

Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi di Desa Mulyorejo Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang

Suhudi* dan Pamela Dinar Rahma

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tribhuwana Tungadewi
Jalan Telaga Warna Tlogomas, Malang Jawa Timur 65144, Indonesia

Email: suhudisuhudi@yahoo.co.id

Dikirim: 7 April 2022

Direvisi: 18 Juli 2022

Diterima: 19 Juli 2022

ABSTRAK

Struktur konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah yang mempunyai kemiringan/lereng, di mana kemantapan tanah tersebut tidak dapat dijamin oleh tanah itu sendiri disebut dinding penahan tanah. Hujan yang sangat lebat di daerah hulu sehingga permukaan air sungai meningkat dan aliran menghantam dinding sungai dan akhirnya lereng sungai longsor. Terjadinya kelongsoran lereng sungai yang ada di ruas jalan Malang-Kediri, tepatnya di Desa Mulyorejo Kecamatan Ngantang sepanjang 9 meter dan tinggi 4,5 meter. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan dinding penahan tanah tipe gravitasi yang stabil dan aman terhadap guling, geser dan daya dukung tanah. Metode yang dilakukan yaitu pengumpulan data primer dan sekunder untuk perencanaan dinding penahan tanah tipe gravitasi. Dimensi bangunan dinding penahan tanah dengan tinggi 7 meter, lebar pondasi 2,5 meter dan lebar atas 0,5 meter. Langkah selanjutnya dilakukan analisa stabilitas terhadap guling, geser dan daya dukung tanah. Hasil analisa menunjukkan bahwa stabilitas terhadap guling $5,87 > 1,5$ (aman) dan stabilitas terhadap geser $4,72 > 1,5$ (aman). Sedangkan daya dukung tanah dinyatakan aman dan kuat menahan beban di atasnya dan tidak terjadi penurunan. Rencana anggaran biaya yang diperlukan mencapai Rp. 482.887.930,-.

Kata kunci: dinding penahan tanah tipe gravitasi, stabilitas, rencana anggaran biaya.

1. PENDAHULUAN

Suatu unsur yang sangat penting dalam bidang konstruksi yaitu tanah, dikarenakan tanah merupakan tempat berdirinya suatu bangunan. Oleh karena itu, perlu diperhatikan faktor kestabilan tanah tersebut. Salah satu cara untuk menjaga stabilitas tanah agar tidak terjadi longsor terutama di daerah lereng, yaitu dibuatnya dinding penahan tanah (*retaining wall*). Dinding penahan tanah adalah struktur konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah yang mempunyai kemiringan/lereng, di mana kemantapan tanah tersebut tidak dapat dijamin oleh tanah itu sendiri. Hal ini bertujuan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah yang labil akibat kondisi topografinya (Foth, 1994).

Terjadinya kelongsoran lereng sungai yang ada di ruas jalan Malang-Kediri, tepatnya di Desa Mulyorejo sepanjang 9 meter dan tinggi 4,5 meter. Hal ini terjadi karena adanya hujan yang sangat lebat di daerah hulu sehingga permukaan air sungai meningkat dan aliran menghantam dinding sungai dan akhirnya longsor. Berdasarkan hasil pengamatan di lokasi sehubungan dengan rencana penangan masalah yang terjadi, perlu dilakukan studi perencanaan dinding penahan tanah di Desa Mulyorejo Kecamatan Ngantang dengan menggunakan tipe gravitasi. Tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan dinding penahan tanah tipe gravitasi yang stabil dan efisien. Dengan demikian perencanaan ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan rumus yang relevan agar dinding penahan tanah yang direncanakan stabil ditinjau dari guling, geser dan daya dukung tanah. Selain itu juga dibahas masalah biaya yang diperlukan dan waktu pelaksanaan dalam pembuatan bangunan tersebut.

Fungsi utama konstruksi dinding penahan tanah adalah menahan tanah di belakangnya dari bahaya longsor akibat tekanan dari benda-benda di atasnya atau tekanan yang lain. Dinding penahan tanah tipe gravitasi merupakan salah satu jenis dinding penahan tanah. Jenis tipe ini sering digunakan untuk menahan tanah lateral atau pada tebing/lereng yang terjal. Tipe ini biasanya terbuat dari pasngan batu kali dengan volume yang cukup besar, dengan harapan mampu menahan tekanan melalui berat sendiri bangunan tersebut.

2. METODOLOGI

Permasalahan longsornya dinding penahan tanah pada sungai terjadi di Desa Mulyorejo Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang. Pengamatan di lapangan dilakukan untuk mendapatkan informasi seputaran permasalahan yang terjadi sekaligus pengumpulan data primer. Data primer adalah data yang diperoleh dari

sumber asli, metode yang bisa digunakan untuk mendapatkan data primer yaitu: survey, pengukuran, observasi, dokumentasi. Selain itu, pengujian tanah di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Tribhuwana Tunggaladewi juga merupakan data primer karena merupakan hasil percobaan yang dilakukan dengan benda uji tanah yang diambil dari lokasi penelitian (Suhudi & Ehok, 2021). Selain data primer, data sekunder juga diperlukan untuk menyelesaikan penelitian ini. Data sekunder merupakan data yang diambil dari instansi yang terkait, dalam hal ini data sekunder diambil dari Dinas PUPR Kabupaten Malang (Suhudi & Apli, 2021). Adapun data sekunder yang dibutuhkan adalah peta lokasi, peta kontur, daftar harga satuan bahan, daftar upah tenaga kerja.

Tahapan analisa merupakan tahap pengolahan data dari hasil pengumpulan data yang dikelompokkan sesuai dengan tinjauan masalah untuk dianalisa dan dibahas. Analisa data melalui langkah langkah penelitian sebagai berikut:

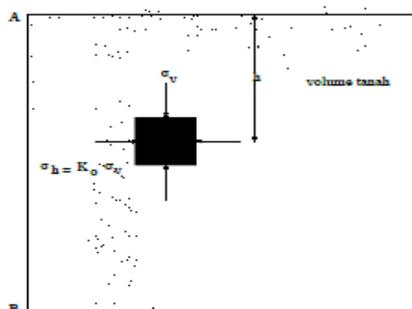
1. Penentuan lokasi (Gambar 1) dengan mengungkapkan permasalahan yang terjadi melalui pendekatan secara teknis untuk mendapatkan data awal.
2. Pengumpulan data, baik data primer maupun sekunder serta literatur pustaka yang mendukung dalam penyelesaian perhitungan pada penelitian ini.
3. Penentuan jenis dinding penahan tanah yaitu tipe gravitasi karena sesuai dengan peruntukannya dan kondisi di lapangan.
4. Pendimensian dinding penahan tanah yang aman dan efisien.
5. Analisa stabilitas pada perencanaan dinding penahan tanah yang ditinjau dari segi guling, geser dan daya dukung tanah.
6. Analisa anggaran biaya yang diperlukan dalam pembuatan dinding penahan tanah yang direncanakan, dan dilanjutkan dengan perhitungan waktu yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pembangunan bangunan tersebut.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Tekanan tanah lateral merupakan suatu parameter perencanaan dalam persoalan pembuatan pondasi atau dinding penahan tanah. Struktur yang ada di bawah tanah, memerlukan pemikiran mengenai perkiraan tekanan tanah lateral secara kuantitatif, baik untuk analisa perencanaan maupun analisa stabilitas (Hardiyatmo, 2003). Pada dasarnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada 3 kemungkinan, yaitu:

- a) Tekanan tanah dalam keadaan diam (Gambar 2)



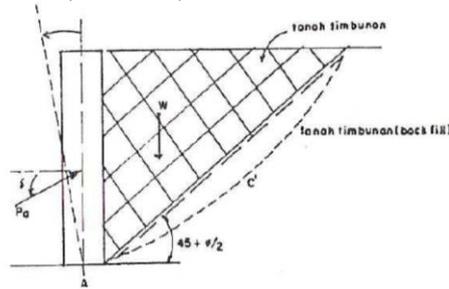
Gambar 2. Tekanan tanah dalam keadaan diam

Rasio tekanan arah horizontal dan tekanan arah vertikal dinamakan koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam K_0 , atau:

$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$$

Karena $\sigma_v = \gamma h$, maka $\sigma_h = K_0 (\gamma h)$

- b) Tekanan tanah dalam keadaan aktif (Gambar 3)



Gambar 3. Tekanan tanah dalam keadaan aktif

Menurut teori Rankine, besarnya gaya lateral pada satuan lebar dinding akibat tekanan tanah aktif pada dinding setinggi H dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a$$

Di mana harga K_a untuk tanah datar adalah:

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

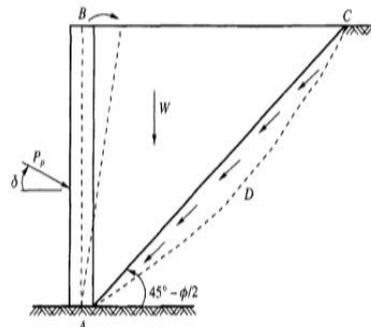
Di mana:

- γ = berat volume tanah (kN/m³)
- H = tinggi dinding (m)
- φ = sudut geser tanah (°)

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

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a - 2c \cdot \sqrt{K_a} \cdot H$$

- c) Tekanan tanah dalam keadaan pasif (Gambar 4)



Gambar 4. Tekanan tanah dalam keadaan pasif

Menurut teori Rankine, besarnya gaya lateral pada pada dinding akibat tekanan tanah pasif setinggi H dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_p$$

Di mana harga K_p untuk tanah datar adalah

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Langkah yang dipakai untuk tanah berkohesi, maka tegangan utama arah horizontal untuk kondisi pasif adalah:

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_p + 2c \cdot \sqrt{K_p} \cdot H$$

Stabilitas dinding penahan tanah dapat ditinjau terhadap guling, geser dan daya dukung tanah.

a) Stabilitas terhadap guling.

Dinamakan bangunan tersebut dianggap aman terhadap guling jika gaya-gaya yang menyebabkan momen penahan lebih kecil dari pada gaya-gaya yang menyebabkan momen guling (Craig, 1989).

$$F_{guling} = \frac{\sum MW}{\sum M_{gl}}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \sum MW &= \text{jumlah momen dari gaya-gaya yang menyebabkan guling pada titik O (kN.m)} \\ \sum M_{gl} &= \text{jumlah momen yang menahan guling terhadap titik O (kN.m)} \end{aligned}$$

b) Stabilitas terhadap geser.

Gaya-gaya yang menyebabkan bergesernya konstruksi dinding penahan tanah, ditahan oleh:

- Gesekan tanah dan pondasi
- Tekanan tanah aktif di bagian depan dinding

Faktor keamanan terhadap stabilitas geser dapat dinyatakan dengan rumus (Soedarmo & Purnomo, 1997):

$$F_{gs} = \frac{\sum RH}{\sum Pah}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \sum RH &= \text{jumlah gaya-gaya yang menahan gaya-gaya horizontal (kN/m}^2\text{)} \\ \sum Pah &= \text{jumlah gaya-gaya yang mendorong (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

c) Stabilitas terhadap daya dukung tanah

Menurut teori Terzaghi (Terzaghi & Peck, 1993), pondasi merupakan bagian dari struktur yang berfungsi meneruskan beban akibat berat struktur secara langsung ke tanah (Das dkk., 1993).

Rumus Tarzaghi, untuk menghitung kapasitas daya dukung ultimit.

$$q_u = \left(\frac{1}{3}\right) \cdot c \cdot N_c + (\gamma \cdot d \cdot N_q) + (0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma)$$

Di mana:

$$\begin{aligned} q_u &= \text{kapasitas dukung ultimit (kN/m}^2\text{)} \\ c &= \text{kohesi (kN/m}^2\text{)} \\ p_o = D_f \cdot \gamma &= \text{tekanan overburden pada dasar pondasi (kN/m}^2\text{)} \\ D_f &= \text{kedalaman pondasi (m)} \\ \gamma &= \text{berat volume tanah (kN/m}^3\text{)} \\ N_\gamma, N_c, N_q &= \text{faktor kapasitas dukung tanah (fungsi } \phi \text{)} \end{aligned}$$

Tabel 1 memaparkan nilai faktor kapasitas dukung tanah. Analisa kapasitas daya dukung tanah, harus diperhatikan mengenai kapasitas daya dukung ultimit (ultimit bearing capacity) yaitu bagian maksimum per satuan luas yang masih didukung oleh pondasi, dengan tidak terjadi kegagalan geser pada tanah yang mendukungnya. Besarnya beban yang didukung termasuk beban struktur, tebal pondasi dan tanah urug di atasnya (Indrawahyuni, 2008).

Faktor keamanan terhadap keruntuhan kapasitas dukung didefinisikan sebagai berikut:

$$f = \frac{q_u}{q_{max}}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} f &= \text{faktor aman terhadap kapasitas dukung} \\ q_u &= \text{tegangan ultimit} \\ q_{max} &= \text{tegangan maksimum} \end{aligned}$$

Tabel 1. Nilai–Nilai Faktor Kapasitas Dukung Tanah

ϕ	Keruntuhan Geser Umum			Keruntuhan Geser Lokal		
	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	30,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

Sumber: Hardiyatmo (2003)

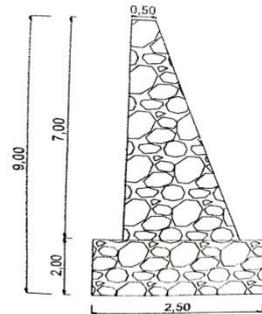
3. HASIL DAN DISKUSI

Data yang diperoleh dari sampel tanah yang diambil di lokasi penelitian sebagai benda uji, dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang adalah sebagai berikut:

Berat volume air (γ_w)	: 9,81 kN/m ³
Berat volume tanah (γ_t)	: 1,81 kN/m ³
Berat volume pasangan batu (γ)	: 22,00 kN/m ³
Berat volume tanah kering (γ_d)	: 15,35 kN/m ³
Berat volume tanah jenuh (γ_{sat})	: 28,70 kN/m ³
Berat volume tanah terendam (γ')	: 18,90 kN/m ³
Kadar air (W)	: 0,558
Angka pori (e)	: 1,11
Kohesi tanah (c)	: 2,00 kN/m ²
Sudut geser (ϕ)	: 40°

Dinding penahan tanah yang direncanakan adalah:

Panjang (l)	: 30 m
Tipe	: Gravitasi
Kedalaman pondasi (D_f)	: 2,00 m
Tinggi dinding penahan (H)	: 7,00 m
Lebar atas (B_1)	: 0,50 m
Lebar bawah (B_2)	: 1,00 m
Lebar pondasi (B)	: 2,50 m



Gambar 5. Rencana dimensi dinding penahan

Gaya gaya yang bekerja.

Tanah aktif (Pa)

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2 (45^\circ - \phi/2) \\ &= \tan^2 (45^\circ - 40/2) \\ &= 0,217 \end{aligned}$$

Tekanan tanah aktif

$$\begin{aligned} Pa_1 &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_d \cdot H_1^2 \cdot K_a \\ &= \frac{1}{2} \cdot 15,35 \cdot 7^2 \cdot 0,217 \\ &= 81,61 \text{ kN/m}^2 \\ Pa_2 &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{sat}} \cdot D_f^2 \cdot K_a \\ &= \frac{1}{2} \cdot 28,70 \cdot 2,00^2 \cdot 0,217 \\ &= 12,46 \text{ kN/m}^2 \\ \Sigma Pa &= Pa_1 + Pa_2 \\ &= 81,61 + 12,46 \\ &= 94,07 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Momen aktif

$$\begin{aligned} Ma_1 &= Pa_1 \cdot (1/3 \cdot H_1) \\ &= 81,61 \cdot (1/3 \cdot 7) \\ &= 190,42 \text{ kN.m} \\ Ma_2 &= Pa_2 \cdot (1/3 \cdot H_2) \\ &= 12,46 \cdot (1/3 \cdot 2,0) \\ &= 8,31 \text{ kN.m} \\ \Sigma Ma &= Ma_1 + Ma_2 \\ &= 190,42 + 8,31 \\ &= 198,73 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Tanah pasif (Pp)

$$\begin{aligned} K_p &= \tan^2 (45^\circ + \phi/2) \\ &= \tan^2 (45^\circ + 40/2) \\ &= 4,60 \end{aligned}$$

Tekanan tanah pasif

$$\begin{aligned} P_p &= \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot D_f^2 \cdot K_p \\ &= \frac{1}{2} \cdot 18,90 \cdot 2,00^2 \cdot 4,60 \\ &= 173,88 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Momen pasif

$$\begin{aligned} M_p &= P_p \cdot (1/3 \cdot D_f) \\ &= 173,88 \cdot (1/3 \cdot 2,00) \\ &= 115,92 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Berat sendiri konstruksi.

Perhitungan momen yang terjadi merupakan perkalian dari gaya yang bekerja dikalikan dengan lengan menuju titik tinjau (Wesley, 2017). Berat volume pasangan batu (γ) = 22 kN/m³.

❖ Bidang 1

$$\begin{aligned} P_1 &= p \cdot l \cdot \gamma \\ &= 7 \cdot 0,5 \cdot 22 \\ &= 77 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

❖ Bidang 2

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{1}{2} \cdot a \cdot t \cdot \gamma \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 7 \cdot 22 \\ &= 77 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

❖ Bidang 3

$$\begin{aligned} P_3 &= p \cdot l \cdot \gamma \\ &= 2 \cdot 2,5 \cdot 22 \\ &= 110 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

❖ Bidang 4

$$\begin{aligned} P_4 &= p \cdot l \cdot \gamma \\ &= 7 \cdot 0,5 \cdot 15,35 \\ &= 53,73 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\Sigma P = 317,73 \text{ kN/m}^2$$

Jarak beban terhadap dinding penahan di titik 0

$$X_1 = (\frac{1}{2} \times 0,5) + 1,5 = 1,75 \text{ m}$$

$$X_2 = (\frac{2}{3} \times 1) + 0,5 = 1,16 \text{ m}$$

$$X_3 = (\frac{1}{2} \times 2,5) = 1,25 \text{ m}$$

$$X_4 = (\frac{1}{2} \times 0,5) + 2 = 2,25 \text{ m}$$

Momen penahan akibat berat sendiri

$$\begin{aligned} M_1 &= P_1 \cdot X_1 \\ &= 77 \cdot 1,75 \\ &= 134,75 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= P_2 \cdot X_2 \\ &= 77 \cdot 1,16 \\ &= 89,32 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_3 &= P_3 \cdot X_3 \\ &= 110 \cdot 1,25 \\ &= 137,50 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_4 &= P_4 \cdot X_4 \\ &= 53,73 \cdot 2,25 \\ &= 120,89 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\Sigma M = 482,46 \text{ kN.m}$$

Kapasitas daya dukung tanah.

Kapasitas daya dukung tanah ultimit, untuk sudut geser tanah (ϕ) sebesar 40° dan dari grafik Terzaghi diperoleh $N_c = 95,7$; $N_q = 81,3$; $N_\gamma = 100,4$ (Terzaghi & Peck, 1993).

$$q_u = \left(\frac{1}{3} \cdot c \cdot N_c\right) + (\gamma_t \cdot D_f \cdot N_q) + (0,4 \cdot \gamma_t \cdot B \cdot N_\gamma)$$

$$\begin{aligned} q_u &= \left(\frac{1}{3} \cdot 2 \cdot 95,7\right) + (1,81 \cdot 2 \cdot 81,3) + (0,4 \cdot 1,81 \cdot 2,5 \cdot 100,4) \\ &= 63,8 + 294,31 + 181,72 \\ &= 539,83 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ultimit netto:

$$\begin{aligned} q_{un} &= q_u - P_o \\ &= 539,83 - 3,62 \\ &= 536,21 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Tekanan pondasi netto:

$$\begin{aligned} q_n &= q_{un} - P_o \\ &= 536,21 - 3,62 \\ &= 532,59 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Faktor aman (f)

$$f = \frac{qun}{qn} = \frac{536,21}{532,59} = 1,01$$

Kapasitas dukung ijin:

$$q_a = \frac{qu}{f} = \frac{539,83}{1,01} = 534,49 \text{ kN/m}^2$$

Stabilitas.

Stabilitas terhadap daya dukung tanah.

$$\begin{aligned} \sum M &= 482,46 \text{ kN.m} \\ \sum P = V &= 317,73 \text{ kN/m}^2 \\ e &= \frac{1}{2} \cdot B = \frac{\sum M - \sum M_0}{\sum P} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 2,5 = \frac{482,46 - (198,73 - 115,92)}{317,73} \\ &= 1,25 \\ e_{ijin} &= \frac{1}{6} \cdot B = \frac{1}{6} \cdot 2,5 \\ &= 0,42 \\ \sigma_{maks} &= \frac{2 \cdot V}{2 \cdot \left(\frac{H_1}{B}\right) - e} \\ \sigma_{maks} &= \frac{2 \cdot 317,73}{2 \cdot \left(\frac{7}{2,5}\right) - 0,42} \\ &= 122,67 \text{ kN/m}^2 \\ &= 122,67 < 534,49 \text{ (aman)} \end{aligned}$$

Stabilitas terhadap geser

$$\begin{aligned} \text{Gaya vertikal } V &= \sum P = 317,73 \text{ kN/m}^2 \\ f &= \tan 40^\circ = 0,839 \\ SF &= \frac{(v \cdot f) + \left(\frac{2}{3} \cdot c \cdot B\right) + Pp}{Pa} \\ &= \frac{(317,73 \cdot 0,839) + \left(\frac{2}{3} \cdot 2,5\right) + 173,88}{266,57 + 3,33 + 173,88} \\ &= \frac{94,07}{266,57 + 3,33 + 173,88} \\ &= 4,72 \\ &= 4,72 > 1,5 \text{ (aman)} \end{aligned}$$

Stabilitas terhadap guling

$$\begin{aligned} \sum Ma &= 198,73 \text{ kN.m} \\ \sum Mp &= 115,92 \text{ kN.m} \\ \sum M &= 482,46 \text{ kNm} \\ SF &= \frac{\sum M + \sum Ma}{\sum Mp} \\ &= \frac{482,46 + 198,73}{115,92} \\ &= \frac{681,19}{115,92} \\ &= 5,87 \\ &= 5,87 > 1,5 \text{ (aman)} \end{aligned}$$

Analisa anggaran biaya.

Rencana anggaran biaya pembuatan dinding penahan tanah tipe gravitasi ini diperlukan data daftar upah tenaga kerja dan daftar satuan harga bahan yang diperoleh dari Dinas PUPR Kabupaten Malang. Berdasarkan data tersebut dilakukan analisa anggaran biaya, dan hasilnya disajikan dalam Tabel 2 (Manullang, 2015).

Tabel 2. Rencana anggaran biaya

No	Jenis Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Pekerjaan persiapan • Pembersihan lokasi	261	m ²	11.000	2.871.000
2	Pekerjaan tanah • Galian tanah • Urugan kembali • Urugan pasir • Pemasangan tumpukan pasir sementara untuk pengalihan aliran	483,57 489,37 8,7 72,5	m ³ m ³ m ³ m ³	32.200 240.640 206.200 15.214	15.570.954 117.761.997 1.793.940 1.103.015
3	Pekerjaan pasangan • Batu kali campuran 1 pc: 3 ps	145	m ³	607.175	88.040.375
4	Pekerjaan dinding penahan	399,47	m ³	634.625	253.513.649
5	pembersihan lokasi	203	m ²	11.000	2.233.000
				Total	482.887.930

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa perencanaan dinding penahan tanah di Desa Mulyorejo Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang aman dan stabil terhadap guling, geser dan daya dukung tanah, dengan dimensi bangunan tinggi 7 meter, lebar pondasi 2,5 meter, lebar atas 0,5 meter. Sedangkan biaya yang diperlukan dalam perencanaan dinding penahan tanah tersebut sebesar Rp. 482.887.930.-.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Universitas Tribhuwana Tungadewi yang telah memberikan dukungan pada penelitian ini. Selanjutnya terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Malang serta tim dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Craig, R. F. (1989). *Soil Mechaanic 4th Edition (Mekanika Tanah) diterjemahkan oleh Budi Susilo*. Erlangga.
- Das, B. M., Endah, N., & Mochtar, I. B. (1993). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid II*. Erlangga.
- Foth, H. D. (1994). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah (Soenartono Adisoemarto, translator)*. Erlangga.
<https://lib.ui.ac.id>
- Hardiyatmo, H. C. (2003). *Mekanika Tanah II. Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Indrawahyuni, H. (2008). *Mekanika Tanah*. Bargie Media.
- Manullang, R. (2015). *Buku Pintar Menghitung Biaya Bangunan*. Andi Offset.
- Soedarmo, G. D., & Purnomo, S. J. E. (1997). *Mekanika Tanah 2*. Kanisius.
<https://onsearch.id/Record/IOS13402.INLIS000000000005510>
- Suhudi, S., & Apli, V. E. (2021). Evaluasi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Pada Sungai Nambaan Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang. *Jurnal Qua Teknika*, 11(1), 26–39.
<https://doi.org/10.35457/quateknika.v11i1.1433>
- Suhudi, S., & Ehok, S. (2021). Evaluasi Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever di Desa Ngroto, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang. *Prokons: Jurnal Teknik Sipil*, 15(1), 22–31.
<https://doi.org/10.33795/prokons.v15i1.278>
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1993). *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*. Erlangga.
- Wesley, L. D. (2017). *Mekanika Tanah*. Pekerjaan Umum.