

ANALISIS PERBANDINGAN STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH KANTILEVER DAN GRAVITASI DENGAN PERHITUNGAN MANUAL DAN GEOSTUDIO SLOPE/W

Faradila Tasya Bafany¹, Novita Anggraini², Dandung Novianto³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email : faratasvab@gmail.com¹, novitaanggarini@polinema.ac.id², dandung.novianto@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Lereng merupakan permukaan tanah yang memiliki kemiringan dan dapat mengalami kelongsoran apabila tidak dilengkapi dengan perkuatan yang memadai. Salah satu upaya untuk meningkatkan kestabilan lereng adalah dengan menggunakan dinding penahan tanah. Pada proyek pembangunan Gedung Mahad UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, yang terletak di daerah dengan kemiringan tanah yang cukup tinggi, diperlukan analisis kestabilan lereng untuk menentukan jenis perkuatan yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan lereng pada kondisi eksisting serta membandingkan dengan perkuatan menggunakan dua tipe dinding penahan tanah, yaitu tipe kantilever dan gravitasi. Analisis dilakukan dengan perhitungan manual dan GeoStudio Slope/W 2022 untuk mengevaluasi faktor keamanan terhadap geser, guling, dan keruntuhan kapasitas daya dukung pada kondisi normal dan seismik. Hasil analisis menunjukkan bahwa lereng eksisting tidak stabil, dengan nilai FK kurang dari 1,5 sehingga memerlukan perkuatan. Sementara itu, hasil analisis kedua tipe dinding penahan tanah menunjukkan bahwa lereng stabil dengan FK lebih besar dari 1,5 pada kedua kondisi. Dinding penahan tipe kantilever dinilai lebih efektif digunakan sebagai perkuatan tanah pada area Gedung Mahad dari segi kekuatan struktur. Sedangkan apabila ditinjau dari segi biaya, tipe gravitasi lebih ekonomis dengan estimasi anggaran Rp 2.625.093.588,75, sedangkan tipe kantilever membutuhkan anggaran Rp 4.426.896.678,58.

Kata kunci: stabilitas lereng, angka keamanan, dinding penahan tanah, GeoStudio Slope/W 2022, rencana anggaran biaya.

ABSTRACT

Slopes are land surfaces with a gradient that can experience landslides if not supported with adequate reinforcement. One of the efforts to improve slope stability is by using retaining walls. In the construction project of the Mahad Building at UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, located in an area with a fairly steep terrain, a slope stability analysis is necessary to determine the appropriate reinforcement type. This study aims to analyze the slope stability under existing conditions and compare it with reinforcement using two types of retaining walls, namely cantilever and gravity types. The analysis was performed using manual calculations and GeoStudio Slope/W 2022 to evaluate the factor of safety against sliding, overturning, and bearing capacity failure under both normal and seismic conditions. The analysis results indicate that the existing slope is unstable, with a factor of safety (FoS) less than 1.5, thus requiring reinforcement. Meanwhile, the analysis of both retaining wall types shows that the slope becomes stable with a FoS greater than 1.5 under both conditions. The cantilever retaining wall type is considered more effective as soil reinforcement for the Mahad Building area in terms of structural strength. However, from a cost perspective, the gravity type is more economical, with an estimated budget of IDR 2,625,093,588.75, while the cantilever type requires an estimated budget of IDR 4,426,896,678.58.

Keywords: slope stability, factor of safety, retaining walls, GeoStudio Slope/W 2022, cost estimate.

1. PENDAHULUAN

Lereng merupakan permukaan tanah yang memiliki kemiringan dan dapat mengalami kelongsoran apabila tidak dilengkapi dengan perkuatan yang memadai. Salah satu upaya untuk meningkatkan kestabilan lereng adalah dengan menggunakan dinding penahan tanah. Dari beberapa jenis dinding penahan tanah yang ada tipe yang paling umum digunakan adalah tipe kantilever dan tipe gravitasi. Pembangunan Gedung Mahad UIN Maulana Malik Ibrahim

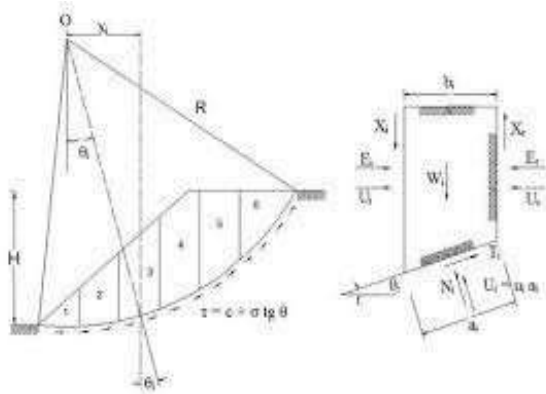
Malang terdiri dari 4 lantai dengan luas keseluruhan ± 14.402 m². Pembangunan gedung ini terletak di daerah dengan lahan yang miring. Berdasarkan data pengujian tanah, jenis tanah pada area tersebut adalah berjenis tanah lempung. Kondisi ini memungkinkan area tersebut mengalami kelongsoran apabila tidak diberi perkuatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan pada kondisi eksisting dibandingkan dengan perkuatan dinding penahan tanah tipe kantilever dan gravitasi terhadap geser, guling dan keruntuhan dengan

membandingkan hasil perhitungan berdasarkan perhitungan manual dan dengan Program GeoStudio Slope/W 2022.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Stabilitas Lereng

Metode Bishop adalah salah satu untuk menganalisis kestabilan lereng asli tanpa perkutan. Metode ini cocok untuk mencari keruntuhan kritis secara otomatis yang berbentuk bujur sangkar untuk mencari faktor keamanan minimum. Berikut gaya yang bekerja dan rumus yang digunakan dalam untuk menghitung dalam metode bishop.



Gambar 1. Gaya yang bekerja pada Metode Bishop
Sumber : A.W. Bishop, 1955

$$\text{FK} = \frac{\Sigma \frac{1}{m_a} (c b + (W \cos \alpha - u b) \tan \Phi)}{\Sigma W \sin \alpha} \quad (1)$$

Keterangan :

W = berat segmen tanah (kN/m)

c = kohesi tanah (kN/m²)

b = lebar horizontal segmen (m)

 ϕ = sudut geser dalam tanah ($^{\circ}$)
$$\alpha = \text{sudut kemiringan } (^{\circ})$$

u = tekanan air pori (kN/m²)

Dalam melakukan analisis kestabilan lereng dengan pengaruh gempa dilakukan dengan metode *pseudostatic* yang mana memerlukan koefisien gempa horizontal (k_h) seperti ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\text{FK} = \frac{\Sigma (cb \sec \alpha + (W \cos \alpha - u b) \tan \phi)}{\Sigma W \sin \alpha + kh W \left(\frac{L}{R} \right)} \quad (2)$$

$$k_h = 0,5 \times \frac{P_{GAM}}{g} \quad (3)$$

Keterangan :

kh = koefisien gempa horizontal

L = jarak horizontal dari pusat massa irisan terhadap pusat momen (m)

$$R = \text{jari-jari (m)}$$

Tabel 1. Nilai faktor keamanan untuk perancangan lereng

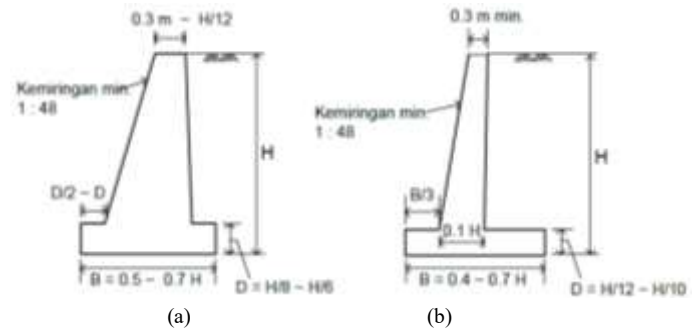
Faktor Keamanan	Keadaan Lereng
$F < 1,00$	Lereng dalam kondisi tidak mantap (labil)
$1,00 < F < 1,20$	Lereng dalam kondisi kemantapan diragukan
$1,30 < F < 1,40$	Lereng dianjurkan untuk diberi perkuatan

$1,50 < F < 1,70$	Lereng dalam kondisi mantap (stabil)
-------------------	--------------------------------------

Sumber : SNI 8460-2017

Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah struktur yang dirancang untuk menahan tekanan tanah dan mencegah lereng dari runtuh. Tipe dinding penahan tanah yang akan di analisa adalah tipe kantilever dan gravitasi.



Gambar 2. Persyaratan dimensi dinding penahan tanah (a) tipe gravitasi dan (b) tipe kantilever

Sumber : SNI 8460-2017

Tekanan Tanah Lateral

Persamaan koefisien tekanan tanah dalam kondisi normal didapatkan dengan persamaan Teori Rankine sebagai berikut.

$$K_a = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) \quad (4)$$

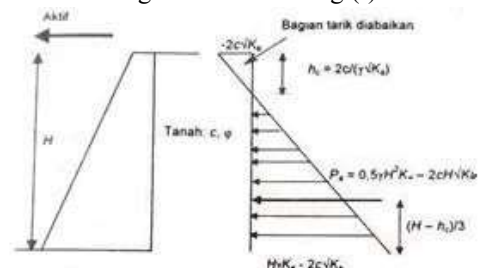
$$K_p = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \quad (5)$$

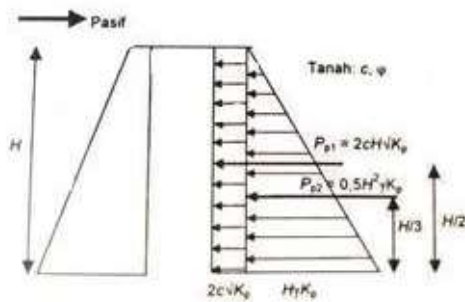
Persamaan koefisien tekanan tanah dalam kondisi seismik dapat didapatkan dengan persamaan Teori Mononobe-Okabe sebagai berikut.

$$K_{AE} = \frac{\sin^2(\alpha + \theta + \phi)}{\cos \theta \sin^2 \alpha \sin(\alpha + \theta + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta - \beta)}{\sin(\alpha + \delta + \theta) \sin(\alpha - \beta)}} \right]^2} \quad (6)$$

$$K_{PE} = \frac{\sin^2(\alpha + \theta + \phi)}{\cos \theta \sin^2 \alpha \sin(\alpha + \theta + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \theta + \beta)}{\sin(\alpha + \delta + \theta) \sin(\alpha - \beta)}} \right]^2} \quad (7)$$

Keterangan :

$$\delta = \text{sudut gesek } (^{\circ})$$
$$\alpha = \text{sudut dinding belakang } (^{\circ})$$
$$\beta = \text{sudut kemiringan tanah belakang } (^{\circ})$$




Gambar 3. Diagram tekanan tanah aktif dan pasif pada tanah kohesif
Sumber : Hardiyatmo, 2006

Tekanan aktif total (P_a) dan tekanan pasif total (P_p) kondisi normal dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$P_a = 0,5 H^2 \gamma K_a - 2c\sqrt{K_a} \quad (8)$$

$$P_p = 0,5 H^2 \gamma K_p + 2c\sqrt{K_p} \quad (9)$$

Keterangan :

γ = berat volume tanah (kN/m^3)

H = tinggi dinding penahan tanah (m)

Tekanan aktif total (P_{AE}) dan tekanan pasif total (P_{PE}) kondisi seismik dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$P_{AE} = 0,5 H^2 \gamma K_{AE} \quad (10)$$

$$P_{PE} = 0,5 H^2 \gamma K_{PE} \quad (11)$$

Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Berikut ini adalah analisis dan kontrol kestabilan pada dinding penahan tanah.

a. Analisis Stabilitas Terhadap Guling

Faktor keamanan terhadap guling dapat dihitung dengan persamaan (Bowles, 1989) berikut.

$$FK_{\text{overturning}} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_O} > 2 \quad (12)$$

Keterangan :

ΣM_R = momen melawan penggulingan (kN.m)

ΣM_O = momen mengakibatkan penggulingan (kN.m)

b. Analisis Stabilitas Terhadap Geser

Faktor keamanan terhadap geser dapat dihitung dengan persamaan (Bowles, 1989) berikut.

$$FK_{\text{sliding}} = \frac{\Sigma F_R}{\Sigma F_d} > 1,5 \quad (13)$$

keterangan :

ΣF_R = gaya penahan horizontal (kN/m)

ΣF_d = gaya pendorong horizontal (kN/m)

c. Analisis Stabilitas Kapasitas Dukung Tanah

Nilai kapasitas daya dukung tanah dapat diketahui dengan persamaan Terzaghi berikut.

$$q_u = c'N_c F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma F_{yd} F_{yi} \quad (14)$$

$$q = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad (15)$$

$$X = \frac{\Sigma M_R - \Sigma M_O}{\Sigma V} \quad (16)$$

$$e = \frac{B}{2} - X \quad (17)$$

Keterangan :

e = eksentrisitas (m)

D_f = kedalaman pondasi (m)

B = lebar dasar (m)

N_c, N_q, N_γ = faktor daya dukung

Untuk mengetahui keamanan daya dukung tanah dapat dihitung dengan persamaan Terzaghi berikut.

$$FK_{\text{bearing}} = \frac{q_u}{q_{\text{max}}} > 3 \quad (18)$$

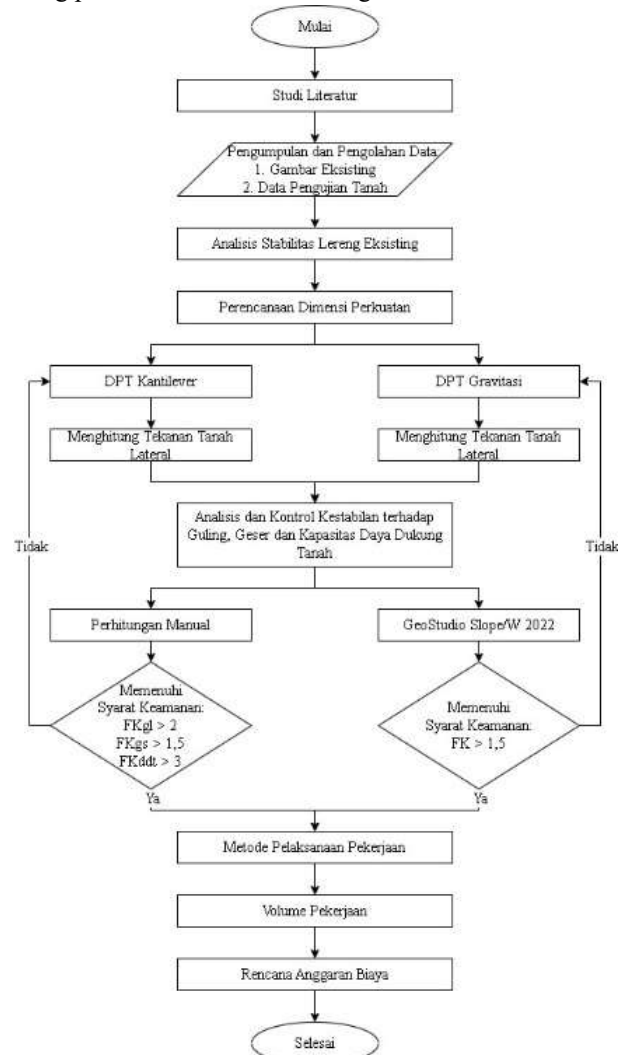
keterangan :

q_u = kapasitas dukung ultimit (kN/m^2)

q_{max} = tekanan akibat beban struktur (kN/m^2)

3. METODE

Adapun tahapan analisis stabilitas lereng eksisting dan dinding penahan tanah adalah sebagai berikut.



Gambar 4. Bagan Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data Tanah

Berdasarkan hasil pengujian tanah, parameter yang ada selanjutnya akan dikorelasikan untuk mendapatkan nilai parameter tanah yang dibutuhkan. Hasil korelasi dapat dilihat pada **Tabel 2**. Berikut.

Tabel 2. Korelasi Parameter Tanah

Lapisan	Konsistensi	c (kN/m ²)	ϕ (°)	γ_{dry} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
Lapisan 1 1–2m	Hard Clay	15,0	42,3	18,6	20,6
Lapisan 2 3–4m	Very Stiff	12,7	35,1	18,2	20,0
Lapisan 3 5–30m	Hard Clay	18,5	35,9	19,1	21,5

Analisis Pembebanan

Berdasarkan pemodelan struktur dengan menggunakan RSAP 2022, didapatkan nilai beban merata sebagai berikut.

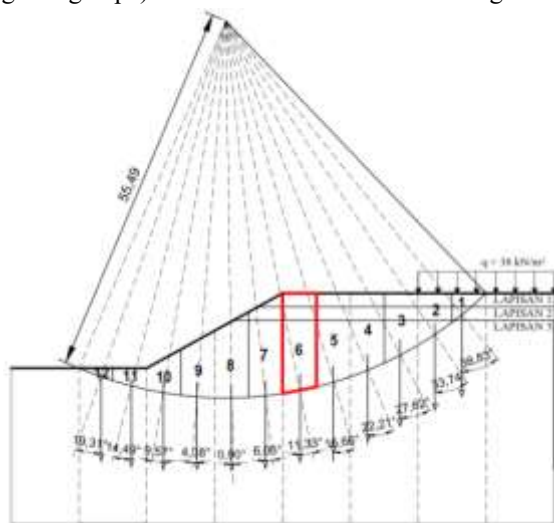
$$q = \frac{W}{A} = \frac{35059,52}{24 \times 39} = 37,46 \text{ kN/m}^2$$

Berdasarkan analisis menggunakan Aplikasi Spektrum Respon Desain Indonesia lokasi pembangunan gedung ini termasuk pada kelas situs batuan (SB) maka nilai koefisien seismik horizontal (K_h) didapatkan sebesar.

$$\begin{aligned} k_h &= F_{PGA} \times PGA_M \\ &= 1,000 \times 0,398 \\ &= 0,199 \end{aligned}$$

Analisis Stabilitas Lereng Eksisting

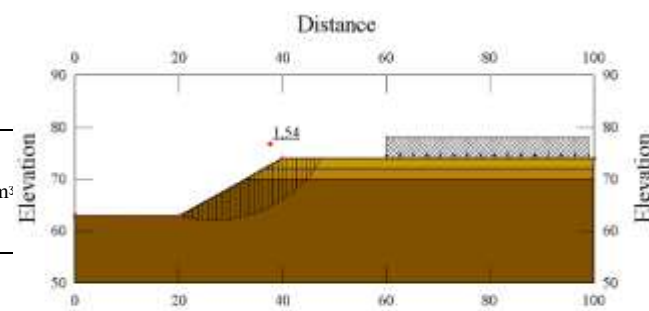
Lereng eksisting akan dianalisa berdasarkan kondisi normal (tanpa pengaruh gempa) dan kondisi seismik (dengan pengaruh gempa). Berikut analisis stabilitas lereng eksisting.



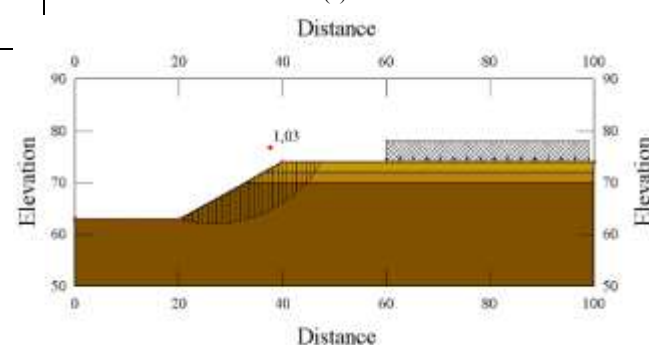
Gambar 5. Bidang longsor lereng

$$FK = \frac{\sum \frac{1}{m_a} (c b + (W \cos \alpha - u b) \tan \phi)}{\sum W \sin \alpha} = \frac{2294,35}{1921,92} = 1,19 < 1,50 \text{ NOT OK!}$$

$$FK = \frac{\sum c b \sec \alpha + (W \cos \alpha - u b) \tan \phi}{\sum W \sin \alpha + k_h W \left(\frac{L}{R} \right)} = \frac{2860,87}{3620,63} = 0,79 < 1,50 \text{ NOT OK!}$$



(a)



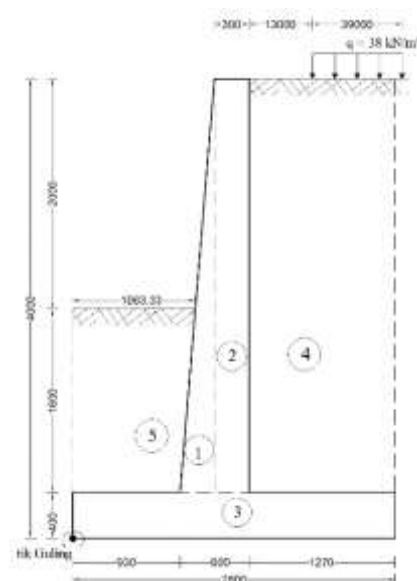
(b)

Gambar 6. Stabilitas lereng eksisting (a) kondisi normal; (b) kondisi seismik

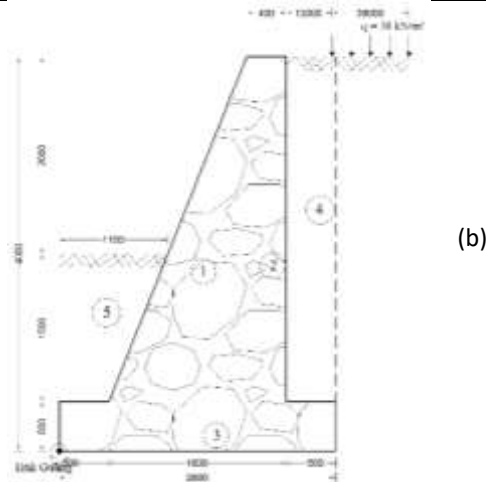
Berdasarkan analisa di atas, angka keamanan lereng pada kedua kondisi menunjukkan bahwa lereng memerlukan penguatan.

Desain Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah didesain dengan mengacu pada SNI 8460-2017 seperti pada **Gambar 3**.



(a)



Gambar 7. Dimensi dinding penahan tanah (a) tipe kantilever; (b) tipe gravitasi

Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever

Tabel 3. Tinjauan gaya vertikal

Area No.	Luas (m ²)	Berat (kN)	Titik Berat (m)	Momen (kNm)
1	0,54	12,96	1,08	14,04
2	1,08	25,92	1,38	35,86
3	1,12	26,88	1,40	37,63
4	4,56	91,21	2,17	197,62
5	1,60	31,94	0,47	14,91
q		37,46	2,17	81,16
		ΣPW = 226,37		ΣMW = 381,21

Pa5	akibat tanah	$\frac{1}{2} K_a(2) \gamma'(2) H^2$	21,51	0,67	14,34
PW	akibat muka air tanah	$\frac{1}{2} \gamma_w H^2$	19,62	0,67	13,08
PAE1	pengaruh gempa	$\frac{1}{2} K_{AE} \gamma(1) H^2$	17,68	3,20	56,58
PAE2	pengaruh gempa	$\frac{1}{2} K_{AE} \gamma'(2) H^2$	20,36	1,20	24,43
		ΣPA =	106,84	ΣMPA =	166,48

Tabel 5. Tinjauan gaya horizontal untuk tanah pasif

No	Tekanan Tanah		PP (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
Pp1	pengaruh kohesi	$2 c(3) \sqrt{K_p}$	58,72	1,00	58,72
Pp2	akibat tanah	$\frac{1}{2} K_p \gamma'(3) H^2$	86,20	0,67	57,46
PPE	pengaruh gempa	$\frac{1}{2} K_{PE} \gamma'(3) H^2$	24,79	1,20	29,75
		ΣPP =	169,71	ΣMPP =	145,94

Kontrol Stabilitas Guling

$$\Sigma M_R = \Sigma M_W = 381,21 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_O = \Sigma M_{PA} = 166,48 \text{ kNm}$$

$$FK_{\text{overturning}} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_O} = \frac{381,21}{166,48} = 2,29 > 2,00 \text{ OK!}$$

Kontrol Stabilitas Geser

$$\Sigma F_R = \Sigma P_W = 226,37 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_d = \Sigma P_A = 68,80 \text{ kN}$$

$$FK_{\text{sliding}} = \frac{\Sigma F_R}{\Sigma F_d} = \frac{226,37}{106,84} = 2,12 > 1,50 \text{ OK!}$$

Kontrol Stabilitas Daya Dukung Tanah Dasar

$$\Sigma V = \Sigma P_W = 226,37 \text{ kN}$$

$$\Sigma M = \Sigma M_R - \Sigma M_O = 381,21 - 166,48 = 214,74 \text{ kNm}$$

$$X = \frac{\Sigma M_R - \Sigma M_O}{\Sigma V} = \frac{381,21 - 214,74}{226,37} = 0,95 \text{ m}$$

$$e = \frac{B}{2} - X = \frac{2,80}{2} - 0,94 = 0,45 \text{ m} < \frac{B}{6} = \frac{2,80}{6} = 0,47 \text{ m}$$

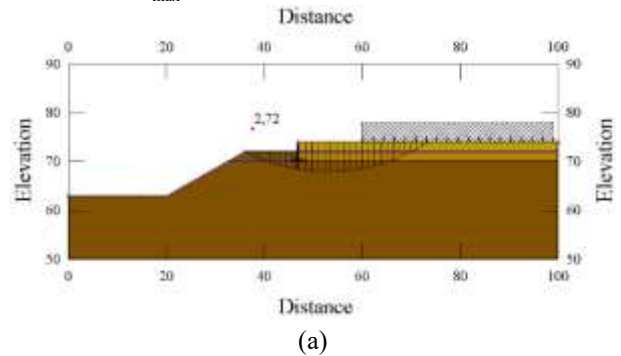
$$q_u = c' N_c F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B' N_y F_{yd} F_{yi}$$

$$= (20)(22,25)(1,34)(0,96) + (40)(11,80)(1,33)(0,96) + \frac{1}{2} (20)(1,90)(8,00)(1,00)(0,83)$$

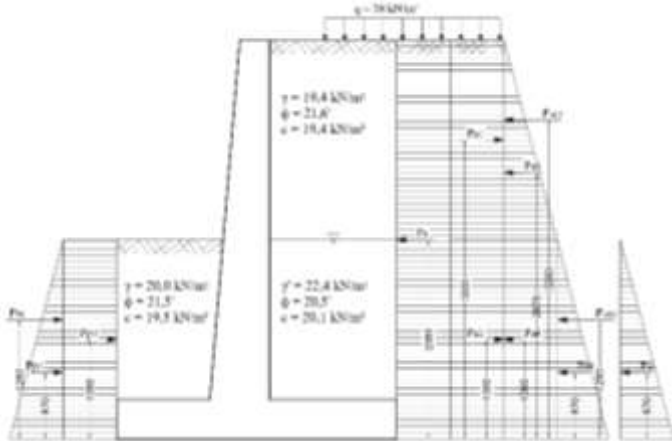
$$= 1297,98 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{max}} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) = \frac{226,37}{2,80} \left(1 + \frac{6(0,45)}{2,80} \right) = 159,05 \text{ kN/m}^2$$

$$FK_{\text{bearing}} = \frac{q_u}{q_{\text{max}}} = \frac{1297,98}{159,05} = 8,16 > 3,00 \text{ OK!}$$



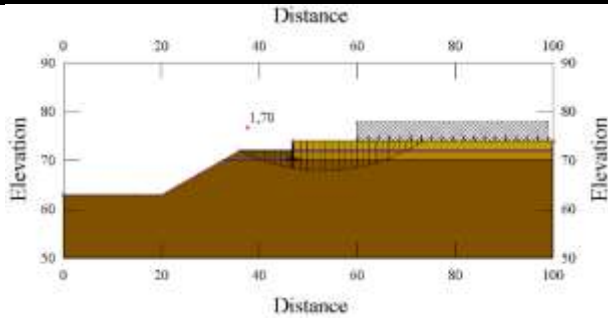
(a)



Gambar 12. Tekanan tanah lateral

Tabel 4. Tinjauan gaya horizontal untuk tanah pasif

No	Tekanan Tanah		PA (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
PS	akibat beban merata	$q/90 (H (\theta_1 - \theta_2))$	26,64	3,00	79,91
Pa1	pengaruh kohesi	$-2 c(1) \sqrt{K_a(1)}$	-26,41	3,00	-79,22
Pa2	pengaruh kohesi	$-2 c(2) \sqrt{K_a(2)}$	-27,88	1,00	-27,88
Pa3	akibat tanah	$1/2 K_a(1) \gamma(1) H^2$	17,95	2,67	47,87
Pa4	akibat tanah	$K_a(2) \gamma(1) H^2$	37,36	1,00	37,36



Gambar 8. Stabilitas DPT kantilever (a) kondisi normal; (b) kondisi seismik

Stabilitas Dinding Penahan Tanah Gravitasi

Tabel 6. Tinjauan gaya vertikal

Area No.	Luas (m ²)	Berat (kN)	Titik Berat (m)	Momen (kNm)
1	2,28	50,05	1,15	57,56
2	1,75	38,50	2,05	78,93
3	1,40	30,80	1,40	43,12
4	1,75	35,00	2,55	89,26
5	1,20	24,00	0,25	6,00
q		37,46	2,55	95,51
	ΣPW =	215,81	ΣMW =	370,38



Gambar 9. Tekanan tanah lateral

Tabel 7. Tinjauan gaya horizontal untuk tanah pasif

No	Tekanan Tanah	PA (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
PS	akibat beban merata	26,64	3,00	79,91
Pa1	pengaruh kohesi	-26,41	3,00	-79,22
Pa2	pengaruh kohesi	-27,88	1,00	-27,88
Pa3	akibat tanah	17,95	2,67	47,87
Pa4	akibat tanah	37,36	1,00	37,36
Pa5	akibat tanah	21,51	0,67	14,34
PW	akibat muka air tanah	19,62	0,67	13,08
PAE1	pengaruh gempa	17,68	3,20	56,58

PAE2	pengaruh gempa	1/2 KAE $\gamma'(2) H^2$	20,36	1,20	24,43
		ΣPA =	106,84	ΣMPA =	166,48

Tabel 8. Tinjauan gaya horizontal untuk tanah pasif

No	Tekanan Tanah		PP (kN)	Lengan (m)	Momen (kNm)
Pp1	pengaruh kohesi	$2 c(3) \sqrt{K_p}$	58,72	1,00	58,72
Pp2	akibat tanah	$\frac{1}{2} K_p \gamma'(3) H^2$	86,20	0,67	57,46
PPE	pengaruh gempa	$\frac{1}{2} K_{PE} \gamma'(3) H^2$	24,79	1,20	29,75
		ΣPP =	169,71	ΣMPP =	145,94

Kontrol Stabilitas Guling

$$\Sigma M_R = \Sigma M_W = 370,38 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_O = \Sigma M_P = 166,48 \text{ kNm}$$

$$FK_{\text{overturning}} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_O} = \frac{370,38}{166,48} = 2,22 > 2,00 \text{ OK!}$$

Kontrol Stabilitas Geser

$$\Sigma F_R = \Sigma P_W = 215,81 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_d = \Sigma P_A = 106,84 \text{ kN}$$

$$FK_{\text{sliding}} = \frac{\Sigma F_R}{\Sigma F_d} = \frac{215,81}{106,84} = 2,02 > 1,50 \text{ OK!}$$

Kontrol Stabilitas Daya Dukung Tanah Dasar

$$\Sigma V = \Sigma P_W = 215,81 \text{ kN}$$

$$\Sigma M = \Sigma M_R - \Sigma M_O = 370,38 - 166,48 = 203,90 \text{ kNm}$$

$$X = \frac{\Sigma M_R - \Sigma M_O}{\Sigma V} = \frac{370,38 - 166,48}{215,81} = 0,94 \text{ m}$$

$$e = \frac{B}{2} - X = \frac{2,80}{2} - 0,94 = 0,46 \text{ m} < \frac{B}{6} = \frac{2,80}{6} = 0,47 \text{ m}$$

$$q_u = c'N_c F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B' N_y F_{yd} F_{yi}$$

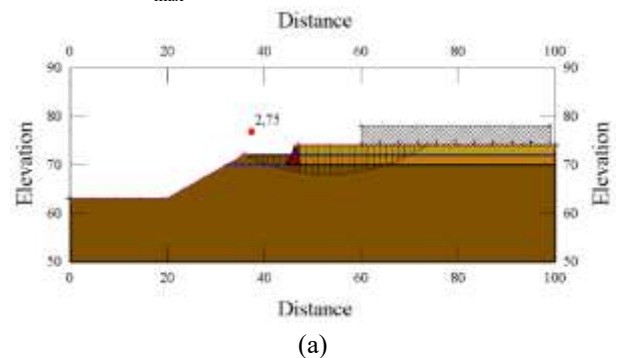
$$= (20)(22,25)(1,34)(0,96) + (40)(11,80)(1,33)(0,96)$$

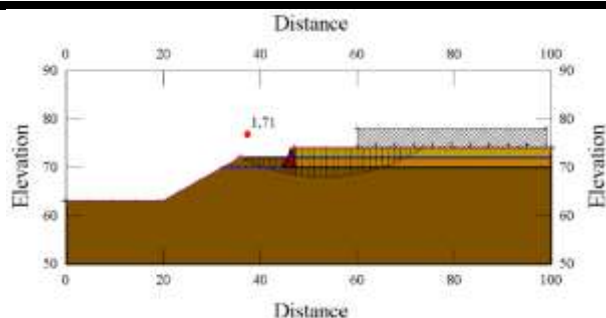
$$+ \frac{1}{2} (20)(1,89)(8,00)(1,00)(0,83)$$

$$= 1302,88 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{max}} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) = \frac{215,81}{2,80} \left(1 + \frac{6(0,46)}{2,80} \right) = 152,26 \text{ kN/m}^2$$

$$FK_{\text{bearing}} = \frac{q_u}{q_{\text{max}}} = \frac{1302,88}{152,26} = 8,56 > 3,00 \text{ OK!}$$





(b)
Gambar 10. Stabilitas DPT kantilever (a) kondisi normal; (b) kondisi seismik

Rekapitulasi Faktor Keamanan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan berikut rekapitulasi angka keamanan stabilitas

Tabel 9. Rekapitulasi Nilai Faktor Keamanan

Kondisi		Kontrol Stabilitas				
		Program	Perhitungan Manual			
		Slope/W < 1,5	Bishop < 1,5	Guling > 2	Geser > 1,5	Daya Dukung > 3
Lereng Eksisting	Normal	1,54	1,19			
		(Stabil)	(Tidak Stabil)			
	Seismik	1,03	0,79			
		(Tidak Stabil)	(Tidak Stabil)			
DPT Kantilever	Normal	2,72		4,46	3,29	12,50
		(Stabil)		(Stabil)	(Stabil)	(Stabil)
	Seismik	1,70		2,29	2,12	8,16
		(Stabil)		(Stabil)	(Stabil)	(Stabil)
DPT Gravitasi	Normal	2,75		4,33	3,14	13,51
		(Stabil)		(Stabil)	(Stabil)	(Stabil)
	Seismik	1,71		2,22	2,02	8,56
		(Stabil)		(Stabil)	(Stabil)	(Stabil)

Rencana Anggaran Biaya

Berikut besaran anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan DPT tipe kantilever maupun gravitasi.

Tabel 10. Rencana Anggaran Biaya

NO.	ITEM PEKERJAAN	HARGA (Rp.)	BOBOT
DINDING PENAHAN TANAH TIPE KANTILEVER			
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	55.750.421,42	1,26%
B	PEKERJAAN TANAH	409.222.471,28	9,24%
C	PEKERJAAN BETON	3.851.628.444,78	87,01%
D	PEKERJAAN DRAINASE	110.295.341,11	2,49%
TOTAL BIAYA PEKERJAAN		4.426.896.678,58	100,00 %
DINDING PENAHAN TANAH TIPE GRAVITASI			
A	PEKERJAAN PERSIAPAN	55.750.421,42	2,12%
B	PEKERJAAN TANAH	441.357.495,09	16,81%
C	PEKERJAAN BETON	1.959.327.030,64	74,64%
D	PEKERJAAN DRAINASE	168.658.641,61	6,42%
TOTAL BIAYA PEKERJAAN		2.625.093.588,75	100,00 %

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa perbandingan dinding penahan tanah tipe kantilever dan tipe gravitasi dengan membandingkan ukuran tapak yang sama dan ketinggian yang sama yang telah diuraikan di atas, dapat disimpulkan beberapa hal seperti berikut.

- Hasil analisis lereng eksisting berdasarkan perhitungan manual pada kondisi normal diperoleh $FK = 1,19 > 1,5$ (tidak stabil); kondisi seismik $FK = 0,79 < 1,5$ (tidak stabil). Berdasarkan analisa GeoStudio Slope/W pada kondisi normal $FK = 1,54 > 1,5$ (stabil); kondisi seismik $FK = 1,03 < 1,5$ (tidak stabil). Nilai angka keamanan tersebut menunjukkan bahwa lereng pada area Gedung Mahad tidak stabil dan membutuhkan perkuatan tanah.

- Hasil analisis perbandingan perkuatan dinding penahan tanah tipe kantilever dan tipe gravitasi dengan perhitungan manual dan Program GeoStudio Slope/W didapatkan nilai angka keamanan sebagai berikut.

a. Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever :

Kondisi normal : $FK_{(overturning)} = 4,46 > 2$ (stabil); $FK_{(sliding)} = 3,29 > 1,5$ (stabil); $FK_{(bearing)} = 12,50 > 3$ (stabil); GeoStudio Slope/W $FK = 2,72 > 1,5$ (stabil)

Kondisi seismik : $FK_{(overturning)} = 2,29 > 2$ (stabil); $FK_{(sliding)} = 2,12 > 1,5$ (stabil); $FK_{(bearing)} = 8,16 > 3$ (stabil); GeoStudio Slope/W $FK = 1,70 > 1,5$ (stabil)

b. Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi :

Kondisi normal : $FK_{(overturning)} = 4,33 > 2$ (stabil); $FK_{(sliding)} = 3,14 > 1,5$ (stabil); $FK_{(bearing)} = 13,51 > 3$ (stabil); GeoStudio Slope/W $FK = 2,75 > 1,5$ (stabil)

Kondisi seismik : $FK_{(overturning)} = 2,22 > 2$ (stabil); $FK_{(sliding)} = 2,02 > 1,5$ (stabil); $FK_{(bearing)} = 8,56 > 3$ (stabil); GeoStudio Slope/W $FK = 1,71 > 1,5$ (stabil)

Berdasarkan hasil analisis di atas menunjukkan bahwa dinding penahan tipe kantilever dinilai lebih efektif digunakan sebagai perkuatan tanah pada area Gedung Mahad dari segi kekuatan struktur.

- Hasil perhitungan rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan dinding penahan tanah tipe kantilever sebesar Rp. 4.426.896.678,58 sedangkan

rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk dinding penahan tanah tipe gravitasi sebesar Rp. 2.625.093.588,75. Ditinjau dari segi biaya, dinding penahan tanah tipe gravitasi lebih ekonomis dibandingkan dengan tipe kantilever.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Anggraini, dkk. 2022. *Perbandingan Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi Dan Kantilever Menggunakan Geostudio Slope/W Pada Proyek Jalur Lintas Selatan Lot 7 Blitar*. Malang: Politeknik Negeri Malang
- [2.] Annarose, dkk. 2023. *Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever pada Jalan Soekarno-Hatta Kilometer 48 Samarinda-Balikpapan*. Malang: Institut Teknologi Nasional.
- [3.] Badan Standarisasi Nasional. 2019. *SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [4.] Badan Standarisasi Nasional. 2017. *SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [5.] Das, Braja M. 2011. *Principles of Foundation Engineering, 7th Edition*. USA: Global Engineering.
- [6.] Das, Braja M. 2010. *Principles of Geotechnical Engineering, 7th Edition*. USA: Global Engineering.
- [7.] Wesley, L.D. 2017. *Mekanika Tanah: Edisi II*. Yogyakarta: Andi.
- [8.] Hardiyatmo, H.C. 2012. *Mekanika Tanah II Edisi Kelima*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [9.] Sosrodarsono, Suyono dan Kazuto Nakazawa. 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: Pradnya Paramitha.
- [10.] Setiawan, Agus. 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Penerbit Erlangga.