

STABILITAS LERENG DENGAN MENGGUNAKAN DINDING PENAHAN TANAH PADA RUAS JALAN KEBUN KOPI

SLOPE STABILITY USING RETAINING WALLS ON KEBUN KOPI ROAD SECTIONS

Aprianto M Alwi¹, *Sriyati Ramadhani², Arifin B³.

¹Program Studi Pasca Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako
email: sriyatiramadhani@gmail.com*

Abstrak

Penelitian yang dilakukan Badan Geologi (2020), wilayah Sulawesi Tengah termasuk dalam kategori daerah rawan longsor akibat kombinasi faktor geologi, iklim, dan aktivitas manusia. Khususnya penelitian ini mengkaji longsoran tanah arah jurang pada ruas jalan Kebun Kopi-Toboli. Stabilitas lereng merupakan aspek penting dalam keberlanjutan infrastruktur jalan, khususnya pada ruas jalan Kebun Kopi-Toboli Km 57+100 yang rawan longsor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik tanah, mengevaluasi kondisi kestabilan lereng, serta menilai efektivitas perkuatan Dinding Penahan Tanah (DPT) dalam meningkatkan faktor keamanan. Data tanah diperoleh melalui pengeboran hingga kedalaman 28 m, pengujian laboratorium, dan analisis klasifikasi tanah berdasarkan sistem USCS. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa lapisan tanah terdiri dari ML dan SM pada kedalaman 3,5–24 m, sedangkan pada kedalaman lebih dari 25 m ditemukan lapisan batuan (rock). Tanah tersebut memiliki kohesi rendah ($0,324\text{--}0,399\text{ kg/cm}^2$) dan sudut geser dalam berkisar $20,3^\circ\text{--}29,9^\circ$, sehingga tergolong rawan longsor. Dari hasil analisis stabilitas lereng menggunakan DPT diperoleh faktor keamanan terhadap guling (fs) yaitu 3,429, faktor keamanan terhadap geser (fs) yaitu 4,05 dan stabilitas daya dukung dinding penahan (fs) yaitu 2,571 lebih besar dari faktor keamanan yang disyaratkan yaitu $F_s = 2$. Dengan demikian, metode perkuatan ini direkomendasikan sebagai solusi teknis untuk mitigasi bencana longsor pada ruas jalan Kebun Kopi-Toboli.

Kata kunci: Stabilitas lereng, Klasifikasi tanah, Dinding Penahan Tanah

Abstract

Research conducted by the Geological Agency (2020) found that Central Sulawesi is categorized as a landslide-prone area due to a combination of geological, climatic, and human activity factors. Specifically, this study examined landslides toward the ravine on the Kebun Kopi-Toboli road section. Slope stability is a crucial aspect of road infrastructure sustainability, particularly on the Kebun Kopi-Toboli road section at Km 57+100, which is prone to landslides. This study aims to analyze soil characteristics, evaluate slope stability conditions, and assess the effectiveness of retaining wall reinforcement (DPT) in increasing safety factors. Soil data were obtained through drilling to a depth of 28 m, laboratory testing, and soil classification analysis based on the USCS system. The classification results showed that the soil layer consisted of ML and SM at a depth of 3.5–24 m, while at a depth of more than 25 m a rock layer was found. The soil has low cohesion ($0.324\text{--}0.399\text{ kg/cm}^2$) and an internal friction angle ranging from $20.3^\circ\text{--}29.9^\circ$, so it is classified as prone to landslides. From the results of the slope stability analysis using DPT, the safety factor against overturning (fs) was 3,429, the safety factor against sliding (fs) was 4,05 and the stability of the retaining wall bearing capacity (fs) was 2,571, which is greater than the required safety factor of $F_s = 2$. Thus, this reinforcement method is recommended as a technical solution for landslide disaster mitigation on the Kebun Kopi-Toboli road section.

Keywords: Slope stability, Soil classification, Retaining Walls

PENDAHULUAN

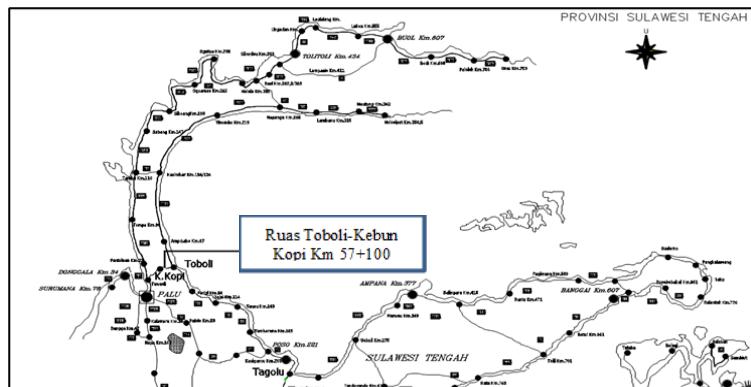
Stabilitas lereng merupakan salah satu aspek kritis dalam perencanaan dan pembangunan infrastruktur jalan, terutama di daerah dengan topografi berbukit atau bergelombang seperti ruas jalan Kebun Kopi-Toboli di Sulawesi Tengah. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Badan Geologi (2020), wilayah Sulawesi Tengah termasuk dalam kategori daerah rawan longsor akibat kombinasi faktor geologi, iklim, dan aktivitas manusia. Permasalahan stabilitas lereng tidak hanya berdampak pada kerusakan infrastruktur, tetapi juga dapat menimbulkan kerugian ekonomi dan sosial yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik tanah, mengevaluasi kondisi kestabilan lereng, serta menilai efektivitas kombinasi perkuatan Dinding Penahan Tanah (DPT) dalam meningkatkan faktor keamanan. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk longsoran arah jurang adalah daya dukung pondasi menggunakan Dinding Penahan Tanah (DPT) sebagai upaya stabilisasi lereng. DPT (Dinding Penahan Tanah) sering digunakan dalam stabilisasi lereng, struktur penahan di tepi jalan, atau wilayah rawan longsor, terutama pada tanah yang kurang stabil. Melalui analisis stabilitas lereng yang komprehensif, diharapkan dapat mengurangi risiko bencana longsor, meningkatkan kualitas infrastruktur jalan, dan mendukung pembangunan yang berkelanjutan di wilayah Kebun Kopi-Toboli.

Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever Pada Lereng Jalan Ponorogo Trenggalej Stasiun 23+600 Menggunakan Program Palxis 2DV8.6. Prasetyo, (2020).

METODE PENELITIAN

Penelitian yang digunakan adalah penelitian survey analitik dan penelitian kuantitatif, yang merupakan survei atau penelitian yang akan mencari berapa faktor keamanan lereng tanpa perkuatan dan ingin melihat seberapa berpengaruhnya penambahan penanganan seperti DPT pada ruas jalan Kebun Kopi-Toboli. Penelitian jenis ini adalah penyelidikan yang hati-hati, sistematis dan terus-menerus terhadap suatu masalah dengan tujuan untuk digunakan dengan segera untuk keperluan tertentu.

Lokasi penelitian berada di lokasi Kecamatan Tanatovea, Kabupaten Donggala, Provinsi Sulawesi Tengah. Secara geografis lokasi penelitian terletak antara $-0^{\circ}43'06,7''$ LS - $120^{\circ}02'41,7''$ BT.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Kebun Kopi KM 57+100.

Peralatan dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Perangkat keras berupa komputer.
2. Perangkat lunak berupa: Microsoft Excel.

Pengumpulan Data Perencanaan

- a. Data primer

Data primer disini adalah data yang didapat dari pengamatan langsung peneliti pada lokasi penelitian seperti peninjauan lokasi dengan bertujuan mengamati situasi lokasi penelitian, mengambil gambar lereng dan koordinat lokasi penelitian.

- b. Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini adalah data yang diperoleh dari Bina Marga Sulawesi Tengah Tahun 2024 pada lereng di ruas jalan Kebun Kopi- Toboli Data sekunder tersebut meliputi:

1. Geometri lereng Km 57+100 pada ruas jalan Kebun Kopi-Toboli.
2. Peta Situasi lereng Km 57+100 pada ruas jalan Kebun Kopi-Toboli.

Data sekunder lainnya diperoleh dari PT Seakan Geoteknik meliputi:

1. Data tanah uji lapangan yaitu hasil pengujian SPT (Standar Penetration Test) dalam bentuk table dan grafik.
2. Data pengujian tanah.

Defenisi Operasional

Lereng

Lereng adalah bagian dari permukaan bumi yang memiliki kemiringan terhadap bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alami, seperti bukit dan tebing sungai, atau diciptakan oleh manusia, seperti galian dan tanggul (Arief, S. 2007).

Parameter Tanah

1. Berat Isi Tanah Tak Jenuh (γ) atau berat isi tanah kering adalah berat tanah utuh (undisturbed) dalam keadaan kering dibagi dengan volume tanah, dinyatakan dalam (g/cm^{-3}).
2. Berat Isi Tanah Jenuh (γ_{sat}) merupakan berat butiran dalam keadaan jenuh termasuk air dan udara dibagi dengan volume total tanah.
3. Berat Jenis Tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. (Head, 2006).
4. Angka pori (Void ratio) didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat. (Head, 2006).
5. Kadar air yang juga disebut sebagai water content didefinisikan sebagai perbandingan antara berat isi dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki. (Head, 2006).
6. Sudut Gesek Dalam (ϕ) merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser di dalam material tanah atau batuan.
7. Kohesi adalah gaya tarik-menarik antar molekul yang sama. Salah satu aspek yang memengaruhi nilai kohesi adalah kerapatan dan jarak antar molekul dalam suatu benda.
8. Modulus young (E_s). Nilai modulus young menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan.
9. Angka Poisson Ration (ν). Untuk mendapatkan nilai-nilai angka Poisson Ration (ν) berdasarkan jenis lapisan tanahnya

Klasifikasi Tanah USCS

Klasifikasi USCS adalah pengelompokan tanah menggunakan sifat-sifat indeks seperti distribusi ukuran butiran, koefisien keseragaman dan batas-batas Atterberg. Pada sistem USCS, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) apabila kurang dari 50% sampel lolos pada sieve ayakan nomor 200, sedangkan tanah berbutir halus (lanau dan lempung) apabila lebih dari 50% sampel lolos pada sieve ayakan nomor 200. (Hardiyatmo, 2017).

Standart Penetration Test (SPT)

Uji penetrasi standar (SPT) merupakan salah satu pengujian tanah lapangan yang dilakukan untuk memperoleh parameter fisik maupun kekuatan tanah. Pada uji SPT akan diperoleh sampel tanah perlapisan tanah dan juga nilai N. Nilai N merupakan jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk penetrasi tabung belah standar sedalam 30,48 cm (Hardiyatmo, 2017).

Dinding Penahan Tanah (DPT)

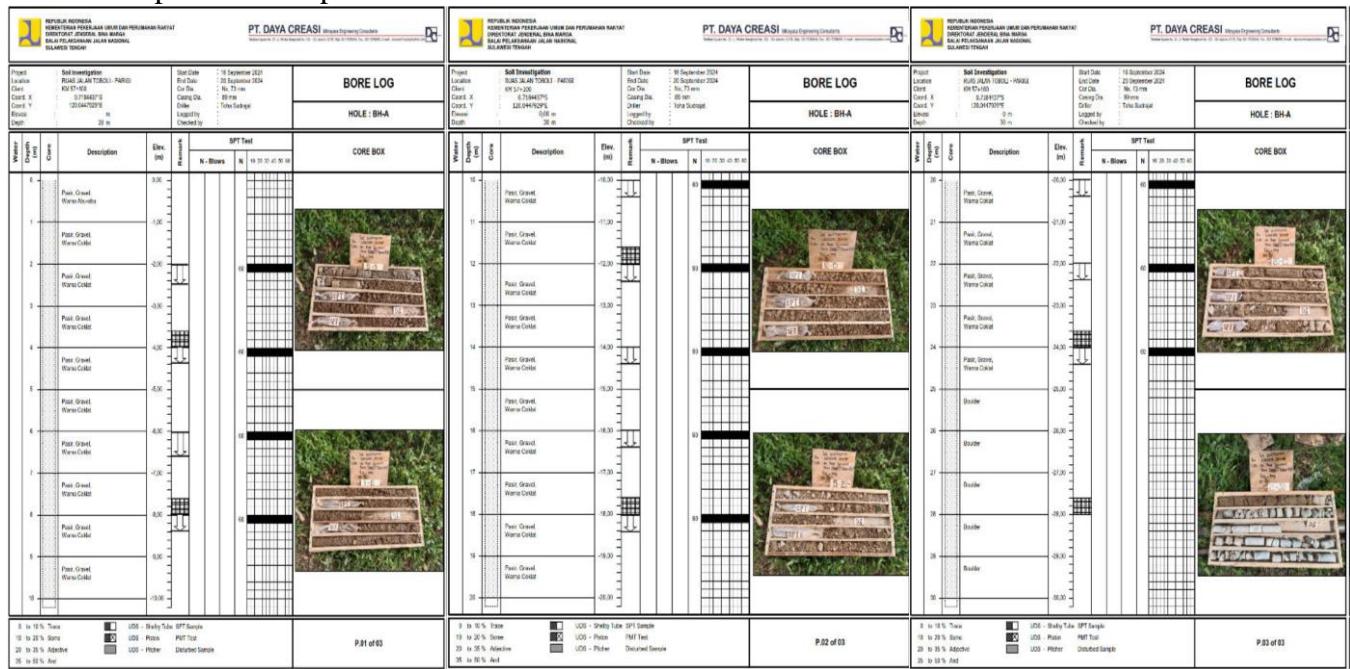
Dinding penahan tanah (Retaining wall) adalah suatu bangunan yang dibangun untuk mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun di tempat di mana kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri, dipengaruhi oleh kondisi gambaran topografi tempat itu, bila dilakukan pekerjaan tanah seperti penanggulangan atau pemotongan tanah. (Sudarmanto, 1996). Secara umum fungsi dari dinding penahan tanah (Retaining wall) adalah untuk menahan besarnya tekanan tanah akibat parameter tanah yang buruk sehingga longsor bisa dicegah, serta untuk melindungi kemiringan tanah dan melengkapi kemiringan dengan pondasi yang kokoh.

Analisis Stabilitas Lereng

Analisis Stabilitas Lereng (Slope Stability Analysis) adalah proses menghitung dan membandingkan tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan longsor yang paling mungkin dengan kekuatan geser dari tanah yang bersangkutan. Menganalisis lereng dengan menghitung faktor keamanan lereng menggunakan data sifat fisik tanah, mekanika tanah, dan geometri lereng. Tujuan utama stabilitas lereng adalah untuk memberikan kompetensi terhadap suatu perencanaan konstruksi yang aman dan ekonomis (Zakaria, 2009). Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng yaitu kondisi tanah yang berlapis lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah. Akibat dari faktor-faktor tersebut sehingga mendorong terjadinya pergerakan lereng yaitu topografi, kondisi geologi (litologi dan struktur geologi), hidrogeologi lereng, karakteristik tanah batuan, vegetasi, gempa bumi, iklim dan erosi. (Satwarnirat, dkk. 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data N-spt Kebun Kopi Km 57+100



Gambar 2. Data Hasil pengujian Standar Penetration Test (SPT) (PT. Daya Creasi, 2024)

Tabel 1.Klasifikasi Karakteristik tanah KM 57+100 berdasarkan USCS

Kedalaman (m)	Deskripsi Singkat	Klasifikasi USCS	Simbol
0 – 6	Pasir dengan kerikil, non-kohesif, $\phi \approx 20^\circ$	Poorly Graded Sand	SP
7,5 – 8	Lanau berplastisitas rendah ($LL \approx 18-19$, $IP \approx 8-9$)	Low Plasticity Silt	ML
11,5 – 12	Pasir dominan dengan fraksi lanau kecil, IP rendah/NP	Silty Sand	SM

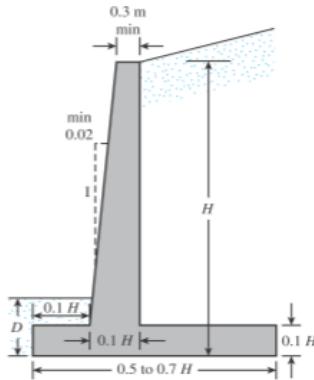
Kedalaman (m)	Deskripsi Singkat	Klasifikasi USCS	Simbol
17,5 – 18	Pasir dominan dengan sedikit lanau, IP rendah/NP	Silty Sand	SM
23,5 – 24	Lanau dominan, LL \approx 23, IP \approx 11	Low–Medium Plasticity Silt	ML
25 – 30	Material batuan besar (boulder)	Tidak terkласifikasi (Rock)	–

Tabel 2. Data Perencanaan dan parameter tanah

No	Jenis Parameter	Satuan	Nilai
1	Tanah timbunan		
	Berat volume tanah basah (γ)	KN/m ³	17,00
	Kohesi	KN/m ²	5,00
	Sudet geser dalam (ϕ)	°	30,00
	Kemiringan Timbunan (α)	°	8,20
2	Tanah Dasar		
	Berat volume tanah basah (γ)	KN/m ³	12,10
	Kohesi	KN/m ²	3,35
	Sudet geser dalam (ϕ)	°	20,37
	Tinggi Tanah Depan Dinding (D)	m	5,00

Untuk perkiraan awal dimensi dinding penahan tanah tipe katilever yang di nyatakan sebagai fungsi dari tinggi H . Untuk tinggi H di tentukan dengan cara trial and error maximal ketinggian dinding penahan max 5 m.

$$\begin{aligned}
 H &= 5 \text{ m} \\
 H1 &= 0,1 \cdot H = 0,1 \cdot 5 = 0,5 \text{ m} \\
 H2 &= H - H1 = 5 - 0,5 = 4,5 \text{ m} \\
 H3 &= B3 \cdot \tan\alpha = 2,5 \cdot \tan 8,2 = 0,36 \text{ m} \\
 H' &= H + H3 = 5 + 0,3603 = 5,360 \text{ m} \\
 B &= 0,7 \cdot H = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ m} \\
 B1 &= 0,1 \cdot H = 0,1 \cdot 5 = 0,5 \text{ m} \\
 B2 &= 0,1 \cdot H = 0,1 \cdot 5 = 0,5 \text{ m} \\
 B3 &= B \cdot (B1 + B2) = 3,5 \cdot (0,5 + 0,5) = 2,5 \text{ m} \\
 B4 &= 0,4 \text{ m} & 0,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 2. Dimensi Dinding Penahan Tanah

Setelah diperoleh dimensi dinding penahan tanah selanjutnya menghitung slope DPT dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Slope = \frac{B2 - B4}{H2}$$

Maka:

$$Slope = \frac{0,5 - 0,4}{4,5} = 0,02 \text{ Aman}$$

Menghitung tekanan tanah aktif dan pasif tanah

Untuk Koefisien tanah aktiv dapat menggunakan persamaan sebagai berikut

$$Ka = \cos \alpha \cdot \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi}}$$

Maka nilai Ka adalah:

$$Ka = \cos 8^\circ \cdot \frac{\cos 8^\circ - \sqrt{\cos^2 8^\circ - \cos^2 30^\circ}}{\cos 8^\circ + \sqrt{\cos^2 8^\circ - \cos^2 30^\circ}} = 0,344$$

Tekanan tanah akibat timbunan dimana dihitung dengan persamaan:

$$Pa1 = \frac{1}{2} \cdot y \cdot H^2 \cdot Ka \cdot 2C \cdot H' \cdot \sqrt{Ka}$$

Maka nilai Pa1 akibat tanah timbunan adalah:

$$Pa1 = \frac{1}{2} \cdot 17 \cdot 28,732 \cdot 0,344 \cdot 10 \cdot 5,36 \cdot 0,587 = 52,574 \text{ kN}$$

Menghitung tekanan akibat beban merata Pa2 dengan menggunakan persamaan:

$$Pa2 = q \cdot H' \cdot Ka$$

Maka nilai Pa2 akibat beban merata adalah:

$$Pa2 = 25 \cdot 5,36026 \cdot 0,344 = 46,098 \text{ kN}$$

Maka hasil untuk nilai Pa adalah:

$$Pa = Pa1 + Pa2 = 52,574 + 46,098 = 98,672 \text{ kN}$$

Karena ada kemiringan tanah $\alpha = 8^\circ$

Maka:

$$PaH = Pa \cdot \cos \alpha = 98,672 \cdot \cos 8^\circ = 97,663 \text{ kN}$$

$$PaV = Pa \cdot \sin \alpha = 98,672 \cdot \sin 8^\circ = 14,073 \text{ kN}$$

Mencari lokasi resultan gaya dengan mengambil momen terhadap datar dimana menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Zrata = \frac{Pa1 \cdot Z1 + Pa2 \cdot Z2}{Pa}$$

Maka nilai Zrata-rata adalah:

$$Zrata = \frac{52,574 \cdot 5/3 + 46,098 \cdot 5/2}{98,672} = 2,056 \text{ m}$$

Menghitung tekanan tanah pasif (Tanah Setempat)

Koefisien tekanan tanah pasif menggunakan persamaan berikut:

$$Kp = \cos \alpha \cdot \frac{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi}}{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi}}$$

Maka nilai koefisien Tekanan Tanah Pasif adalah:

$$K_a = \cos \alpha \cdot \frac{\cos 8 + \sqrt{\cos^2 8 - \cos^2 20}}{\cos 8 - \sqrt{\cos^2 8 - \cos^2 20}} = 1,924$$

Dari perhitungan tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif menggunakan teori Rankine, diperoleh:

Tekanan tanah aktif (Pa)	=	98,672 kN
Tekanan tanah pasif (Pp)	=	337,544 kN
Gaya tekanan aktif akibat beban merata (q)	=	46,098 kN

Mencari nilai Q dimana:

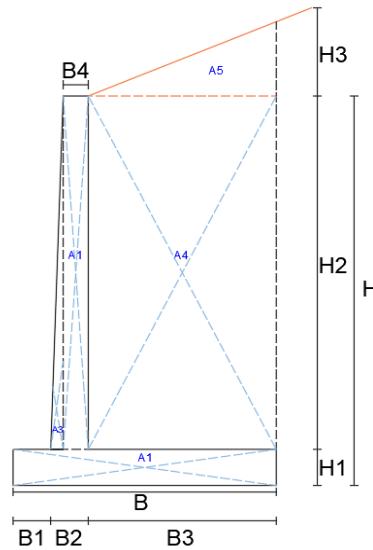
$$q = 25 \text{ kN}$$

$$y = \frac{B3}{\cos \alpha} = \frac{2,5}{\cos 8,2} = 1,263$$

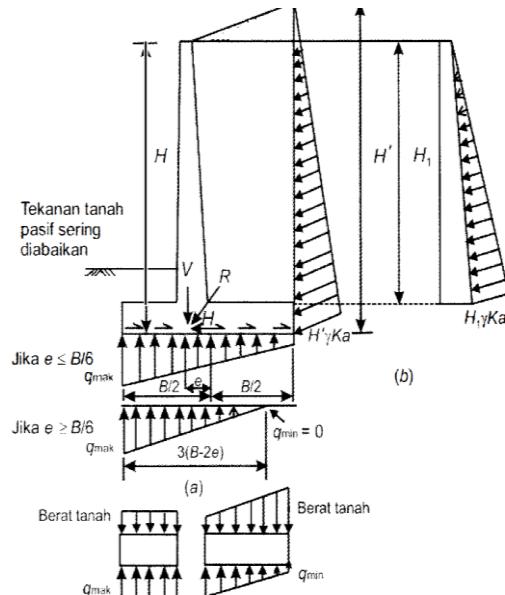
$$Qv = q \cdot x = 25 \cdot 2,526 = 63,146$$

Tabel 3. Luasan Segmen Dinding Penahan Tanah

Segmen	A (m ²)		W (kN/m)	Jarak momen dari titik 0 (X)	Momen terhadap titik 0 (X)
1	B x H1	1,750	42,000	1,750	73,500
2	B4 x H2	1,800	43,200	0,750	32,400
3	½ x (B2-B4) x H2	0,225	5,400	0,567	3,063
4	B3 x B2	11,250	191,250	2,250	430,313
5	B1 x D	2,500	30,250	0,250	7,563
6	Q	63,146	25,000	2,250	56,250
7	Pav	14,073		3,500	49,257
Σ		80,671	351,173	11,317	652,342



Gambar 3. Pembagian Segmen Dinding Penahan Tanah



Gambar 4. Pengaruh Gaya Akibat Beban Yang Terjadi Pada Dinding Penahan

Dimana:

$$\begin{aligned}
 \gamma_{\text{beton}} &= 24 \text{ kN/m} \\
 \gamma_{\text{timbunan}} &= 17,000 \text{ kN/m}^3 \\
 \gamma_{\text{tanah setempat}} &= 12,100 \text{ kN/m}^3
 \end{aligned}$$

Kontrol stabilitas dinding penahan tanah

Menghitung stabilitas terhadap guling ($F_s > 2$), dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sum Mo = PaH \cdot Z$$

Maka:

$$\sum Mo = PaH \cdot Z = 97,663 \cdot 2,056 = 200,793 \text{ kN}$$

Sehingga nilai F_s terhadap guling adalah:

$$F_s = \frac{\sum MR}{\sum Mo} = \frac{652,342}{200,793} = 3,249 \text{ Aman} > 2$$

Kontrol stabilitas terhadap geser ($F_s > 1,5$), dimana faktor reduksi $1/2 - 2/3$

$$K1=K2 = 2/3 = 0,67$$

Sehingga nilai F_s terhadap stabilitas geser adalah:

$$F_s = \frac{\sum W \cdot \tan . K1 \cdot \phi 2 + B \cdot K2 \cdot C2 + Pp}{Pa \cos \alpha}$$

$$F_s = \frac{332,229 \cdot \tan . 0,667 \cdot 20 + 3,5 \cdot 0,667 \cdot 3,350 + 337,544}{97,663}$$

$$F_s = 4,05 \text{ Aman } F_s > 1,5$$

Menghitung stabilitas terhadap daya dukung ($F_s > 1,5$)

Titik kerja resultan (R) dihitung dari titik 0 dengan menggunakan persamaan di bawah ini adalah:

$$d = \frac{\sum MR - \sum Mo}{\sum W}$$

Maka:

$$d = \frac{652,342 - 200,793}{351,173} = 1,286$$

Menentukan nilai eksinrisitas (e), dengan menggunakan persamaan berikut:

$$e = \frac{B}{2} \cdot d$$

Maka nilai eksinrisitas dari dinding penahan adalah:

$$e = \frac{B}{2} \cdot d = \frac{3,5}{2} \cdot 1,285 = 0,464$$

Kontrol:

$$e = \frac{B}{6} = 0,464 < 0,583, \text{Aman}$$

Sehingga nilai eksinrisitas terhadap dinding penahan kategori aman.

Menghitung stabilitas keamanan terhadap stabilitas daya dukung tanah dengan menggunakan Teori Terzaghi untuk mengetahui nilai q_{maks} dan nilai q_{min} dimana persamaan yang digunakan adalah:

$$q_{maks} = \frac{\sum V}{B} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B}\right)$$

Sehingga nilai q_{maks} adalah:

$$q_{maks} = \frac{351,173}{3,5} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,464}{3,5}\right) = 180,174$$

Untuk q_{min} digunakan persamaan:

$$q_{min} = \frac{\sum V}{B} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot e}{B}\right)$$

Sehingga nilai q_{min} adalah:

$$q_{min} = \frac{351,173}{3,5} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot 0,464}{3,5}\right) = 20,496$$

Maka faktor keamanan (F_s) terhadap daya dukung adalah:

$$qult = C2 \cdot Nc \cdot Fcd \cdot Fci + qNq \cdot Fqd \cdot Fqi + 1 \cdot \gamma 2 \cdot B' \cdot Ny \cdot Fyd \cdot Fyi$$

Dimana:

$$\alpha = 8,2$$

$$\begin{aligned}
 C2 &= 3,35 \\
 \varphi_2 &= 20,37 \\
 \gamma_2 &= 12,1 \\
 q &= \gamma_2 \cdot D = 12,100 \cdot 5 = 60,5 \\
 B' &= B - e = 3,5 - 0,464 = 3,036
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel bearing capacity factors Meyerhof, dengan $\varphi_2 = 20,37$

$$\begin{aligned}
 N_c &= 15,196 \\
 N_q &= 6,648 \\
 N_y &= 3,075
 \end{aligned}$$

Faktor koreksi kedalaman dimana:

$$\begin{aligned}
 \varphi_2 &> 0 \\
 20 &> 0, \text{ Aman}
 \end{aligned}$$

Menghitung F_{qd} , F_{cd} , dan F_{yd} dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F_{cd} &= -\frac{1 - F_{qd}}{N_c \cdot \tan \varphi_2} \\
 F_{qd} &= 1 + 2 \cdot \tan \varphi_2 (1 - \sin \varphi_2) \cdot 2 \cdot \frac{D}{B'} \\
 F_{yd} &= 1
 \end{aligned}$$

Maka nilai F_{qd} , F_{cd} , dan F_{yd} adalah:

$$\begin{aligned}
 F_{qd} &= 1 + 2 \cdot \tan 20,37 (1 - \sin 20,37) \cdot 2 \cdot \frac{0}{3,172} = 1,000 \\
 F_{cd} &= 1,000 - \frac{1 - 1,000}{15,196 \cdot \tan 20,37} = 1,000 \\
 F_{yd} &= 1
 \end{aligned}$$

Menghitung faktor kemiringan beban

$$\begin{aligned}
 \psi &= \tan^{-1} \left(\frac{P_a \cdot \cos \alpha}{\sum v} \right) \\
 F_{ci} &= F_{qi} = 1 - \left(\frac{\psi}{90} \right)^2 \\
 F_{yi} &= 1 - \left(\frac{\psi}{\varphi_2} \right)^2
 \end{aligned}$$

Maka nilai faktor kemiringan beban adalah:

$$\begin{aligned}
 \psi &= \tan^{-1} \left(\frac{98,672 \cdot \cos 8,2}{351,173} \right) = 15,541 \\
 F_{ci} &= F_{qi} = 1 - \left(\frac{15,541}{90} \right)^2 = 0,970 \\
 F_{yi} &= 1 - \left(\frac{15,541}{20,366} \right)^2 = 0,582
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai q_u , setelah diperoleh nilai faktor kemiringan beban maka nilai q_u yang diperoleh adalah:

$$\begin{aligned}
 q_u &= C_2 \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 1 \cdot \gamma_2 \cdot B' \cdot N_y \cdot F_{yd} \cdot F_{yi} \\
 q_u &= 3,350 \cdot 15,196 \cdot 1,000 \cdot 0,970 + 402,198 \cdot 1,000 \cdot 0,970 \\
 &\quad + 0,5 \cdot 12,100 \cdot 3,036 \cdot 3,075 \cdot 1,000 \cdot 0,418 \\
 q_u &= 463,179 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka stabilitas daya dukung dinding penahan adalah:

$$\frac{q_u}{q_{maks}} > 2$$

$$Fs = \frac{463,179}{180,174} > 2$$

$$Fs = 2,571 > 2, . Aman$$

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Dinding Penahan

Dinding Penahan Tanah BH A	
Tinggi dinding penahan (H)	5,00 m
Tinggi tanah depan dinding (D)	5,00 m
Beban merata (q)	25,00 kN/m ²
Tekanan tanah aktif (Pa)	98,672 kN
Tekanan tanah pasif (Pp)	337,544 kN
Gaya tekanan akibat beban merata	46,098 kN
Momen guling (Mo)	200,793 kN
Momen resultan gaya (MR)	652,342 kN
Faktor keamanan terhadap guling (Fs)	3,249
Faktor keamanan terhadap geser (fs)	4,05
Nilai eksinrisitas (e)	0,464
Beban maksimum (qmaks)	180,174 kN
Beban minimum (qmin)	20,496 kN
Beban Ultimit (qult)	463,179 kN

KESIMPULAN

1. Karakteristik Tanah pada Ruas Jalan Kebun-kopi Toboli KM57+100

Berdasarkan hasil klasifikasi USCS, lapisan tanah pada kedalaman 0–6 m termasuk dalam kelompok SP (Poorly Graded Sand) yang bersifat non-kohesif dan berpermeabilitas tinggi sehingga relatif mudah mengalami erosi. Pada kedalaman 7,5–8 m ditemukan tanah ML (Low Plasticity Silt) yang memiliki plastisitas rendah dan peka terhadap kadar air. Lapisan 11,5–12 m serta 17,5–18 m dikategorikan sebagai SM (Silty Sand), yaitu tanah pasir dengan fraksi halus yang menurunkan permeabilitas dan meningkatkan kompresibilitas. Pada kedalaman 23,5–24 m kembali ditemukan lapisan ML (Low to Medium Plasticity Silt) yang memiliki sifat kohesif lebih besar dibanding lapisan di atasnya. Sementara itu, lapisan terdalam pada kedalaman 25–30 m berupa material batuan (rock) yang tidak termasuk dalam sistem klasifikasi USCS.

2. Stabilitas Lereng menggunakan DPT pada Ruas Jalan Kebun Km 57+100

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa nilai tekanan tanah aktif yaitu 98,672 kN dan nilai tekanan tanah pasif yaitu 337,544 kN. Stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling (fs) yaitu 3,429, Stabilitas dinding penahan tanah terhadap geser (fs) yaitu 4,05 dan stabilitas daya dukung dinding penahan (fs) yaitu 2,571 lebih besar dari faktor keamanan yang disyaratkan yaitu Fs = 2.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, S. (2007). Analisis Kestabilan Lereng. Inco Soroako.
- Badan Geologi. (2020). Peta Zona Kerentanan Longsor Indonesia. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Sulawesi Tengah (2019). Laporan Kerusakan Infrastruktur Jalan Akibat Longsor. Pemerintah Provinsi Sulawesi Tengah.
- Bowles, J. E. (1989). Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Erlangga, Jakarta.
- Bowles, J. E., & Guo, Y. (1996). *Foundation analysis and design* (Vol. 5, p. 127). New York: McGraw-hill.
- Coduto, D. P. (1994). *Foundation Design: Principles and Practices*.

- Das, B. M. (2017). *Shallow foundations: Bearing capacity and settlement*. CRC press.
- Das, B., M. dan Sobhan, K. (2014). *Principles of Geotechnical Engineering Tenth Edition*. California State University, USA.
- Hardiyatmo, CH. (2017). Mekanika Tanah I dan Mekanika Tanah 2. Gramedia Pustaka Umum, Jakarta
- Head, K. H., (2006). *Manual of Soil Laboratory Testing*. Vol. 3. *Effetive Stress Test*. Vol. 3*Effetive Stress Test Pt. 1 Volume 1 3rd Edition*. Whittles Publishing
- Indonesia, S. N. (2017). Persyaratan perancangan geoteknik. *SNI, 8460, 2017*.
- Marga, B. (2020). Penanganan Longsoran Kebon Kopi Sulawesi Tengah Desember 2020.
- Marga, B. (2024). Preservasi jalan Penanganan Longsoran Bahu Jalan Kebon Kopi Sulawesi Tengah Tahun Anggaran 2024.