Lembuswana–Sebulu 3 STA 26+180. Variasi kemiringan yang dianalisis meliputi -6° , -4° , -2° , 0° , $+2^\circ$, $+4^\circ$, dan $+6^\circ$ terhadap bidang horizontal. Analisis dilakukan menggunakan perhitungan manual untuk stabilitas geser, guling, dan daya dukung tanah, serta analisis numerik menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D untuk mengevaluasi stabilitas global dan deformasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa kemiringan ke bawah meningkatkan stabilitas geser, sedangkan kemiringan ke atas memberikan kinerja terbaik terhadap stabilitas guling dan daya dukung tanah. Seluruh variasi kemiringan berada dalam kondisi aman secara global. Berdasarkan evaluasi teknis dan kemudahan pelaksanaan di lapangan, kemiringan 0° direkomendasikan sebagai konfigurasi yang paling sesuai.

Kata kunci: dinding penahan tanah, gabion, kemiringan, stabilitas lereng.

ABSTRACT

Road construction in areas with varying slope conditions requires an effective retaining system to ensure slope stability. Gabion retaining walls are widely applied due to their flexibility, ease of construction, and good natural drainage capacity. This study aims to analyze the effect of gabion retaining wall inclination variations on slope stability at Patung Lembuswana–Sebulu 3 Road Section STA 26+180. The analyzed inclination angles include -6° , -4° , -2° , 0° , $+2^\circ$, $+4^\circ$, and $+6^\circ$ relative to the horizontal plane. The analysis was conducted using manual calculations for sliding stability, overturning stability, and bearing capacity, as well as numerical analysis using PLAXIS 2D to evaluate global stability and deformation behavior. The results indicate that downward inclinations increase sliding stability, while upward inclinations provide better performance in terms of overturning stability and bearing capacity. All inclination variations satisfy global stability criteria. Based on technical evaluation and construction practicality, a 0° inclination is recommended as the most suitable configuration for field application.

Keywords: retaining wall, gabion, inclination, slope stability.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki kondisi topografi yang beragam, mulai dari dataran rendah hingga wilayah perbukitan dengan kemiringan lereng yang curam. Pada daerah dengan kemiringan lereng tinggi dan curah hujan yang besar, potensi terjadinya longsor meningkat akibat bertambahnya tekanan tanah dan tekanan air pori.

Oleh karena itu, diperlukan sistem penahan tanah yang efektif untuk menjaga kestabilan lereng dan menjamin keamanan infrastruktur, khususnya pada konstruksi jalan.

Salah satu sistem penahan tanah yang banyak digunakan adalah dinding penahan tanah tipe gabion. Struktur ini memiliki keunggulan berupa fleksibilitas yang baik terhadap deformasi tanah, kemudahan pelaksanaan di lapangan, biaya

konstruksi yang relatif ekonomis, serta kemampuan drainase alami yang dapat mengurangi tekanan air di belakang dinding. Kinerja dinding gabion dipengaruhi oleh beberapa parameter perencanaan, salah satunya adalah kemiringan pemasangan dinding terhadap bidang vertikal.

Variasi kemiringan dinding gabion dapat memengaruhi distribusi tekanan tanah aktif, gaya geser, momen guling, serta daya dukung fondasi. Kemiringan yang tepat berpotensi meningkatkan stabilitas struktur, sedangkan kemiringan yang kurang sesuai dapat menurunkan faktor keamanan. Namun, kajian teknis mengenai pengaruh variasi kemiringan dinding penahan tanah tipe gabion masih relatif terbatas, khususnya untuk kondisi lapangan di Indonesia.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kemiringan dinding penahan tanah tipe gabion terhadap stabilitas lereng melalui evaluasi faktor keamanan terhadap geser, guling, dan daya dukung tanah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi sudut kemiringan yang optimal untuk meningkatkan stabilitas lereng pada lokasi studi.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dibuatnya skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi kemiringan dinding penahan tanah tipe gabion terhadap stabilitas lereng, yang ditinjau dari stabilitas geser, stabilitas guling, daya dukung tanah, dan stabilitas global.
2. Untuk mengetahui variasi kemiringan dinding penahan tanah tipe gabion manakah yang paling optimal untuk kondisi di lapangan.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dalam penelitian ini adalah dapat memberikan panduan praktis bagi insinyur sipil dan perencana konstruksi dalam menentukan desain dan metode pelaksanaan dinding penahan tanah tipe gabion yang efektif sesuai kondisi lapangan. Dengan membandingkan kestabilan lereng pada berbagai kemiringan dinding gabion, hasil penelitian ini dapat membantu memilih alternatif desain yang paling aman dan efisien, sekaligus menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya maupun proyek konstruksi serupa di wilayah dengan karakteristik tanah dan topografi yang sejenis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

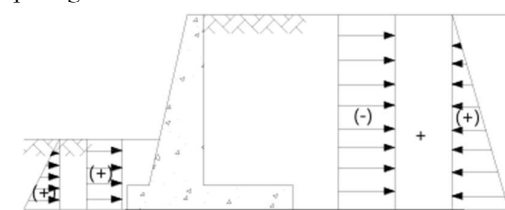
Tanah merupakan kumpulan mineral dan bahan organik yang terbentuk dari hasil pelapukan batuan induk melalui proses fisika maupun kimia (Hardiyatmo, 2002). Proses fisik meliputi pemecahan batuan akibat pengaruh angin, air, suhu, dan aktivitas manusia, sedangkan proses kimia terjadi karena reaksi dengan oksigen, karbon dioksida, serta air yang mengandung asam atau basa. Berdasarkan asal pembentukannya, tanah dapat dibedakan menjadi tanah sisa (residual soil) yang masih berada di tempat asalnya, dan tanah angkutan (transported soil) yang telah berpindah dari lokasi batuan induknya.

2.2 Parameter Tanah

Parameter tanah merupakan faktor penting yang menentukan perilaku dan daya dukung tanah terhadap beban konstruksi. Parameter-parameter ini digunakan untuk menilai kekuatan geser, deformasi, dan karakteristik mekanis tanah, baik berdasarkan hasil pengujian di lapangan maupun di laboratorium. Nilai-nilai parameter tanah dapat diperoleh melalui korelasi empiris dari data uji seperti sondir (CPT) maupun dari pengujian sifat fisik tanah. Beberapa parameter utama yang umum digunakan antara lain klasifikasi jenis tanah, berat jenis, modulus elastisitas, rasio Poisson, serta sudut geser dalam.

2.3 Tekanan Tanah Lateral

Hardiyatmo dalam Arisandy dkk., (2021) mengatakan bahwa tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah di belakang struktur penahan tanah. Tekanan tanah lateral dapat dibedakan menjadi 3, yaitu tekanan tanah lateral saat diam, aktif, dan pasif, seperti pada gambar berikut:



Tekanan Tanah Pasif Tekanan Tanah Aktif

Gambar 1. Terkanan Tanah Lateral

a. Tekanan Tanah Aktif

Tekanan tanah aktif terjadi apabila dinding penahan tanah bergerak menjauhi massa tanah secara perlahan-lahan.

$$P_a = 0,5 \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H^2$$

Pada tekanan aktif pada tanah kohesif dapat menggunakan persamaan tekanan aktif sebagai berikut:

$$P_a = (0,5 \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H^2) - 2 \cdot c \cdot H \cdot \sqrt{K_a}$$

Dengan nilai K_a untuk tekanan tanah aktif ialah sebagai berikut:

$$K_a = tg^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$$

b. Tekanan Tanah Pasif

Tekanan tanah pasif terjadi karena perlawanan terhadap gaya dari tekanan tanah aktif yang mendorong dinding perlahan-lahan ke arah massa tanah.

$$P_p = 0,5 \cdot K_p \cdot \gamma \cdot H^2$$

Dalam tekanan pasif pada tanah kohesif dapat menggunakan persamaan tekanan pasif sebagai berikut.

$$P_p = (0,5 \cdot K_p \cdot \gamma \cdot H^2) - 2 \cdot c \cdot H \cdot \sqrt{K_p}$$

Dengan nilai K_p untuk tekanan tanah aktif ialah sebagai berikut:

$$K_p = tg^2(45^\circ + \frac{\varphi}{2})$$

2.4 Beban Lalu Lintas

Menurut SNI 8460:2017 (2017), beban lalu lintas pada permukaan tanah di belakang dinding penahan tanah dapat dimodelkan sebagai beban merata (q) dengan nilai yang ditentukan berdasarkan fungsi jalan dan klasifikasinya.

Tabel 1. Beban Lalu Lintas

Kelas Jalan	Beban Lalu Lintas (kPa)	Beban Di Luar Jalan (kPa)
I	15	10
II	12	10
III	12	10

2.5 Stabilitas Geser

Faktor aman terhadap penggeseran (F_{gs}), didefinisikan sebagai:

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 1,5$$

Faktor aman terhadap penggeseran dasar fondasi (F_{gs}) minimum, diambil 1,5. Bowles dalam Hardiyatmo (2011) menyatakan:

$F_{gs} \geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler.

$F_{gs} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif.

2.6 Stabilitas Guling

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat fondasi.

Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat fondasi. Faktor aman akibat terhadap penggulingan (F_{gl}), didefinisikan sebagai:

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}} \geq 2$$

Faktor aman terhadap penggulingan (F_{gl}) bergantung pada jenis tanah, yaitu:

$F_{gl} \geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler.

$F_{gl} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif.

2.7 Stabilitas Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah merupakan parameter penting dalam analisis stabilitas lereng maupun perencanaan fondasi, karena menunjukkan kemampuan tanah dalam menahan beban tanpa mengalami kegagalan geser. Brinch Hansen dalam Hardiyatmo (2011) mengembangkan persamaan daya dukung yang pada prinsipnya serupa dengan Terzaghi, namun dilengkapi dengan faktor koreksi untuk mempertimbangkan pengaruh bentuk dan kedalaman fondasi, arah dan kemiringan beban, kemiringan dasar fondasi, serta kemiringan permukaan tanah.

Persamaan metode Hansen sebagai berikut:

$$Q_{ult} = s_c d_c i_c b_c g_c c N_c + s_q d_q i_q b_q g_q p_o N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma 0,5 B' \gamma N_\gamma$$

2.8 Metode Elemen Hingga Plaxis

Plaxis dalam Setyanto dkk. (2016) menyatakan bahwa Plaxis (*Finite Element Code for Soil and Rock Analyses*) adalah suatu program elemen hingga yang digunakan dalam perencanaan-perencanaan sipil untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik. Grafik prosedur-prosedur input data (sifat tanah) yang sederhana mampu membuat model-model elemen yang kompleks dan memberikan output yang rinci berupa hasil perhitungan.

2.9 Dinding Penahan Tanah Gabion

Menurut Martha pada Darmawan dkk. (2023), gabion atau gabion adalah suatu anyaman dari kawat atau bambu yang berbentuk balok atau silinder yang diisi dengan dengan batu. Dinding penahan tanah tipe gabion atau gabion dipilih sebagai alternatif pengganti dari pasangan batu kali karena situasi dan kondisi yang lebih memungkinkan sebab pada lokasi penelitian mudah didapatkan batu-batu pecah sebagai pengisi dari gabion. Dalam menentukan dimensi dan berat batu gabion dipengaruhi oleh gaya-gaya dalam yang terjadi pada tanah yaitu tekanan lateral, momen aktif, dan momen pasif /

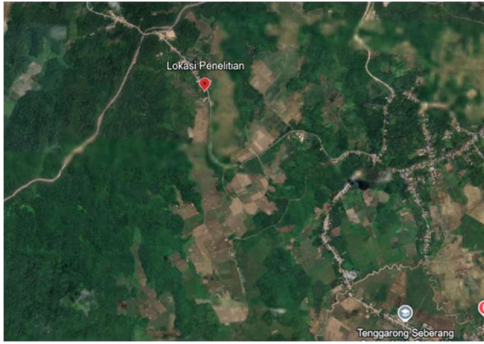
3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Studi

Pekerjaan : Perencanaan Turap Talud atau Bronjong Ruas Jalan Patung Lembuswana - Sebulu 3

Lokasi : Jalan Patung Lembuswana - Sebulu 3, Kecamatan Sebulu, Kabupaten Tenggarong Seberang, Kalimantan Timur.

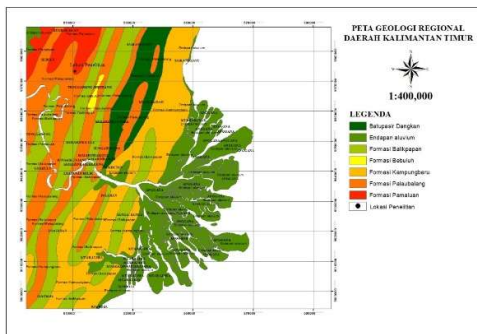
Adapun denah lokasi bisa dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.2 Kondisi Geologi Lokasi Penelitian

Kondisi geologi pada area penelitian merupakan salah satu aspek penting dalam analisis stabilitas lereng, karena karakteristik batuan dan tanah penyusunnya sangat memengaruhi perilaku mekanis lereng serta responsnya terhadap beban dan perubahan lingkungan. Peta geologi telah disesuaikan dengan titik koordinat lokasi studi pada ruas Jalan Patung Lembuswana–Sebulu 3 STA 26+180.



Gambar 2. Kondisi Geologi Lokasi Penelitian

Berdasarkan peta geologi regional, lokasi penelitian berada pada formasi pamaluan. Formasi ini secara umum tersusun atas batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung, serpih, dan batulanau. Pada kondisi dekat permukaan, batuan penyusun formasi pamaluan telah mengalami pelapukan cukup kuat sehingga berkembang menjadi material tanah berbutir halus, khususnya lempung. Kondisi tersebut sesuai dengan hasil bor log di lokasi penelitian yang menunjukkan dominasi tanah lempung berwarna kuning dan abu-abu. Material lempung hasil pelapukan ini memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan kadar air, sehingga berpengaruh terhadap parameter kuat geser tanah dan menjadi faktor penting dalam analisis stabilitas lereng serta kinerja dinding penahan tanah tipe gabion.

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Tanah

Data tanah merupakan salah satu faktor utama dalam analisis stabilitas lereng. Informasi mengenai sifat fisik dan mekanik tanah diperoleh dari hasil uji lapangan (sondir, boring log) maupun uji laboratorium (analisis sifat indeks dan parameter kuat geser). Data ini kemudian direkap dan digunakan sebagai input dalam perhitungan manual serta pemodelan numerik pada perangkat lunak PLAXIS 2D.

Tabel 2. Rekapitulasi Parameter Tanah

Jenis Tanah	Tanah Lempung Timbunan (warna kuning)	Tanah Lempung (warna kuning alami)	Tanah Lempung Keras (warna abu-abu kecoklatan)
Kedalaman (m)	0 - 4	4 - 6	6 - 10
Modulus Young (E, kN/m ²)	4000	4000	12000
y_{unsat} (kN/m ³)	11,29	11,29	13,44
y_w (kN/m ³)	10	10	10
y_{sat} (kN/m ³)	17,00	17,00	18,35
Internal Friction Angle (°)	23,235	23,235	29,899
Cohesion (kN/cm ³)	22,143	22,143	25,000
Possion Rasio (ν)	0,40	0,40	0,40

4.2 Data Gabion

Material utama yang digunakan pada konstruksi dinding penahan tanah tipe gabion adalah batu pecah yang disusun dalam anyaman kawat baja. Faktor utama yang diperhitungkan adalah berat isi batu dan dimensi unit gabion yang membentuk massa dinding.

Adapun parameter material gabion yang digunakan adalah sebagai berikut

- Berat isi batu (γ_{batu}) : 22 kN/m³
- Dimensi unit gabion (v) : 1 m³
- Total unit gabion (n) : 10

4.3 Pembebanan

Jenis beban yang diperhitungkan dalam penelitian ini meliputi:

- Berat Sendiri Gabion

Berat sendiri gabion ditentukan berdasarkan berat batu isian sebagai komponen utama struktur. Berat kawat baja pembentuk kotak gabion tidak diperhitungkan secara terpisah karena kontribusinya relatif kecil dibandingkan berat batu isian.

- Berat Tanah Timbunan

Tanah timbunan di belakang dinding penahan tanah memberikan tambahan beban vertikal pada struktur gabion. Besarnya beban timbunan bervariasi sesuai dengan sudut kemiringan dinding gabion yang dianalisis.

- Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral dihitung menggunakan teori Rankine dengan mempertimbangkan tinggi timbunan, sudut geser dalam tanah (ϕ), dan berat isi tanah (γ). Tekanan ini merupakan beban utama yang bekerja secara horizontal pada dinding penahan tanah gabion.

- Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas dimodelkan sebagai beban merata (q) yang bekerja di atas permukaan timbunan. Mengacu pada SNI 8460:2017, beban lalu lintas untuk kelas jalan I sebesar 15 kPa digunakan dalam penelitian ini.

4.4 Perhitungan Manual

Perhitungan manual meliputi perhitungan tekanan tanah aktif, gaya-gaya yang bekerja, analisis kestabilan terhadap geser, guling, dan daya dukung fondasi. Seluruh perhitungan dilakukan per 1,0 m lebar (*plane strain*) dan menggunakan asumsi parameter tanah serta pembebanan seperti tercantum pada Tabel 2.

Tabel 3. Parameter Perhitungan Manual

Parameter	Nilai
Lebar analisis	1,0 m (ke dalam atau keluar gambar)
Tinggi lereng (H)	4 m
Berat isi tanah (γ)	14,637 kN/m ³
Sudut geser (ϕ)	23,235°
Kohesi (c)	22,14 kN/m ²
Berat isi Gabion (γ_{batu})	22 kN/m
Beban lalu lintas (q)	15 kPa

4.5 Analisis Dengan Software PLAXIS 2D

Analisis numerik dilakukan dengan perangkat lunak PLAXIS 2D untuk mengevaluasi stabilitas lereng dengan dinding penahan tanah tipe gabion pada beberapa variasi kemiringan. PLAXIS 2D dipilih karena berbasis metode elemen hingga (*Finite Element Method*) yang mampu menggambarkan interaksi antara tanah dan struktur dengan lebih detail dibandingkan perhitungan manual. Parameter yang digunakan untuk analisis dengan PLAXIS 2D dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter Tanah dan Dinding Penahan Tanah pada PLAXIS 2D

Material	γ_{unsat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (°)	E (kN/m ²)	ν
Tanah Timbunan (lempung kuning)	11,29	18,00	22,143	23,235	4000	0.40
Tanah Lempung Kuning (lapisan bawah)	11,29	17,00	22,143	23,235	4000	0.40
Tanah Lempung Keras (abu-abu kecoklatan)	13,44	18,35	25,000	29,899	12000	0.40
Gabion	22,00	-	-	-	100000	0.25

4.6 Analisis Hasil Perhitungan Manual dan Aplikasi PLAXIS 2D

Sebelum dilakukan pembahasan pada masing-masing aspek stabilitas, perlu ditinjau terlebih dahulu parameter-parameter teknis yang memengaruhi kinerja struktur dinding penahan tanah tipe gabion. Variasi kemiringan dinding menyebabkan perubahan pada gaya horizontal dan vertikal, eksentrisitas, lengan momen, serta respons deformasi tanah yang secara langsung berpengaruh terhadap nilai faktor keamanan pada setiap mode keruntuhan. Oleh karena itu, disajikan rekapitulasi parameter hasil perhitungan manual dan analisis numerik sebagai dasar untuk memahami keterkaitan antara perubahan geometri, distribusi gaya, dan perilaku mekanis struktur gabion pada tiap variasi kemiringan.

4.6.1 Analisis Faktor Keamanan Terhadap Stabilitas Geser

Tabel 5. Rekapitulasi Nilai Parameter Stabilitas Geser

REKAPITULASI NILAI PARAMETER STABILITAS GESER							
PARAMETER	KEMIRINGAN						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
P_{a1}	25.909	25.989	26.036	26.052	26.036	25.989	25.909
P_{a2}	50,563	50,718	50,811	50,842	50,811	50,718	50,563
P_p	-	-	-	-	0,328	1,312	2,946
W_g	153,156	153,625	153,906	154,000	153,637	153,088	152,352
W_t	55,003	51,396	47,035	43,910	39,543	35,255	31,041
SF Geser	2,320	2,299	2,274	2,257	2,235	2,223	2,220

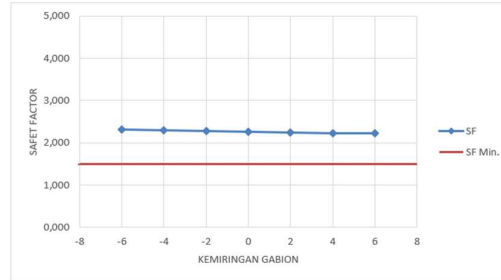
Analisis stabilitas geser menunjukkan bahwa variasi kemiringan dinding gabion memengaruhi besarnya gaya horizontal dan vertikal yang bekerja, sehingga berdampak langsung pada nilai faktor keamanan terhadap geser. Perubahan sudut kemiringan menyebabkan variasi pada tekanan tanah, berat struktur, dan berat tanah timbunan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.

Tekanan tanah aktif (P_{a1} dan P_{a2}) menunjukkan pola yang relatif simetris terhadap perubahan kemiringan. Nilai maksimum terjadi pada kondisi tegak (0°) dan menurun pada kemiringan positif maupun negatif. Hal ini disebabkan oleh pengaruh proyeksi gaya melalui komponen $\cos \alpha$, di mana peningkatan sudut kemiringan mengurangi komponen horizontal gaya tanah tanpa mengubah besar tekanan total.

Tekanan tanah pasif (P_p) hanya berkembang pada kemiringan positif karena geometri dinding memungkinkan terbentuknya tahanan tanah di depan struktur. Nilai P_p meningkat seiring bertambahnya sudut kemiringan ke atas, sehingga memberikan kontribusi tambahan terhadap tahanan geser.

Berat gabion (W_g) dan berat tanah timbunan (W_t) juga dipengaruhi oleh perubahan kemiringan. Pada kemiringan ke atas, sebagian volume gabion dan tanah timbunan berada dalam zona tekanan aktif sehingga berat efektif sebagai gaya penahan berkurang. Sebaliknya, pada kemiringan ke bawah, volume tanah timbunan meningkat dan seluruh berat gabion tetap berfungsi sebagai gaya penahan, sehingga gaya vertikal yang bekerja menjadi lebih besar.

Kombinasi perubahan gaya-gaya tersebut menyebabkan faktor keamanan terhadap geser cenderung menurun pada kemiringan positif dan meningkat pada kemiringan negatif. Meskipun demikian, seluruh variasi kemiringan yang dianalisis masih menunjukkan nilai faktor keamanan geser yang berada dalam kategori aman.



Gambar 4. Grafik Nilai Faktor Keamanan Terhadap Stabilitas Geser

4.6.2 Analisis Faktor Keamanan Terhadap Stabilitas Guling

Tabel 6. Rekapitulasi Nilai Parameter Stabilitas Guling

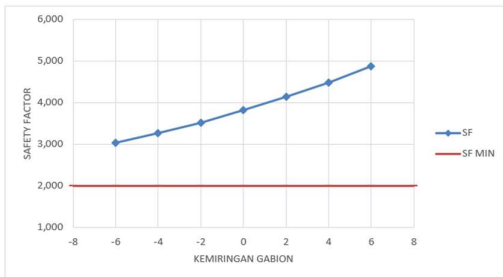
REKAPITULASI NILAI PARAMETER STABILITAS GULING							
PARAMETER	KEMIRINGAN						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
L_{a1}	2,418	2,279	2,140	2,000	1,860	1,721	1,582
L_{a2}	1,751	1,612	1,473	1,333	1,191	1,054	0,916
L_p	-	-	-	-	0,667	0,667	0,667
M_{pa1}	62,997	59,373	55,741	52,104	48,467	44,836	41,212
M_{pa2}	89,044	81,977	74,885	67,772	60,537	53,602	46,556
M_{pp}	-	-	-	-	0,219	0,875	1,964
L_{gabion}	1,832	1,891	1,946	2,000	2,047	2,093	2,136
$L_{tanah 1}$	3,060	3,125	3,188	3,250	3,292	3,334	3,376
$L_{tanah 2}$	3,351	3,405	3,455	3,500	3,542	3,580	3,613
$L_{tanah 3}$	3,653	3,690	3,722	3,750	3,774	3,795	3,812
M_{wg}	282,174	291,137	299,746	308,000	314,748	321,242	327,215
M_{wt1}	82,999	79,493	74,815	71,353	64,682	58,213	51,879
M_{wt2}	39,098	43,285	47,326	51,228	47,326	43,285	39,098
M_{wt3}	19,153	21,972	24,735	27,443	24,735	21,972	19,153
SF Guling	3,042	3,268	3,508	3,821	4,134	4,478	4,874

Variasi kemiringan dinding gabion memberikan pengaruh langsung terhadap lengan momen, momen gaya, dan nilai faktor keamanan terhadap stabilitas guling. Perubahan pertama terlihat pada lengan momen tekanan tanah aktif (L_{a1} dan L_{a2}). Pada kemiringan ke atas, lengan momen tekanan tanah aktif berkurang karena arah dinding menjauhi tanah timbunan, sedangkan pada kemiringan ke bawah lengan momen meningkat akibat dinding condong ke arah tanah.

Lengan momen tekanan tanah pasif (L_p) hanya terbentuk pada kemiringan ke atas, karena geometri dinding memungkinkan terbentuknya tahanan pasif di depan kaki gabion. Kondisi ini tidak terjadi pada kemiringan ke bawah sehingga L_p tidak terbentuk.

Perubahan lengan momen tersebut diikuti oleh perubahan momen tekanan tanah aktif (M_{pa1} dan M_{pa2}), yang menurun pada kemiringan ke atas dan meningkat pada kemiringan ke bawah. Sebaliknya, lengan momen gabion dan lengan momen tanah timbunan cenderung meningkat pada kemiringan ke atas dan menurun pada kemiringan ke bawah, sehingga kontribusi momen penahan menjadi lebih besar pada kemiringan ke atas.

Kombinasi perubahan gaya dan momen menghasilkan variasi faktor keamanan guling. Nilai faktor keamanan terendah terjadi pada kemiringan ke bawah akibat meningkatnya momen pengguling dan menurunnya momen penahan. Sebaliknya, kemiringan ke atas memberikan nilai faktor keamanan yang lebih tinggi karena berkurangnya momen pengguling, adanya tekanan tanah pasif, dan meningkatnya lengan momen penahan. Dengan demikian, kemiringan ke atas memberikan kinerja terbaik terhadap stabilitas guling.



Gambar 5. Grafik Nilai Faktor Keamanan Terhadap Stabilitas Guling

4.6.3 Analisis Faktor Keamanan Terhadap Daya Dukung Tanah

Tabel 7. Rekapitulasi Nilai Parameter Daya Dukung Tanah

REKAPITULASI NILAI PARAMETER DAYA DUKUNG TANAH							
PARAMETER	KEMIRINGAN						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
Xe	1,492	1,564	1,630	1,709	1,772	1,834	1,895
Eksentrisitas (e)	0,508	0,436	0,370	0,291	0,228	0,166	0,105
Lebar Efektif (B')	2,983	3,128	3,261	3,417	3,544	3,668	3,791
Gaya Horizontal (H)	76,473	76,707	76,847	76,894	76,847	76,707	76,473
Gaya Vertikal (V)	208,159	205,021	200,941	197,910	193,509	189,655	186,338
Qkerja	73,275	69,053	65,125	61,416	58,110	55,209	52,654
Qult	578,506	613,403	646,664	688,682	701,135	714,087	727,742
Qizin	192,835	204,468	215,555	229,561	233,712	238,029	242,581
SF Daya Dukung	7,895	8,883	9,930	11,213	12,066	12,934	13,821

Perubahan sudut kemiringan dinding gabion memengaruhi stabilitas daya dukung tanah melalui perubahan eksentrisitas (e), lebar efektif pondasi (B'), gaya vertikal (V), dan gaya horizontal (H), yang selanjutnya menentukan nilai Qkerja, Qult, Qizin, serta faktor keamanan daya dukung.

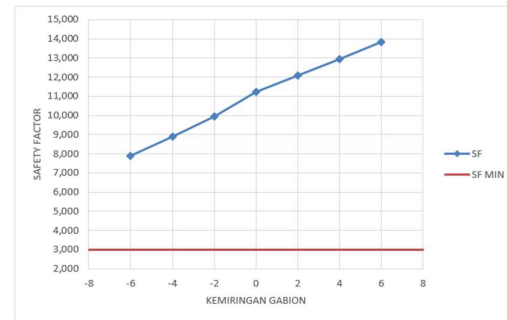
Pada kemiringan ke atas, nilai Xe meningkat akibat dominasi momen penahan dibandingkan momen penggerak. Kondisi ini menyebabkan eksentrisitas (e) mengecil dan menghasilkan lebar efektif pondasi (B') yang lebih besar. Sebaliknya, pada kemiringan ke bawah, nilai Xe menurun sehingga eksentrisitas meningkat dan lebar efektif pondasi mengecil, yang berdampak pada berkurangnya kapasitas daya dukung tanah.

Gaya horizontal relatif tidak mengalami perubahan signifikan karena besarnya tekanan

tanah aktif lebih dipengaruhi oleh tinggi dinding dan sifat tanah. Namun, nilai maksimum gaya horizontal terjadi pada kondisi tegak (0°) akibat proyeksi gaya tanpa reduksi sudut. Gaya vertikal menunjukkan kecenderungan menurun pada kemiringan ke atas karena berkurangnya volume tanah timbunan, sedangkan pada kemiringan ke bawah gaya vertikal meningkat akibat bertambahnya berat tanah timbunan.

Perubahan gaya vertikal dan lebar efektif pondasi menyebabkan nilai Qkerja meningkat pada kemiringan ke bawah dan menurun pada kemiringan ke atas. Sebaliknya, nilai Qult dan Qizin meningkat pada kemiringan ke atas seiring membesarnya lebar efektif pondasi dan menurunnya eksentrisitas.

Akibat kombinasi parameter tersebut, faktor keamanan daya dukung menunjukkan kecenderungan meningkat pada kemiringan ke atas dan menurun pada kemiringan ke bawah. Dengan demikian, kemiringan ke atas memberikan kinerja terbaik terhadap stabilitas daya dukung tanah karena menghasilkan eksentrisitas kecil, lebar efektif pondasi yang besar, dan faktor keamanan yang lebih tinggi.



Gambar 6. Grafik Nilai Faktor Keamanan Terhadap Daya Dukung Tanah

4.6.4 Analisis Faktor Keamanan Global (PLAXIS 2D)

Tabel 8. Rekapitulasi Nilai PLAXIS 2D

REKAPITULASI NILAI PLAXIS 2D							
PARAMETER	KEMIRINGAN						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
Deformasi Tanah	1,558	2,744	3,166	3,012	2,994	2,850	3,538
SF Global	3,113	3,115	3,076	3,182	3,066	3,094	3,143

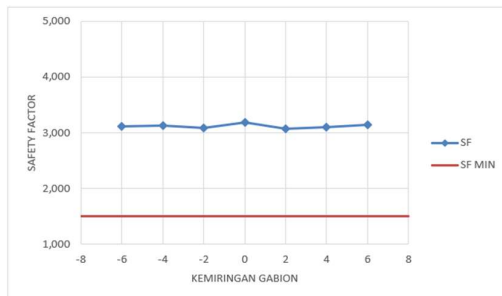
Analisis stabilitas global dilakukan menggunakan PLAXIS 2D untuk mengevaluasi pengaruh variasi kemiringan dinding gabion terhadap deformasi tanah dan faktor keamanan global (SFglobal). Kedua parameter ini digunakan untuk merepresentasikan respons keseluruhan sistem tanah dan struktur.

Deformasi yang dianalisis merupakan deformasi total maksimum (*maximum total displacement*) yang diperoleh dari node dengan perpindahan

terbesar. Hasil analisis menunjukkan bahwa deformasi maksimum umumnya terjadi di belakang dinding penahan dan di sekitar kaki lereng. Kemiringan ke bawah menghasilkan deformasi yang relatif lebih kecil dibandingkan kemiringan 0° dan kemiringan ke atas karena meningkatnya komponen gaya vertikal yang memperbesar tekanan efektif tanah dan membatasi pergerakan lateral. Sebaliknya, pada kemiringan ke atas, berkurangnya komponen vertikal berat gabion menyebabkan deformasi tanah cenderung lebih besar pada sudut tertentu.

Deformasi vertikal pada sistem berkaitan dengan potensi *settlement* tanah dasar. Dalam analisis ini, nilai deformasi vertikal maksimum digunakan sebagai indikator *settlement*. Karena gabion merupakan struktur fleksibel, tidak terdapat batas baku deformasi maupun *settlement* izin. Oleh sebab itu, evaluasi deformasi dilakukan secara relatif antar variasi kemiringan dengan mempertimbangkan keterkaitannya terhadap pola deformasi dan nilai SFglobal.

Nilai SFglobal untuk seluruh variasi kemiringan berada pada kondisi aman. Kemiringan 0° memberikan nilai SFglobal tertinggi akibat distribusi tegangan yang paling seimbang. Pada kemiringan ke bawah dan ke atas, nilai SFglobal cenderung sedikit menurun akibat peningkatan eksentrisitas dan berkurangnya berat efektif sebagai gaya penahan.



Gambar 7. Grafik Nilai Faktor Keamanan Global

4.7 Analisis Pemilihan Variasi Kemiringan Optimal untuk Kondisi Lapangan

Pemilihan sudut kemiringan dinding penahan tanah tipe gabion dievaluasi berdasarkan stabilitas geser, guling, daya dukung tanah, serta stabilitas global dan deformasi dari hasil analisis manual dan PLAXIS 2D. Perubahan kemiringan memengaruhi distribusi gaya dan interaksi tanah-struktur, sehingga menghasilkan perbedaan kinerja stabilitas pada setiap variasi sudut.

Pada aspek stabilitas geser, kemiringan ke bawah menunjukkan kinerja yang lebih baik akibat meningkatnya gaya normal dan berat vertikal, sehingga resistensi geser bertambah. Sebaliknya,

kemiringan ke atas menghasilkan gaya normal yang lebih kecil sehingga faktor keamanan geser sedikit menurun, namun tetap berada pada kondisi aman.

Pada aspek stabilitas guling, kemiringan ke atas memberikan performa terbaik karena lengan momen penahan meningkat dan momen pengguling menurun, sedangkan kemiringan ke bawah cenderung meningkatkan momen pengguling.

Pada aspek daya dukung tanah, kemiringan ke atas menghasilkan nilai eksentrisitas yang lebih kecil dan lebar efektif pondasi yang lebih besar, sehingga faktor keamanan daya dukung meningkat. Sebaliknya, kemiringan ke bawah menghasilkan eksentrisitas yang lebih besar dan lebar efektif yang lebih kecil, yang berdampak pada menurunnya faktor keamanan daya dukung tanah.

Hasil analisis stabilitas global menggunakan PLAXIS 2D menunjukkan bahwa deformasi tanah minimum terjadi pada kemiringan ke bawah, sedangkan deformasi maksimum terjadi pada kemiringan ke atas, khususnya pada sudut +6°. Faktor keamanan global (SFglobal) tertinggi diperoleh pada kemiringan 0° dan relatif stabil untuk seluruh variasi kemiringan.

Secara keseluruhan, kemiringan ke atas memberikan kinerja struktural terbaik dari aspek guling dan daya dukung tanah, sedangkan kemiringan ke bawah lebih efektif dalam mengendalikan deformasi. Namun demikian, dari sisi kemudahan pemasangan di lapangan, kemiringan 0° merupakan kondisi paling sederhana untuk konstruksi karena tidak memerlukan penyesuaian bentuk, maupun modifikasi geometri timbunan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis stabilitas dinding penahan tanah tipe gabion dengan variasi kemiringan -6° hingga +6° di lokasi Sebulu 3 STA 26+180, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Stabilitas terhadap geser dipengaruhi oleh perubahan gaya normal dan berat efektif struktur. Kemiringan ke bawah meningkatkan gaya normal dan resistensi geser sehingga stabilitas geser lebih baik, sedangkan kemiringan ke atas menyebabkan penurunan berat efektif gabion sehingga stabilitas geser sedikit menurun. Namun, seluruh variasi kemiringan masih memenuhi kriteria keamanan.
2. Stabilitas terhadap guling menunjukkan kinerja terbaik pada kemiringan ke atas karena lengan momen penahan meningkat dan momen pengguling menurun. Sebaliknya, kemiringan ke bawah cenderung meningkatkan momen pengguling sehingga faktor keamanan guling lebih kecil.

3. Stabilitas daya dukung tanah sangat dipengaruhi oleh eksentrisitas dan lebar efektif pondasi. Kemiringan ke atas menghasilkan eksentrisitas yang lebih kecil dan lebar efektif yang lebih besar, sehingga kapasitas daya dukung tanah meningkat. Kemiringan ke bawah menghasilkan kondisi sebaliknya dan menurunkan faktor keamanan daya dukung.
4. Stabilitas global berdasarkan PLAXIS 2D menunjukkan bahwa seluruh variasi kemiringan berada pada kondisi aman. Nilai SF global tertinggi terjadi pada kemiringan 0°, sedangkan deformasi terkecil terjadi pada kemiringan ke bawah.

Secara keseluruhan, kemiringan ke atas memberikan kinerja terbaik dari aspek guling dan daya dukung tanah, kemiringan ke bawah lebih efektif dalam mengendalikan deformasi, sedangkan kemiringan 0° menjadi alternatif paling praktis dari sisi pelaksanaan konstruksi di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arisandy, P., A. A. S., & Eri, A. Y. (2021). Studi Perencanaan Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Tipe Bronjong Pada Lereng Jalan Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember. *Gelagar*, 3(1), 225–235.
2. Biswas, S., Metya, S., Kumar, S., & Samui, P. (2021). *Lecture Notes in Civil Engineering Advances in Sustainable Construction Materials Select Proceedings of ASCM 2020*. Springer Nature Singapore. <http://www.springer.com/series/15087>
3. Darmawan, K. C., Shofwan, M., Cahyono, D., & Rahayu, Y. E. (2023). Penggunaan Batu Bronjong Sebagai Alternatif Dinding Penahan Tanah Tower BTS (Base Transceiver Station) Pada Kontur Tanah Miring. *AGREGAT*, 8(1), 831–837.
4. Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)* (N. E. Mochtar & I. B. Mochtar, Penerj.). Erlangga.
5. Fauzi, I. M., & Hamdhan, I. N. (2019). Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotextile Woven Akibat Pengaruh Thermal. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 61–72. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v5i2.61>
6. Gao, L., Wang, N., Rao, F., & Yan, Z. (2021). Structural Form and Main Technical Requirements of Gabion Retaining Wall. *Journal of Physics: Conference Series*, 2044(1), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2044/1/012172>
7. Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). *Fundamentals of Physics* (10th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
8. Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Press.
9. Hardiyatmo, H. C. (2011). *Analisis & Perancangan Fondasi Bagian I*. Gadjah Mada University Press.
10. Haris, V. T., Lubis, F., & Winayati. (2018). Nilai Kohesi dan Sudut Geser Tanah Pada Akses Gerbang Selatan Universitas Lancang Kuning. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 4(2), 123–130. <https://doi.org/10.31849/siklus.v4i2.1143>
11. Ikhsan, N., Fahriani, F., & Apriyanti, Y. (2018). Pengaruh angka poisson dan modulus geser tanah terhadap amplitudo dan frekuensi pada permodelan fondasi blok tidak tertanam untuk mesin diesel. *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)*, 6(2), 88–96. <https://doi.org/10.33019/fropil.v6i2.1294>
12. Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1962). *Soil Mechanics*. John Wiley & Sons.
13. Larson, Ron., & Hostetler, R. P. . (2007). *Trigonometry* (7th ed.). Houghton Mifflin Company.
14. Lie, C. (2018). Kajian modulus tanah berdasarkan uji lapangan dan uji laboratorium. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(1), 45–62. <https://doi.org/10.28932/jts.v14i1.1448>
15. Rahmadini, R., & Tirtakhalisha, T. D. (2022). *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Sheet Pile Menggunakan Plaxis V.8 dan Metode Fellenius (Studi Kasus: Gedung Gandhi Memorial Intercontinental School, Semarang, Jawa Tengah)*. <http://repository.unissula.ac.id/id/eprint/25687>
16. Rahmai, R. A., Jamal, M., & Sutanto, H. (2019). Analisis Stabilitas Lereng Pada Ruas Jalan Samarinda-Balikpapan KM.24 dengan Alternatif Perkuatan Dinding Bronjong dan Geotekstil. *JURNAL TEKNOLOGI SIPIL*, 3(2), 19–27. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30872/ts.v3i2.3255>
17. Setyanto, Ahmad Zakaria, & Giwa Wibawa Permana. (2016). Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsoran Menggunakan Metode Elemen Hingga Plaxis V.8.2 (Studi Kasus : Ruas Jalan Liwa-Simpang Gunung Kemala STA.263+650). *Jurnal Rekayasa*, 20(2), 119–138.
18. SNI 8460:2017. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Badan Standardisasi Nasional. www.bsn.go.id
19. Syaiful, Muhammad, F., Taqwa, L., & Muktadir, R. (2023). Evaluation of failure and design of structural reinforcement for gabion-type retaining walls. *Ibn Khaldun International Journal of Applied Sciences and Sustainability*, 1(1), 69–88. <https://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/>