

Perencanaan Dinding Penahan Tanah Gravitasi Pada Tanah Pasir dengan Adanya Muka Air Tanah

Deni Irda Mazni^{1*}, Wendi Boy¹ dan Agustria Komala¹

¹Prodi Teknik Sipil, Universitas Dharma Andalas Padang, Jl. Sawahan no. 103, Simpang Haru,
Padang – 25000, Indonesia

Email: deniirdamazni@gmail.com

Dikirim: 22 Mei 2023

Direvisi: 27 Juli 2023

Diterima: 29 Juli 2023

ABSTRAK

Kelongsoran pada umumnya disebabkan karena rendahnya kuat geser tanah pembentuk lereng, peningkatan beban luar atau kondisi hidrolis dan tingginya kadar air. Kerusakan yang ditimbulkan tidak hanya berdampak langsung seperti rusaknya fasilitas umum, lahan pertanian ataupun korban jiwa akan tetapi juga menimbulkan dampak tidak langsung seperti menghambat kegiatan pembangunan dan aktifitas ekonomi pada daerah yang terkena bencana. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung dimensi dinding penahan tanah *gravity* dengan jenis tanah pasir sehingga syarat faktor keamanan terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah terpenuhi. Dimensi dinding penahan tanah yang diperoleh dalam penelitian ini adalah, tinggi dinding penahan tanah $H = 6$ m, lebar tapak $B = 5,5$ m, *hell* $2,5$ m dan *toe* $0,5$ m. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai faktor keamanan terhadap stabilitas guling = $5,25$, stabilitas geser = $1,57$, dan stabilitas daya dukung tanah = $5,11$.

Kata kunci: dinding penahan tanah gravitasi, stabilitas tanah, tekanan tanah lateral

1. PENDAHULUAN

Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi yang rawan terhadap kelongsoran, karena topografinya yang banyak berbukit dan bergunung menjadikan salah satu penyebab terjadinya longsor. Keruntuhan umumnya disebabkan oleh kekuatan geser yang rendah dari tanah pembentuk lereng, peningkatan pembebanan eksternal atau kondisi hidrolik, dan kandungan air yang tinggi. Kerusakan tidak hanya berdampak langsung, seperti fasilitas umum, hilangnya lahan pertanian atau nyawa manusia, tetapi juga berdampak tidak langsung, seperti pembangunan dan kegiatan ekonomi di daerah yang terkena dampak (Jalang, 2018). Oleh karena itu, mengingat tingginya kemungkinan terjadinya longsor di Sumatera Barat dan untuk meminimalisir terjadinya longsor yang dapat menimbulkan kerugian material dan harta benda, serta untuk keselamatan warga sekitar, maka perlu dilakukan kajian dinding penahan tanah. Salah satu dinding penahan tanah yang ingin didesain adalah dinding penahan tanah tipe gravitasi. Dinding gravitasi ini bergantung sepenuhnya pada berat dinding itu sendiri. Kelebihan dinding penahan tanah ini adalah bentuknya yang sederhana, kemudahan pelaksanaannya dan terbuat dari pasangan batu kali atau beton tanpa tulangan (Suhudi & Rahma, 2022).

Umumnya penggunaan dinding penahan tanah di lapangan ada dua jenis, yaitu *gravity wall* dan *corbel wall*. Perbedaan utama antara kedua desain dinding penahan tanah adalah adanya perkuatan pada tipe dinding kantilever, sedangkan pada tipe dinding gravitasi tidak digunakan perkuatan. Dalam prakteknya, tipe kantilever lebih sering digunakan untuk lereng/tebing lebih dari 6 m sedangkan tipe dinding gravitasi digunakan untuk kurang dari 6 m, namun kelemahan dari tipe pemasangan dinding gravitasi ini, dinding penahan yang faktor keamanannya lebih rendah dibandingkan dengan dinding penahan tanah jenis kantilever pada ketinggian yang sama (Djunaedi, 2020). Secara konvensional, pengendalian stabilitas dinding penahan tanah bergantung pada faktor keamanan terhadap stabilitas daya dukung tanah, geser, dan guling (Agustian et al., 2017). Disebutkan bahwa distribusi tegangan sepanjang ketinggian dinding membentuk pola segitiga atau trapesium ketika ada beban ekstra. Untuk mencapai nilai kritis maksimum atau minimum dari perpindahan lateral yang diamati pada tembok, beberapa faktor kritis harus dipertimbangkan, meskipun pada kenyataannya hal ini mungkin tidak terjadi.

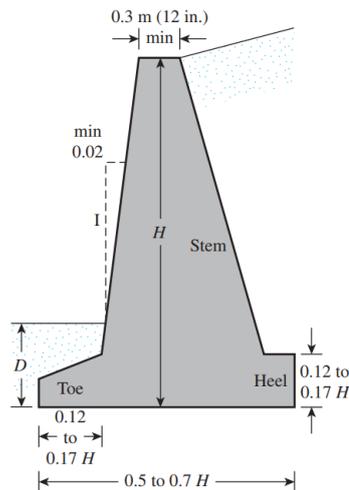
Studi kasus penelitian ini ialah di kompleks perkantoran Pemerintahan Kabupaten Padang Pariaman. Jenis tanah di kompleks tersebut adalah tanah pasir seperti yang terlihat pada Gambar 1. Gambar 2 memperlihatkan model dinding penahan tanah yang berada di salah satu gedung perkantoran Pemerintahan Kabupaten Padang Pariaman.



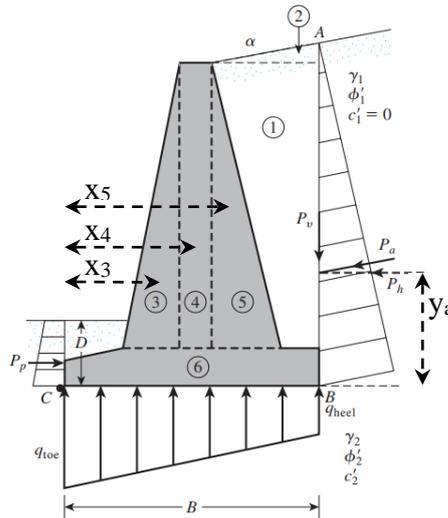
Gambar 1. Kondisi tanah pasir di kompleks perkantoran Pemerintahan Kabupaten Padang Pariaman

Gambar 2. Dinding penahan tanah yang berada di lokasi kompleks Pemerintahan Kabupaten Padang Pariaman

Desain dinding penahan ini digunakan untuk analisis stabilitas struktur. Dalam mendesain dinding penahan tanah, harus diperhitungkan berapa dimensi untuk mendapatkan stabilitas terhadap geser, guling, dan daya dukung. Jika pemeriksaan stabilitas menghasilkan hasil yang tidak diinginkan, maka dimensi dinding penahan tanah dapat diubah. Secara umum, bentuk dan ukuran bagian dinding penahan Gravitasi sebagai berikut (Gambar 3) (Geoguide1, 2017). Bagian atas batang dinding penahan tidak boleh kurang dari sekitar 0,3 m, untuk penempatan beton yang tepat. Kedalaman, D , ke dasar tapak dasar harus minimal 0,6 m. Gambar 4 memperlihatkan gaya-gaya tekanan tanah lateral yang terdapat dalam mendesain dinding ini (Brooks & Nielsen, 2013).

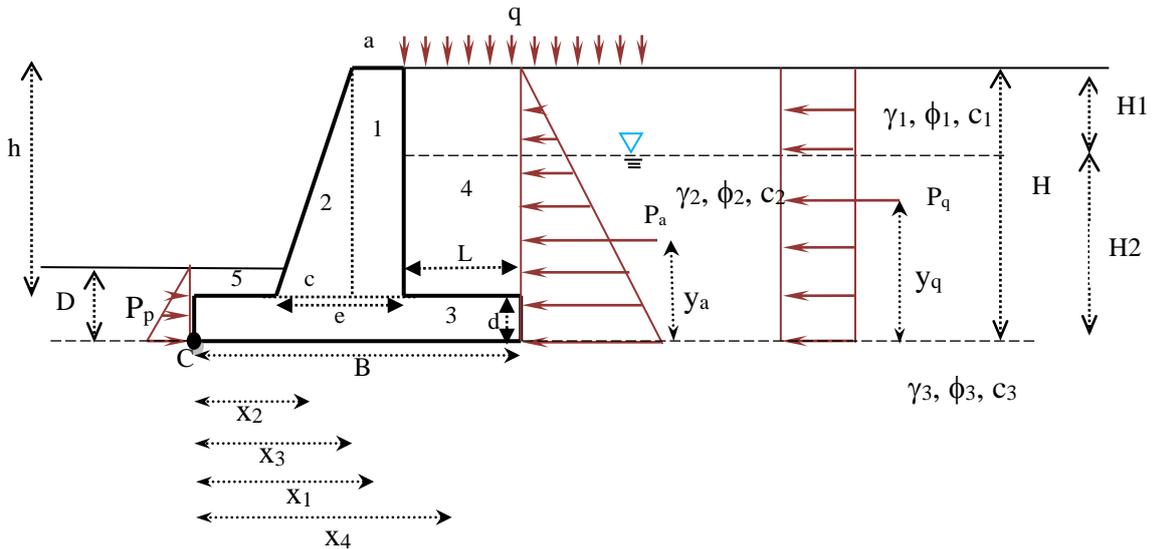


Gambar 3. Perkiraan desain dinding penahan tanah Gravitasi



Gambar 4. Gaya-gaya tekanan tanah lateral (P_a , P_v , dan P_h) dan daya dukung tanah (q_{toe} dan q_{heel}) pada dinding penahan tanah

Jika permukaan tanah di belakang dinding penahan tanah datar, maka sudut α sama dengan nol, sehingga gaya tekanan tanah lateral yang ada hanya P_h (arah horisontal saja), yang mana diinisialisasi di sini menjadi P_a . Selain itu jika tidak ada tanah di depan dinding penahan tanah, maka nilai P_p sama dengan nol. Titik C merupakan titik guling yang akan terjadi jika stabilitas guling tidak stabil atau tidak aman. Nilai x_3 , x_4 , x_5 , atau x_n , merupakan jarak titik pusat masing-masing area ke titik C, begitu juga dengan nilai y_a . Di bawah ini tahap-tahap perhitungan yang akan dipergunakan sesuai dengan kasus yang ditinjau (Gambar 5).



Gambar 5. Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah dengan beban merata (q).

Rumus-rumus yang dipakai, sebagai berikut:

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \tag{1}$$

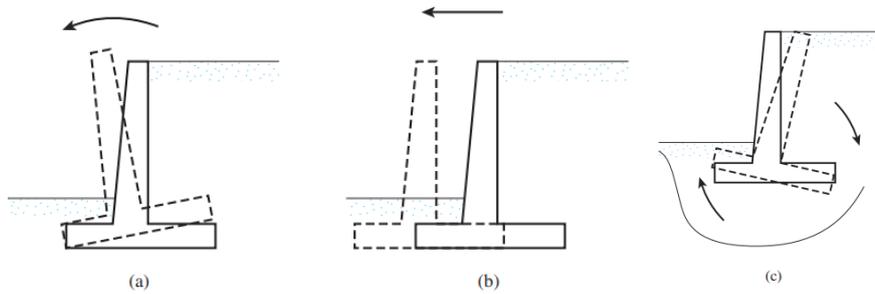
$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \tag{2}$$

$$P_a = K_a \frac{1}{2} \gamma H^2 \tag{3}$$

$$P_q = K_a q H \tag{4}$$

$$P_p = K_p \frac{1}{2} \gamma H^2 \tag{5}$$

Berikutnya perlu untuk cek stabilitas terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah (Gambar 6).



Gambar 6. (a) Stabilitas terhadap guling; (b) Stabilitas terhadap geser; (c) Stabilitas terhadap daya dukung tanah

a. Stabilitas terhadap guling

Suatu dinding penahan tanah stabil terhadap guling jika nilai Faktor keamanannya (F_s guling) lebih besar dari 2. Titik guling ditunjukkan pada titik C pada Gambar 5 dan ditunjukkan pada persamaan 6. Selanjutnya prosedur untuk menghitung nilai M_r dipaparkan pada Tabel 1.

$$F_s \text{ guling} = \frac{\sum M_r}{\sum M_o} \geq 2 \text{ atau } 3 \tag{6}$$

Di mana:

M_r = jumlah gaya momen yang akan mempertahankan guling pada titik C

M_o = jumlah gaya momen yang akan membuat guling pada titik C

$$\sum M_o = (P_a \cdot y_a) + (P_q \cdot y_q) \tag{7}$$

$$\sum M_r = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + P_p \tag{8}$$

Tabel 1. Prosedur untuk menghitung nilai M_r

Bagian	Area	Berat/satuan unit panjang dinding	Lengan moment dari titik C	Momen C
1	A_1	$W_1 = \gamma_1 \times A_1$	x_1	$M_1 = W_1 \times x_1$
2	A_2	$W_2 = \gamma_2 \times A_2$	x_2	$M_2 = W_2 \times x_2$
3	A_3	$W_3 = \gamma_3 \times A_3$	x_3	$M_3 = W_3 \times x_3$
4	A_4	$W_4 = \gamma_4 \times A_4$	x_4	$M_4 = W_4 \times x_4$
		ΣW		ΣM_r

b. Stabilitas terhadap geser

Faktor keamanan terhadap stabilitas geser, ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$F_s \text{ geser} = \frac{\sum F_r}{\sum F_d} \geq 2 \text{ atau } 3 \tag{9}$$

$$F_s \text{ geser} = \frac{\sum V \times \tan \delta + B \times c + P_p}{P_a + P_q} \tag{10}$$

Di mana:

F_r = jumlah gaya horizontal yang menahan terhadap geser

F_d = jumlah gaya horizontal yang mendorong dinding sehingga tergeser dari posisi semula

$$\delta = (0.5 \text{ sampai } 2/3) \times \phi \tag{11}$$

c. Stabilitas terhadap daya dukung tanah

Gaya-gaya horizontal dan vertikal pada dinding akan menimbulkan tegangan pada tanah. Apabila tegangan yang timbul melebihi tegangan ijin tanah, maka akan terjadi penurunan tanah yang berada di dasar dinding. Beban vertikal yang diterima tanah pada lapisan fondasi dari dinding penahan tanah harus dicek keamanan terhadap daya dukung tanah. Faktor keamanan daya dukung tanah terhadap keruntuhan kapasitas dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$F_s = \frac{Q_u}{Q_{max}} \geq 3 \tag{12}$$

Untuk nilai maksimum dan minimum, di mana:

$$Q_{max} = \frac{\sum V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \tag{13}$$

$$Q_{min} = \frac{\sum V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) \tag{14}$$

Untuk nilai eksentrisitas dapat diperoleh dari:

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum Mw - \sum Mgl}{W_{tot}} \tag{15}$$

Kapasitas daya dukung tanah dapat dihitung dengan persamaan Meyerhof berikut:

$$Q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \tag{16}$$

Di mana :

$$q = \gamma \cdot D \tag{17}$$

$$B' = B - 2 \cdot e \tag{18}$$

$$F_{cd} = 1 + \left(0,4 \cdot \frac{D}{B'} \right) \tag{19}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \frac{D}{B'} \tag{20}$$

$$F_{\gamma d} = 1 \tag{21}$$

$$F_{qi} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{90^\circ} \right)^2 \tag{22}$$

$$F_{ci} = F_{qi} \tag{23}$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi^\circ} \right)^2 \tag{24}$$

$$\Psi = \tan^{-1} \cdot \frac{P_a}{\sum V} \tag{25}$$

Keterangan:

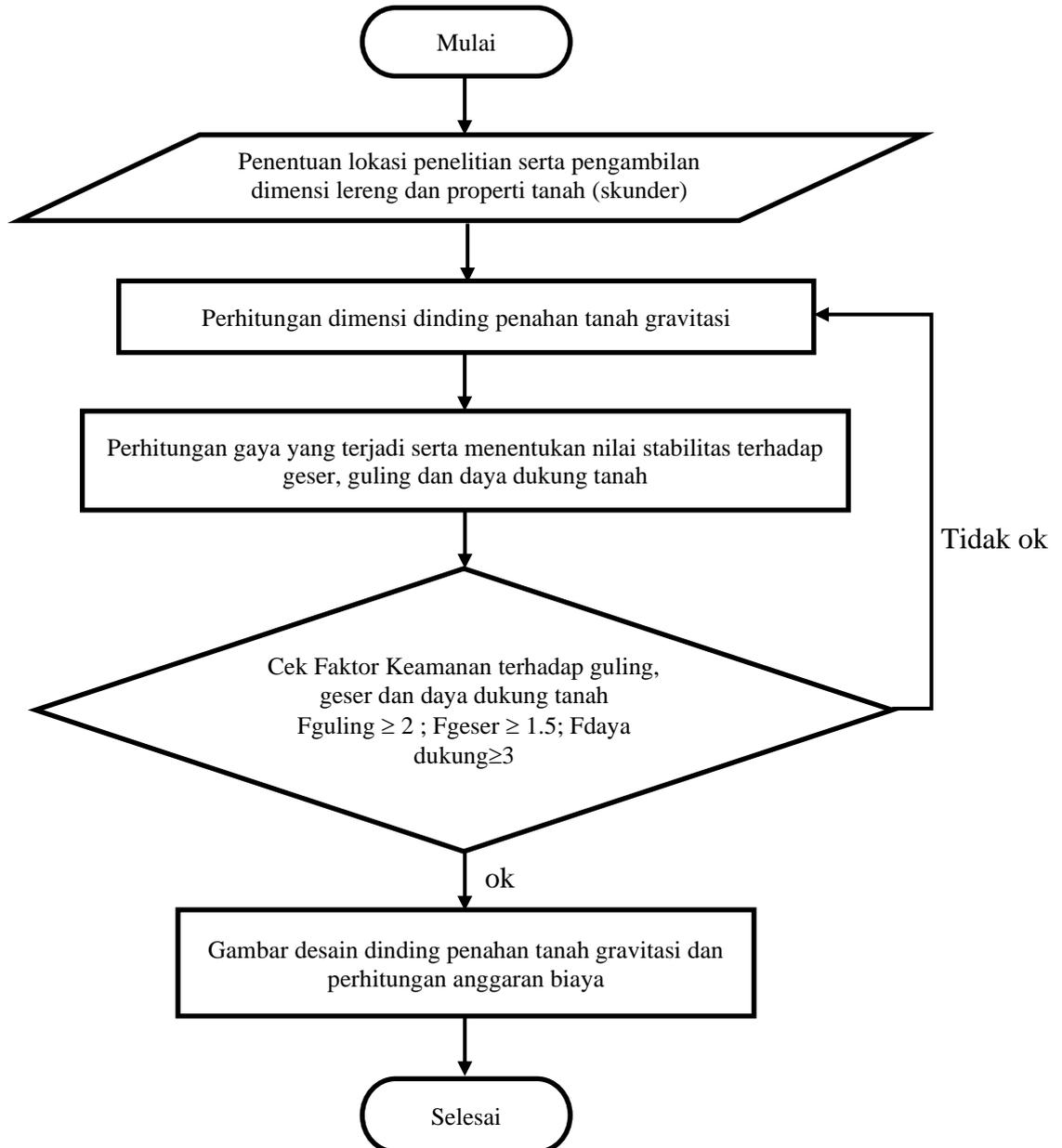
- c = kohesi tanah (KN/m²)
- B = lebar fondasi (m)
- e = eksentrisitas (m)
- V = Berat beban vertikal (KN)
- N_c, N_q, N_γ = Faktor kapasitas daya dukung
- γ = berat volume (KN/m³)

2. METODE PENELITIAN

Kriteria dalam penelitian ini adalah:

1. Tipe dinding penahan tanah yang direncanakan adalah dinding penahan tanah tipe gravitasi.
2. Jenis tanah yang didesain pada dinding penahan tanah ini adalah tanah pasir dan terdapat muka air tanah di lapisan keduanya.
3. Data properti tanah adalah data sekunder.
4. Konstruksi yang digunakan adalah pasangan batu kali (tanpa tulangan).
5. Tidak memperhitungkan beban gempa.
6. Ketinggian lereng setinggi 6 m.
7. Nilai rencana anggaran biaya yang dihitung untuk 1 meter satuan.

Penelitian ini dimulai dengan melakukan observasi ke komplek perkantoran Pemerintahan Kabupaten Padang Pariaman. Mengamati dan mengambil data tentang kondisi tanah yang ada di komplek tersebut. Setelah itu mendesain dinding penahan tanah yang cocok dengan kondisi lereng yang ada. Berikutnya mencari nilai-nilai faktor kestabilan terhadap geser, guling dan daya dukung tanah. Jika faktor kestabilan tersebut belum memenuhi syarat keamanan (F_s geser ≥ 2 ; F_s guling ≥ 1.5 ; dan F_s daya dukung ≥ 3) maka perlu didesain ulang dimensi dinding penahan tanah gravitasi tersebut. Salah satu caranya ialah dengan memperpanjang lebar tapak dinding tersebut. Setelah diperoleh faktor kestabilan yang aman maka nilai rencana anggaran biaya pembangunan dinding bisa dihitung. Menghitung rencana anggaran biaya untuk dinding penahan tanah ini dilakukan untuk 1-meter satuan, sehingga jika panjang dinding sepanjang 10 m maka nilai rencana anggaran biaya untuk 1-meter satuan tadi tinggal dikalikan 10 untuk mendapatkan total nilai anggaran biaya. Untuk lebih jelasnya, metoda perhitungannya bisa dilihat pada *flow chart* Gambar 7.



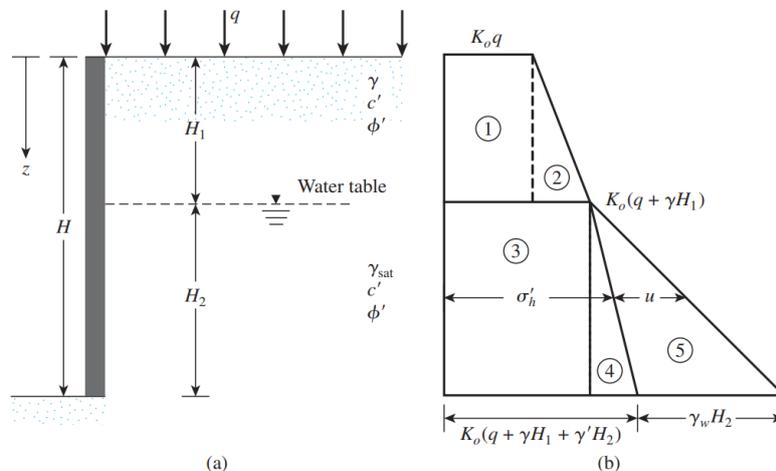
Gambar 7. Alur metoda penelitian desain dinding penahan tanah Gravitasi

3. HASIL DAN DISKUSI

Dari beberapa hasil *trial and error* dimensi dinding penahan tanah, maka Tabel 2 memperlihatkan dimensi yang aman terhadap stabilitas guling, geser, dan daya dukung tanah ialah (seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 5 sebelumnya). Berikutnya ialah menghitung nilai momen akibat gaya vertikal, berat dinding yang dibagi atas 3 area, berat tanah yang berada di atas tumit dinding (area nomor 4) dan berat tanah yang berada di atas tapak dinding bagian depan (area nomor 5). Perhitungannya bisa dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4. Gambar 8 menjelaskan tentang tekanan tanah lateral sesuai dengan kasus penelitian.

Tabel 2. Dimensi dinding dan data-data tanah

Simbol	Nilai	Simbol	Nilai
γ_1	16.5 kN/m ³	a	1 m
ϕ_1	30°	c	1.5 m
c_1	0 kN/m ²	e	(a+c)
γ_2	19.3 kN/m ³	L	2.5 m
ϕ_2	30°	B	5.5 m
c_2	0 kN/m ²	d	1.4 m
γ_3	20 kN/m ³	D	2.5 m
ϕ_3	30°	$N\gamma$	15.67
c_3	10 kN/m ²	Nc	30.14
$\gamma_{\text{batu kali}}$	21.575 kN/m ³	Nq	18.4



Gambar 8. Tekanan tanah lateral yang terjadi

Tabel 3. Menghitung nilai M_r

Bagian	Area	Berat/satuan unit panjang dinding	Lengan moment dari titik C	Moment C
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	4.6	101.2	2.5	253
2	3.45	75.9	1.5	113.85
3	7.7	169.4	2.75	465.85
4	15	277.6	4.25	1179.8
		$\Sigma V = 624.1$		$\Sigma M_r = 2012.5$
	P_p	128.906		

Tabel 4. Menghitung nilai Pa

Bagian	Pa	Lengan moment dari titik C	Moment C
1	22.667	5.15	116.733
2	7.947	4.867	38.678
3	97.538	2.15	209.707
4	29.276	1.433	41.962
5	90.601	1.433	129.861
	Σ Pa = 248.029	Σ Mo =	536.942

Dari persamaan (6) dan (10), maka nilai Faktor keamanan terhadap stabilitas guling:

$$F_s \text{ guling} = \frac{2012.5}{536.942} = 3.748 \geq 2$$

$$F_s \text{ geser} = \frac{381.841}{248.029} = 1.54 \geq 1.5$$

Serta dengan memakai persamaan (12), nilai Faktor keamanan terhadap daya dukung tanah, ialah:

$$F_s \text{ dd} = \frac{1390.19}{132.955} = 10.456 \geq 3$$

Untuk nilai perhitungan daya dukung ini, bisa dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai-nilai perhitungan daya dukung tanah

Bagian	Momen C
q	50
Fcd	1.172
Fqd	1.372
Fγd	1
Fci	0.809
Fqi	0.809
Fγi	0.489
Ψ	9.014
Q maks	132.955
Q min	93.99

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan dinding penahan tanah gravitasi menggunakan data sekunder dengan jenis tanah pasir dan adanya muka air tanah di belakang dinding tersebut, diperoleh dimensi dengan tinggi 6 meter, lebar telapak 5,5 meter, lebar *hell* 2,5 meter dan lebar *toe* 0,5 meter. Hasil perhitungan harus mendapatkan nilai faktor yang aman memenuhi batas stabilitas terhadap geser, guling, dan daya dukung tanah. Nilai stabilitas guling (F_s guling) dinding penahan tanah memenuhi faktor keamanan yaitu $5,25 > 2$. Stabilitas geser (F_s geser) memenuhi faktor keamanan di mana didapatkan nilai geser $1,57 > 1,5$. Stabilitas keruntuhan daya dukung tanah (F_s daya dukung) memenuhi faktor keamanan nilai daya dukung tanah, sebesar $5,11 > 3$.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada LPPM Unidha atas bantuan Hibah tahun 2022 yang sudah diberikan sehingga terlaksananya penelitian ini dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, I., Habir, & Panjaitan, M. (2017). Study Perbandingan Dinding Penahan Type Kantiliver Dengan Type Gravitasi Pada Perencanaan Penanganan Longsor Ruas Jalan Sanga-Sanga-Dondang Sta.4+000 Kutai Kartanegara. *KURVA S, Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknik Sipil*, 1(1), 1–8. <http://ejurnal.untag-smd.ac.id/index.php/TEK/article/view/3160/3095>
- Brooks, H., & Nielsen, J. P. (2013). *Basics of Retaining Wall Design Basics of Retaining Wall Design* (10 th). since 1992. www.hbap.com
- Djunaedi, R. R. (2020). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi. Studi Kasus : Sdn Lio , Kecamatan Cireunghas. *Jurnal Student Teknik Sipil*, 1(2), 55–64.
- Geoguide1. (2017). *Guide to Retaining Wall Design Guide to Retaining Wall Design* (P. L. . Pang (ed.); 17th ed.). Geotechnical Engineering Office, Civil Engineering and Development Departement, Civil Engineering Building, 101 Princess Margaret Road, Homantin, Kowloon, Hongkong.
- Jalang, Y. (2018). Studi Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi pada Jalan Brigjen Abdul Manan Wijaya Kecamatan Pujon Kab. Malang. *Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan*, 1(September), 1–5. <https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin/article/view/47>
- Suhudi, S., & Rahma, P. D. (2022). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi di Desa Mulyorejo Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 9(2), 2. <https://doi.org/10.21063/jts.2022.v902.02>