

## PERENCANAAN TEMBOK PENAHAN TANAH DIRUAS JALAN SELOGABUS-MALO DESA TANGGIR KECAMATAN MALO KABUPATEN BOJONEGORO

Moch. Erian Fahmizaqha<sup>1</sup>, Ichwan Hadi Saputra<sup>2</sup>, Mrabawani Insan Rendra<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Universitas Bojonegoro / Fakultas Teknik-Universitas Bojonegoro (penulis 1)

Alamat korespondensi :  
email: riansyechermania@gmail.com

<sup>2</sup>Universitas Bojonegoro / Fakultas Teknik-Universitas Bojonegoro (penulis 2)

Alamatkorespondensi :  
email: ichwan@unigoro.ac.id

<sup>3</sup>Universitas Bojonegoro / Fakultas Teknik-Universitas Bojonegoro (penulis 3)

Alamatkorespondensi :  
email: [M.insanrendra@gmail.com](mailto:M.insanrendra@gmail.com)

### Abstract

*Tanggir Village is a village in a hilly area in Malo District, Bojonegoro Regency. Along the north side of the road there is a forestry area in the Parengan Tuban area and on the south side it is parallel to the Bengawan Solo river. One of the factors that caused damage to the road was the run off of the rainwater flow from the Perhutani hills leading to the road body, and also the overflow of the Bengawan Solo River water discharge created a saturated condition and the instability of the road body. The purpose of this study was to plan a cantilever type retaining wall and to know the calculation of the dimensions of the retaining wall structure, the results of the analysis of the retaining wall on overturning forces, shear forces, and soil carrying capacity. The dimensions of the retaining wall are 3m high and 1.8m wide. This study uses the Rankine method for calculating soil pressure and stability against overturning and shearing, the results meet the safe category against overturning =  $0.290 < 0.30$  (Safe), and against displacement =  $2.331 > 1.50$  (Safe). Terzaghi method is used to calculate the bearing capacity of the soil, and the result is safe for the soil bearing capacity =  $34,402 \text{ kN/m}^3 > Q_{\text{max}} 9,744$  (Safe). The structural reinforcement used is the main reinforcement for vertical walls = D 19 distance of 250 mm, Shear reinforcement for vertical walls = D 13 distance of 250 mm, Reinforcement for vertical walls = D 13 distance of 250 mm, Main reinforcement on the leg plate = D 19 distance of 200 mm, Shear reinforcement on the leg plate = D 13 250 mm distance, Reinforcement for the leg plate = D 13 250 mm distance.*

**Keywords:** Retaining wall, Run Off, Soil stability.

Desa Tanggir merupakan salah satu desa didaerah perbukitan di Kecamatan Malo Kabupaten Bojonegoro. Disepanjang sisi utara jalan terdapat kawasan perhutani wilayah parengan tuban dan sisi selatan sejajar dengan aliran sungai bengawan solo. Faktor yang menyebabkan kerusakan pada jalan salah satunya Run off aliran air hujan dari perbukitan perhutani mengarah ke badan jalan dan juga debit air sungai bengawan solo meluap membuat kondisi jenuh dan ketidak-stabilan badan jalan. Tujuan penelitian ini adalah untuk merencanakan tembok penahan tanah dengan tipe kantilever dan mengetahui perhitungan dimensi struktur tembok penahan tanah, hasil analisis tembok penahan tanah terhadap gaya guling, gaya geser, dan daya dukung tanah. Dimensi tembok penahan tanah dengan tinggi 3m dan lebar alas 1,8m. Penelitian ini menggunakan metode Rankine untuk perhitungan tekanan tanah dan stabilitas terhadap guling dan geser, hasilnya memenuhi kategori aman terhadap penggulingan =  $0,290 < 0,30$  (Aman), dan terhadap pergeseran =  $2,331 > 1,50$  (Aman). Digunakan metode Terzaghi untuk perhitungan daya dukung tanah, dan hasilnya aman terhadap daya dukung tanah =  $34,402 \text{ kN/m}^3 > Q_{\text{max}} 9,744$  (Aman). Tulangan struktur yang digunakan adalah Tulangan utama dinding vertikal = D 19 jarak 250 mm, Tulangan geser dinding vertikal = D 13 jarak 250 mm, Tulangan bagi pada dinding vertikal = D 13 jarak 250 mm, Tulangan utama pada plat kaki = D 19 jarak 200 mm, Tulangan geser pada plat kaki = D 13 jarak 250 mm, Tulangan bagi pada plat kaki = D 13 jarak 250 mm.

**Kata kunci:** Tembok penahan tanah, Run Off, Stabilitas tanah.

**PENDAHULUAN**

Desa Tanggir merupakan salah satu desa yang berada didaerah perbukitan di Kecamatan Malo Kabupaten Bojonegoro. Desa Tanggir itu dilewati oleh jalan poros utama kecamatan jurusan Malo-Trucuk, yaitu jalan yang menghubungkan Desa Tanggir Kecamatan Malo dengan Desa Kanten Kecamatan Trucuk. Disepanjang sisi utara jalan terdapat kawasan perhutani wilayah parengan tuban dan sisi selatan sejajar dengan aliran sungai bengawan solo. Dalam musim hujan ada beberapa faktor yang menyebabkan kerusakan pada jalan dan juga longsor yang hampir terjadi setiap tahun. Salah satunya adalah *Run off* aliran air hujan dari perbukitan perhutani mengarah ke badan jalan, dikarenakan berkurangnya kapasitas tanah untuk menyimpan air hujan kedalam tanah sehingga terjadi longsor dan juga debit air sungai bengawan solo meluap membuat kondisi jenuh dan ketidak-stabilan badan jalan sebagai akses penghubung antar kecamatan. Yang mana pada banjir puncaknya pada tahun 2007 yang berdampak pada longsornya tanah didaerah tersebut. Untuk menanggulangi kerusakan jalan akibat tanah longsor dan menjaga kestabilan badan jalan akibat pasang surut air bengawan maka diperlukan tindakan yang tepat, salah satunya adalah dengan pembuatan tembok penahan tanah.

Tembok penahan tanah merupakan suatu struktur konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah yang mempunyai kemiringan dimana kemantapan tanah tersebut tidak dapat dijamin oleh tanah itu sendiri (Hasibuan, E.A, 2021). Bangunan tembok penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urugan atau tanah asli yang labil akibat kondisi topografinya (Setiawan, H, 2011). Selain itu merupakan komponen struktur bangunan penting untuk jalan raya dan bangunan lingkungan lainnya yang berhubungan dengan tanah berkontur atau tanah yang memiliki elevasi berbeda (Santoso, B.D, 2017). Tembok penahan tanah dapat dikatakan aman, apabila tembok penahan tanah tersebut telah diperhitungkan faktor keamanannya, baik terhadap bahaya pergeseran, bahaya guling, serta penurunan daya dukung tanah (Nenohai, I.F, 2017). Pada tembok penahan, perhitungan stabilitas merupakan salah satu aspek yang tidak boleh diabaikan maupun dikesampingkan, karena stabilitas tembok penahan sangat mempengaruhi usia tembok penahan itu sendiri, keamanan bangunan bendung, serta kondisi tanah disekitar tembok penahan tanah tersebut (Santoso, B.D, 2017). Maka dalam hal itu, akan dilakukan analisis stabilitas tembok penahan tanah tipe kantilever untuk meningkatkan stabilitas tanah diruas jalan Selogabus-Malo Desa Tanggir Kecamatan Malo Kabupaten Bojonegoro.

**METODE PENELITIAN**

• **Tekanan tanah lateral**

Menghitung tekanan tanah aktif menurut teori Rankine, untuk tanah berpasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada satuan lebar dinding akibat tekanan tanah aktif pada dinding setinggi H dapat dinyatakan dalam persamaan berikut (Hardiyatmo, 2003) :

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \dots \dots \dots (1)$$

Dimana harga  $K_a$  untuk tanah datar adalah :

$$K_a = \text{Koefisien tanah aktif} = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2)$$

$\gamma$  = Berat isi tanah (kN/m<sup>3</sup>)

H = Tinggi dinding (m)

$\phi$  = sudut geser tanah ( ° )

Adapun langkah yang dipakai untuk tanah urugan di belakang tembok apabila berkohesi (Kohesi adalah lekatan antara butir-butir tanah, sehingga kohesi mempunyai pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah sebesar  $2c \sqrt{k_a}$ ), maka tegangan utama arah horizontal untuk kondisi aktif adalah :

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a + 2c \sqrt{K_a} H \dots \dots \dots (3)$$

Sedangkan menghitung tekanan tanah pasif menurut teori rankine, untuk tanah pasir tidak kohesif, besarnya gaya lateral pada dinding akibat tekanan tanah pasif setinggi H dapat dinyatakan (Hardiyatmo, 2003) :

$$Pp = 1/2 \gamma H^2 K_p \dots \dots \dots (4)$$

Dimana harga  $K_p$  untuk tanah datar adalah :

$$Kp = \text{Koefisien tanah pasif} = (1 + \sin\phi) / (1 - \sin\phi) \tan^2 (45^\circ - \phi/2) \dots (5)$$

$\gamma$  = Berat isi tanah (kN/m<sup>3</sup>)

H = Tinggi dinding (m)

$\phi$  = sudut geser tanah (°)

Adapun langkah yang dipakai untuk tanah berkohesi, maka tegangan utama arah horisontal untuk kondisi pasif adalah :

$$Pp = 1/2 \gamma H^2 Kp + 2c \sqrt{Kp} H \dots (6)$$

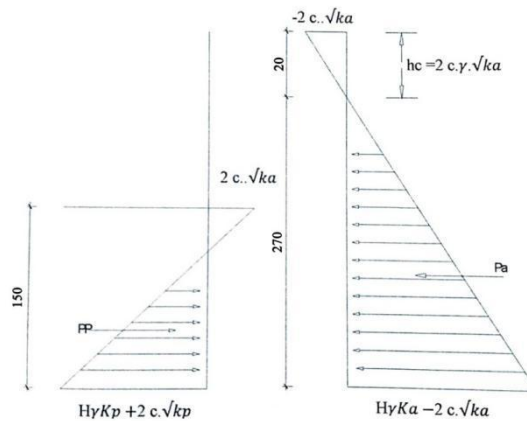
• **Tekanan akibat beban titik**

Didalam praktek, beban titik dapat berupa beban kendaraan, tembok penahan tanah (beton) dan lain-lain. Untuk beban titik  $\sigma_h$  dihitung dengan persamaan Bossinesq ( Spangler, 1936).

$$\sigma_h = \frac{0,28.P}{H^2} \frac{n^2}{(0,16+n^2)^3} \text{ Untuk } m \leq 0,4 \dots (7)$$

• **Stabilitas dinding pengguling**

Pada gambar 1 dibawah ini, diperlihatkan diagram tekanan tanah pada tembok penahan tanah yang akan ditinjau, dalam hal ini adalah tembok penahan tanah tipe kantilever (asumsi tekanan tanah dihitung dengan rumus Rankine).



**Gambar 1. Diagram tekanan tanah untuk tembok kantilever**

Sumber : Hardiyatmo, (2003)

Faktor keamanan terhadap guling didefinisikan sebagai (ditinjau dari kaki/titik O pada gambar)

$$FS \text{ guling} = \frac{\Sigma MR}{\Sigma MO} \dots (8)$$

Dimana :

$\Sigma MO$  = jumlah momen dari gaya-gaya yang menyebabkan momen pada titik O

$\Sigma MR$  = jumlah momen yang menahan guling terhadap titik O

Momen yang menghasilkan guling :

$$\Sigma MO = Ph \frac{H}{3} \dots (9)$$

Dimana tekanan tanah horisontal, Ph = Pa tekanan tanah aktif (apabila permukaan tanah datar)

Momen menahan guling :

Prosedur perhitungan dapat dilakukan seperti pada tabel 1 berikut :

**Tabel 1. Momen menahan guling**

Bagian (1)	Luas (2)	Berat perunit panjang (3)	Jarak momen dari titik O (4)	Momen terhadap titik O (5)
G1	A1	W1=γa*A1	X1	M1
G2	A2	W1=γb*A2	X2	M2
G3	A3	W1=γb*A3	X3	M3

G4	A4	W1=γb*A4	X4	M4
		ΣV		Σ
				MR

Sumber : Buku Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi (2000)

Catatan : γa = berat vol. tanah  
 γb = berat vol. beton

Jadi, faktor keamanannya adalah :

$$F_s \text{ guling} = d = \frac{\Sigma Mr - \Sigma M_o}{\Sigma W} \dots\dots\dots(10)$$

Besarnya eksentritas terhitung dari tengah plat lantai ke titik kerja adalah

$$e = \frac{B}{2} - d < \frac{B}{6} = \frac{2,40}{6} = 0,40 \text{ m.}$$

● **Stabilitas terhadap pergeseran**

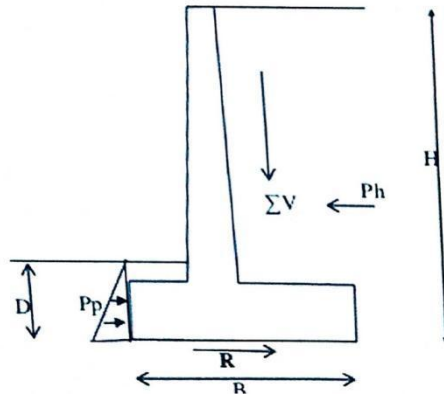
Faktor keamanan tetrahadap stabilitas geser dapat dinyatakan dengan rumus :

$$F_s \text{ geser} = \frac{\Sigma FR}{\Sigma Fd} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana :

ΣFR = jumlah gaya-gaya yang menahan gaya-gaya horisontal

ΣFd = jumlah gaya-gaya yang mendorong.



**Gambar 2. kontrol terhadap pergeseran dasar dinding**

Sumber : Sosrodarsono S, Dkk, (2000)

Dari gambar 2 diatas, kekuatan geser tanah pada bagian dasar dinding:

$$s = \sigma \tan \delta + ca \dots\dots\dots(12)$$

dimana :

δ = sudut geser antara tanah dengan dasar dinding

ca = adhesi antara tanah dengan dasar dinding

Gaya yang menahan pada bagian dasar dinding :

$$R = s (\text{luas penampang alas}) = s (B \times 1) = B \sigma \tan \delta + Bca$$

$$B = \sigma = \text{jumlah gaya-gaya vertikal} = \Sigma V \text{ (tabel 2.1)}$$

$$\text{jadi, } R = (\Sigma V) \tan \delta + Bca$$

Gambar 1.2 menunjukkan bahwa Pp juga merupakan gaya menahan Horisontal, sehingga :

$$\Sigma FR = (\Sigma V) \tan \delta + Bca + Pp \text{ dan } Fd = Ph$$

$$F_s \text{ geser} = (\Sigma V) \tan \delta + Bca + Pp \text{ Ph} \dots\dots\dots(13)$$

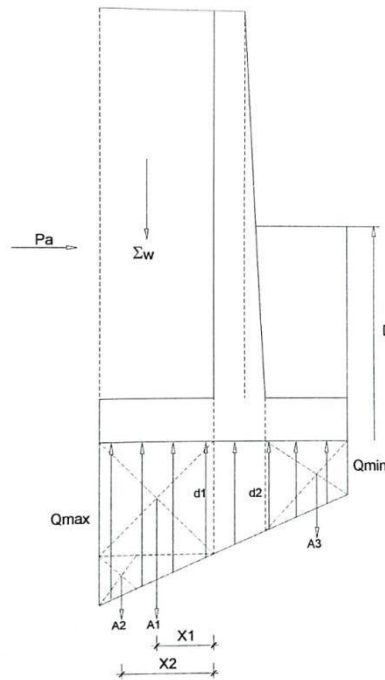
Batas minimum yang diizinkan untuk faktor keamanan geser adalah 1,5 pada banyak kasus, Pp digunakan untuk menghitung faktor keamanan terhadap geser, dimana sudut geser φ dan kohesi c juga direduksi μ adalah koefisien gesekan antara dasar tembok penahan tanah dan tanah pondasi.

$$F_s \text{ geser} = \frac{W \cdot \mu}{Pa} \dots\dots\dots(14)$$

Dimana :

W = Beban gaya-gaya yang menahan gaya-gaya horisontal.

• **Stabilitas terhadap keruntuhan daya dukung tanah**



**Gambar 3. Kontrol terhadap keruntuhan daya dukung**

Sumber : Sosrodarsono S, Dkk, (2000)

Momen pada titik C

$M_{net} = \Sigma MR - \Sigma Mo$  ( $\Sigma MR$  dan  $\Sigma Mo$  diperoleh dari stabilitas penggulingan) jika resultan pada dasar dinding berada pada titik E

$$CE = X = \frac{M_{net}}{\Sigma W}$$

Eksentrisitas dapat diperoleh dari

$$e = \frac{B}{2} - CE$$

atau

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma MR - \Sigma Mo}{\Sigma W}$$

Distribusi tekanan pada dasar tembok penahan dapat dihitung sebagai berikut :

$$q = \frac{\Sigma W}{A} + \frac{M_{net} y}{I}$$

dimana :  $M_{net} = (\Sigma W)e$

$$I = (1/12)(1)(B^3)$$

Untuk nilai maksimum dan minimum,  $y = B/2$

$$q_{max} = \frac{\Sigma W}{B} \left[ 1 + \frac{6e}{B} \right] \dots \dots \dots (15)$$

$$q_{min} = \frac{\Sigma W}{B} \left[ 1 - \frac{6e}{B} \right] \dots \dots \dots (16)$$

Menghitung daya dukung tanah, rumus daya dukung tanah menurut Terzaghi. Maka tanah dikategorikan tanah lempung sehingga rumus daya dukung tanah yang dipakai adalah :

$$q_{ult} = c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \dots \dots \dots (17)$$

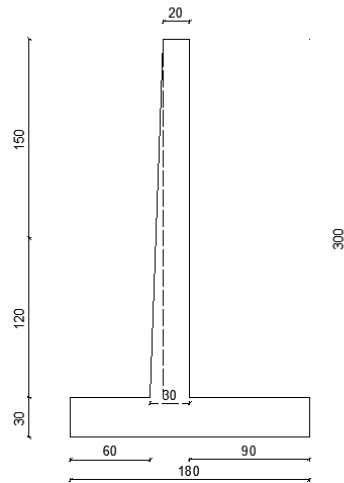
(Sosrodarsono S, Dkk, 2000)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

• **Perencanaan Dimensi Tembok Penahan Tanah Kantilever**

1. Tinggi (H) = 3 m
2. Lebar atas (A) = 0,20 m
3. Lebar tapak (B) = (0,45 s/d 0,75) x H = (0,6) x 3 m = 1,8 m

4. Lebar ujung kaki (B1) =  $\frac{1}{3} \times B = \frac{1}{3} \times 1,8 \text{ m} = 0,60 \text{ m}$
5. Lebar tumit (B2) =  $B - B1 = 1,8 \text{ m} - 0,60 \text{ m} = 1,2 \text{ m}$
6. Lebar tumit (D1) = Tebal tapak (D)
7. Tebal tapak (D) =  $H : 10 = 3 \text{ m} : 10 = 0,3 \text{ m}$



**Gambar 4. Rencana dimensi TPT kantilever**

Sumber : Hasil Data Pribadi

- Perhitungan Tekanan Tanah Aktif dan Tekanan Tanah Pasif

**Perhitungan Koefisien Tekanan Tanah Aktif Teori Rankine**

$$\begin{aligned}
 K_a &= \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \\
 &= \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{25^\circ}{2} \right) \\
 &= \tan^2 32,5 = 0,64 \\
 \sqrt{K_a} &= \sqrt{0,64} \\
 &= 0,80
 \end{aligned}$$

**Perhitungan Koefisien Tekanan Tanah Pasif Teori Rankine**

$$\begin{aligned}
 K_p &= \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \\
 &= \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{25^\circ}{2} \right) \\
 &= \tan^2 57,5 \\
 &= 1,57 \\
 \sqrt{K_p} &= \sqrt{1,57} \\
 &= 1,25
 \end{aligned}$$

**Tekanan Tanah Aktif**

$$\begin{aligned}
 H &= \gamma \cdot H \cdot K_a - 2c \sqrt{K_a} \\
 H_0 &= \gamma \cdot H \cdot K_a - 2c \sqrt{K_a} \\
 &= 0 - 2c \sqrt{K_a} \\
 H &= 0 = -2c \sqrt{K_a} \\
 &= -2,0,3 \sqrt{0,64} \\
 &= -0,48 \\
 P_a &= \gamma \cdot H \cdot K_a - 2c \sqrt{K_a} \\
 &= 1,70 \cdot 3 \cdot 0,64 - 2,0,3 \sqrt{0,64} \\
 &= 3,264 - 0,48 \\
 &= 2,784 \text{ kN/m} \\
 H_c &= \frac{2c}{\gamma \sqrt{K_a}} = \frac{2,0,3}{1,70 \cdot 0,64} = \frac{0,6}{1,088} = 0,55 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$H' = H - H_c = 3 - 0,55 = 2,45 \text{ m}$$

$$P_a = \text{Gaya Tekanan Total}$$

$$= \text{Luas } \Delta$$

$$= \frac{2,784 \cdot 2,45}{2} = 3,410$$

$$y = \frac{2,45}{3} = 0,82$$

$$\text{Dimana } y = \text{Tinggi } \frac{1}{3} P_a$$

$$M_{pa} = P_a \cdot y$$

$$= 3,410 \cdot 0,82$$

$$= 2,796 \text{ kN/m}$$

#### Tekanan Tanah Pasif

$$P = \gamma \cdot H \cdot K_p + 2c \sqrt{K_p}$$

$$H_0 = \gamma \cdot H \cdot K_p + 2c \sqrt{K_p}$$

$$= 0 + 2c \sqrt{K_p}$$

$$H = 0 = 2c \sqrt{K_p}$$

$$= -2,0,3\sqrt{1,57}$$

$$= -0,752$$

$$P_p = \gamma \cdot H \cdot K_p + 2c \sqrt{K_p}$$

$$= 1,70 \cdot 1,5 \cdot 1,57 + 2,0,3\sqrt{1,57}$$

$$= 3,252 \text{ kN/m}$$

Dari perhitungan diatas, diperoleh hasil total tekanan aktif ( $P_a$ ) adalah 3,410 kN/m dan hasil total tekanan pasif ( $P_p$ ) adalah 3,252 kN/m.

- Perhitungan Dampak Beban Muatan Dengan Roda Kendaraan

$$X = m \cdot H$$

$$1,1 = m \cdot 3$$

$$m = \frac{1,1}{3} = 0,367$$

$$Z = n \cdot H$$

$$1,1 = n \cdot 3$$

$$n = \frac{1,1}{3} = 0,367$$

$$\sigma_h = \frac{0,28 \cdot p}{H^2} \cdot \frac{n^2}{(0,16+n^2)^3} \text{ Untuk } m < 0,4$$

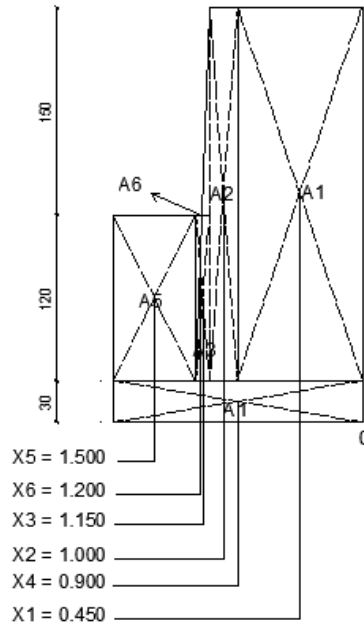
$$= \frac{0,28 \cdot 14}{3^2} \cdot \frac{0,367^2}{(0,16+0,367^2)^3}$$

$$= \frac{3,92 \cdot 0,135}{9,0,024}$$

$$= 2,449 \text{ ton}$$

Dikarenakan lokasi perencanaan tembok penahan tanah dipinggir jalan, maka harus menghitung beban titik atau beban muatan diruas jalan Desa Tanggir Kecamatan Malo Kabupaten Bojonegoro yang memiliki lebar 5m dan seringkali dilewati kendaraan 2 sumbu, menurut Sunggono Ir, Kh. beban kendaraan 2 sumbu adalah 14 ton. Dari perhitungan diatas, diperoleh nilai  $\sigma_h = 2,449$ .

- Perhitungan Momen Beban Sendiri



**Gambar 5. Perhitungan momen beban sendiri**

*Sumber : Hasil Data Pribadi*

**Menghitung Luas**

$$A1 = 0,90 \cdot H = 0,90 \cdot 2,70 = 2,430 \text{ m}^2$$

$$A2 = 0,20 \cdot H = 0,20 \cdot 2,70 = 0,540 \text{ m}^2$$

$$A3 = \frac{0,1 \cdot H}{2} = \frac{0,1 \cdot 2,70}{2} = 0,135 \text{ m}^2$$

$$A4 = 1,80 \cdot 0,30 = 0,540 \text{ m}^2$$

$$A5 = 1,50 \cdot 0,6 = 0,900 \text{ m}^2$$

$$A6 = \frac{1}{2} \cdot 0,35 \cdot H6 = \frac{1}{2} \cdot 0,35 \cdot 1,20 = 0,21 \text{ m}^2$$

**Menghitung Berat**

$$W1 = A1 \cdot \gamma t = 2,430 \cdot 1,70 = 4,131 \text{ kN/m}$$

$$W2 = A2 \cdot \gamma b = 0,540 \cdot 2,40 = 1,296 \text{ kN/m}$$

$$W3 = A3 \cdot \gamma b = 0,135 \cdot 2,40 = 0,324 \text{ kN/m}$$

$$W4 = A4 \cdot \gamma b = 0,540 \cdot 2,40 = 1,296 \text{ kN/m}$$

$$W5 = A5 \cdot \gamma t = 0,900 \cdot 1,70 = 1,530 \text{ kN/m}$$

$$W6 = A6 \cdot \gamma t = 0,21 \cdot 1,691 = 0,357 \text{ kN/m}$$

**Menghitung Jarak**

$$X1 = 0,90 \cdot \frac{1}{2} = 0,450 \text{ m}$$

$$X2 = 0,90 + \frac{0,20}{2} = 1,000 \text{ m}$$

$$X3 = 0,90 + 0,20 + \frac{0,1}{2} = 1,150 \text{ m}$$

$$X4 = 1,80 \cdot \frac{1}{2} = 0,900 \text{ m}$$

$$X5 = 1,80 - \frac{0,60}{2} = 1,500 \text{ m}$$

$$X6 = 0,90 + 0,20 + 0,10 = 1,200 \text{ m}$$

**Menghitung Momen Terhadap Titik 0**

$$M1 = W1 \cdot X1 = 4,131 \cdot 0,450 = 1,859 \text{ kN/m}$$

$$M2 = W2 \cdot X2 = 1,296 \cdot 1,000 = 1,296 \text{ kN/m}$$

$$M3 = W3 \cdot X3 = 0,324 \cdot 1,150 = 0,373 \text{ kN/m}$$

$$M4 = W4 \cdot X4 = 1,296 \cdot 0,900 = 1,166 \text{ kN/m}$$

$$M5 = W5 \cdot X5 = 1,530 \cdot 1,500 = 2,295 \text{ kN/m}$$

$$M6 = W6 \cdot X6 = 0,357 \cdot 1,200 = 0,428 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma MR = M1 + M2 + M3 + M4 + M5 + M6$$

$$= 1,859 + 1,296 + 0,373 + 1,166 + 2,295 + 0,428 = 7,417 \text{ t/m}$$

**Tabel 1. Hasil Perhitungan Momen Beban Sendiri**

Bagian	Luas (A)	Berat perunit panjang	Jarak momen dari titik 0	Momen terhadap titik 0
-1	-2	-3	-4	-5
		(A * $\gamma = 3$ )		(3 * 4 = 5)
A1	2,430	4,131	0,450	1,859
A2	0,540	1,296	1,000	1,296
A3	0,135	0,324	1,150	0,373
A4	0,540	1,296	0,900	1,166
A5	0,900	1,530	1,500	2,295
A6	0,210	0,357	1,200	0,428
		$\Sigma W = 8,934$		$\Sigma MR = 7,417$

Sumber : Hasil Perhitungan

Sebelum menghitung stabilitas terhadap guling dan geser, harus menghitung momen akibat berat sendiri. Ditemukan hasil perhitungan seperti yang tertera pada tabel 2 diatas, dimana nilai total berat perunit yaitu  $\Sigma W = 8,934 \text{ kN/m}$  dan total nilai momen terhadap titik 0  $\Sigma MR = 7,417 \text{ kN/m}$ .

- Perhitungan Stabilitas Gaya Guling dan Gaya Geser Teori Rankine

**Faktor Keamanan Terhadap Guling**

$$\Sigma Mo = Pa \cdot \frac{H}{3} = 2,784 \cdot \frac{2,70}{3} = 2,50 \text{ kN/m}$$

$$d = \frac{\Sigma MR - \Sigma Mo}{\Sigma W} = \frac{7,417 - 2,50}{8,934} = 0,620 \text{ m}$$

Besarnya eksentrisitas terhitung dari tengah plat lantai ke titik kerja adalah

$$e = \frac{B}{2} - d = \frac{1,80}{2} - 0,620 = 0,280 \text{ m} < \frac{B}{6} = \frac{1,80}{6} = 0,30 \text{ m}$$

**Faktor Keamanan Terhadap Geser**

$$\mu = 0,6$$

Dimana  $\mu$  adalah koefisien gesekan antara dasar tembok penahan tanah dan tanah pondasi

$$F_s = \frac{W \cdot \mu}{Pa} = \frac{8,902 \cdot 0,6}{2,784} = 1,919 > 1,50$$

Dari perhitungan diatas maka titik resultante adalah yang dihitung dari titik 0 menghasilkan 0,620 m dan besarnya eksentrisitas dihitung dari tengah plat lantai titik kerja adalah  $e = B/2 - d$  didapatkan hasil 0,280 m dan untuk nilai e harus kurang dari B/6 dimana B adalah lebar tapak tembok penahan tanah. Untuk faktor keamanan terhadap geser diketahui  $\mu = 0,6$  dimana  $\mu$  adalah koefisien gesekan antara dasar tembok penahan tanah untuk menghasilkan kemantapan memakai  $F_s$  menghasilkan  $1,919 > 1,50$  maka tembok penahan tanah dinyatakan aman terhadap faktor guling dan geser menurut Sosrodarsono, S, Dkk, 2002.

- Perhitungan Stabilitas Kapasitas Daya Dukung Tanah Teori Terzaghi

$Q_{max}$  dan  $Q_{min}$

$$Q_{max} = \frac{\Sigma W}{B} \left( 1 + \frac{6 \cdot e}{B} \right)$$

$$= \frac{8,934}{1,80} \left( 1 + \frac{6 \cdot 0,280}{1,8} \right)$$

$$= 9,593 \text{ kN/m}^3$$

$$Q_{min} = \frac{\Sigma W}{B} \left( 1 - \frac{6 \cdot e}{B} \right)$$

$$= \frac{8,934}{1,80} \left( 1 - \frac{6,0,280}{1,8} \right)$$

$$= 0,333 \text{ kN/m}^3$$

Untuk mengetahui keamanan perencanaan tembok penahan tanah tipe kantilever di Desa Tanggir Kecamatan Malo Kabupaten Bojonegoro terhadap daya dukung tanah menurut Sosrodarsono, S, Dkk, 2002. Harus menghitung Qmax dan Qmin, dimana Qmax adalah beban maksimal dan Qmin adalah beban minimal. Dan ditemukan dari hasil perhitungan diatas maka Qmax = 9,593 kN/m<sup>3</sup> dan Qmin = 0,333 kN/m<sup>3</sup>.

$$d1 = \frac{Q_{max}.B1}{B} = \frac{9,593.1,00}{1,80} = 5,329 \text{ m}$$

$$d2 = \frac{Q_{max}.B2}{B} = \frac{9,593.0,60}{1,80} = 3,198 \text{ m}$$

$$A1 = d1. 0,90 = 5,329. 0,90 = 4,796$$

$$A2 = \frac{1}{2}. (Q_{max} - d1). 0,90$$

$$= \frac{1}{2}. (9,593 - 5,329). 0,90$$

$$= 1,919$$

$$M1 = A1. X1 = 4,796. 0,45 = 2,158$$

$$M2 = A2. X2 = 1,919. 1,00 = 1,919$$

$$\Sigma Mu = M1 + M2$$

$$= 2,158 + 1,919$$

$$= 4,077 \text{ kN/m}$$

Menghitung nilai ΣMu dimana ΣMu adalah nilai terfaktor penampang. Didapat dari perhitungan diatas nilai ΣMu = 4,077kN/m.

- Kapasitas Daya Dukung

Menghitung daya dukung tanah menurut Terzaghi. Tanah dikategorikan tanah lempung, sehingga rumus daya dukung tanah yang digunakan adalah :

$$q_{ult} = c. N^c + \gamma. Df. N^q + \frac{1}{2} \gamma. B. N^{\gamma}$$

**Tabel 3. Koefisien Daya Dukung dari Terzaghi**

φ	N <sub>c</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>γ</sub>	N <sup>c</sup>	N <sup>q</sup>	N <sup>γ</sup>
0°	5,7 1	1,0 0	0	3,81	1,0 0	0
5°	7,3 2	1,6 4	0	4,48	1,3 9	0
10°	9,6 4	2,7 0	1,2	5,34	1,9 4	0
15°	12, 8	4,4 4	2,4	6,46	2,7 3	1,2
20°	17, 7	7,4 3	4,6	7,90	3,8 8	2,0
25°	25, 1	12, 7	9,2	9,86	5,6 0	3,3
30°	37, 2	22, 5	20,0	12,7	8,3 2	5,4
35°	57, 8	41, 4	44,0	16,8 0	12, 8	9,6
40°	95, 6	81, 2	114, 0	23,2 0	20, 5	19, 1
45°	172	173	320	34,1	35, 1	27, 0

Sumber : Sumber : Sosrodarsono S, Dkk, (2000)

$$\text{Maka } q_{ult} = c. N^c + \gamma. Df. N^q + \frac{1}{2} \gamma. B. N^{\gamma}$$

$$= (0,30. 12,7) + (1,70. 1,5. 8,32) + \left(\frac{1}{2}. 1,70. 1,80. 5,4\right)$$

$$= 33,288 \text{ kN/m}^3 \geq Q_{max} 9,744 \text{ kN/m}^3 \text{ (Aman)}$$

Dari hasil perhitungan daya dukung tanah didapat  $q_{ult} = 33,288 \text{ kN/m}^3 \geq Q_{max} 9,593 \text{ kN/m}^3$  maka dinyatakan aman.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dan perhitungan BAB 3 dapat disimpulkan bahwa perencanaan tembok penahan tanah tipe kantilever yang berada di Desa Tanggir Kecamatan Malo Kabupaten Bojonegoro, yaitu dengan rencana dimensi tinggi tembok penahan tanah 3,00 m, lebar atas tembok penahan tanah = 0,20 m, lebar tapak tembok penahan tanah = 1,80 m, tebal tapak tembok penahan = 0,30 m.

Stabilitas tembok penahan tanah terhadap penggulingan =  $0,280 < 0,30$  (Aman), Stabilitas terhadap pergeseran =  $1,919 > 1,50$  (Aman) dan Stabilitas terhadap daya dukung tanah =  $33,288 \text{ kN/m}^3 > Q_{max} 9,744$  (Aman).

### Saran

Hasil penelitian ini dapat di jadikan evaluasi untuk desain tembok penahan dengan desain kantilever dengan beberapa hal yang perlu di perhatikan saat pelaksanaan pekerjaan, yaitu kondisi musim disarankan pada musim kemarau, serta untuk pekerjaan timbunan urugan pilihan dipadatkan secara bertahap.

Perlunya penyeliikan tanah secara mendetail pada lokasi study sehingga karakteristik tanah yang bervariasi dapat di jadikan dasar perhitungan yang lebih terinci.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus, 2017. "Tebing Di Dusun Kampak Desa Tanggir Rawan Longsor, Butuh Perhatian Dari Dinas Terkait".  
<http://aliansirakyatnews.com/2017/12/05/tebing-di-dusun-kampak-desa-tanggir-rawan-longsor-butuh-perhatian-dari-dinas-terkait/>, diakses pada 30 Mei 2022 pukul 19.10.
- Das, B. M., Endah, N., & Mochtar, I. B. (1993). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1 dan 2*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika tanah I*. Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika tanah II*. Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2003). *Mekanika tanah II*. Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Analisis dan Perancangan Fondasi Jilid II*. Gadjah Mada University Press.
- Hasibuan, E. A., Tanjung, D., & Pasaribu, B. (2021). *Analisa Dinding Penahan Tanah Akibat Beban Dinamis di Desa Nabundong Kabupaten Padang Lawas Utara Kecamatan Hulu Sihapas*. Buletin Utama Teknik, 17(1), 65-73.
- Nenohai, I. F., Rasidi, N., & Hanggara, I. (2017). *Perencanaan Perkuatan Tebing pada Ruas Jalan Malang-Kediri Sta (30km) dengan Menggunakan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever di Desa Kawaden, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang*. eUREKA: Jurnal Penelitian Teknik Sipil dan Teknik Kimia, 1(2).
- Nurchahyo, Imam. 2019. "Tanah Longsor dan Pohon Tumbang Terjadi di Malo Bojonegoro", <https://kumparan.com/beritabojonegoro/tanah-longsor-dan-pohon-tumbang-terjadi-di-malo-bojonegoro-1qqfPZsJTVJ/full/>, diakses pada 24 Mei 2022 pukul 18.00.
- Rofik, Ainur. 2022. "Dipimpin Bupati Anna Mu'awanah, Pembangunan Jalan Di Bojonegoro Meningkatkan Drastis", <https://portalbojonegoro.pikiran-rakyat.com/bojonegoro/pr-1944407845/dipimpin-bupati-anna-muawanah-pembangunan-jalan-di-bojonegoro-meningkat-drastis>, diakses pada 30 Mei 2022 pukul 18.27.
- Santoso, B. D. (2018). *Studi Efisiensi Lebar Alas Dinding Penahan Tanah Tipe Gravity Pada DPT RT 02 RW 03 Kelurahan Cibuluh Bogor Dengan Menggunakan SAP 2000*. Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil, 1(1).

- Setiawan, H. (2011). *Perbandingan penggunaan dinding penahan tanah tipe kantilever dan gravitasi dengan variasi ketinggian lereng*. Journal Teknik Sipil Dan Infrastruktur, 1(2). SNI 2847 Tahun 2013.
- Sosrodarsono, I. S., Kazuto, N., & Taulu, I. L. (2000). *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sunggono kh, Ir. (1995) *Buku Teknik Sipil*. Nova, Bandung