

PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE KANTILEVER PADA GEDUNG PERKANTORAN X DI KOTA DEPOK

Tati Noviati

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan / Teknik Sipil, tatinoviati@staff.gunadarma.ac.id, Universitas Gunadarma

ABSTRACT

An office is a building that is the center of all activities of a company. Offices can be built on a variety of land including unstable land or slopes and cliffs. Development on slopes can be easily disrupted by various things. Office buildings built on slopes require cantilever type retaining walls where cantilever type retaining walls are commonly used in soil conditions such as slopes or cliffs. The purpose of the study was to design a retaining wall and calculate the costs involved in the construction of the retaining wall. The research was conducted on an 8-story office building located on a slope or cliff by planning a cantilever type retaining wall. The cantilever type retaining wall planning method uses AutoCad and Microsoft Excel using the SNI 8460-2017 reference standard. The cantilever type retaining wall designed has dimensions of 6,00 m high and 4,20 meters wide in order to withstand the soil around the office building. The results showed that the safety factor on the slope using the Fellinius method obtained a value of 1,77 by having a retaining wall dimension area of 17,76 m². The stability obtained in the form of shear stability of 1,51, rolling stability of 2,38 and stability of soil bearing capacity using the Terzaghi equation was found to be 5,64. The total settlement that occurred in the soil amounted to 15,56 mm. The reinforcement required on the retaining wall is D19-200, D19-166 and D19-142 on the vertical wall reinforcement while the reinforcement on the footplate is D19-142. The results of the calculation of the cost budget plan which includes excavation of soil, wall formwork, reinforcement, ready mix concrete and landfill are estimated for the planning of cantilever type retaining walls amounting to Rp. 2.114.518.361.

Keywords: Office, Soil, Retaining Wall, Soil Stability, Reinforcement.

ABSTRAK

Kantor merupakan sebuah bangunan yang menjadi pusat segala aktifitas sebuah perusahaan. Kantor dapat berdiri di berbagai bidang tanah termasuk tanah yang tidak stabil atau lereng maupun tebing. Pembangunan di daerah lereng dapat mudah terganggu dengan berbagai hal. Gedung perkantoran yang dibangun di lereng memerlukan dinding penahan tanah tipe kantilever dimana dinding penahan tanah tipe kantilever biasa digunakan di kondisi tanah seperti lereng atau tebing. Tujuan penelitian untuk merancang dinding penahan tanah dan menghitung biaya yang diperlukan dalam pembuatan dinding penahan tanah. Penelitian dilakukan pada gedung perkantoran 8 lantai yang berada di lereng atau tebing dengan merencanakan dinding penahan tanah tipe kantilever. Metode perencanaan dinding penahan tanah tipe kantilever menggunakan AutoCad dan Microsoft Excel dengan menggunakan standar acuan SNI 8460-2017 Dinding penahan tanah tipe kantilever yang dirancang memiliki dimensi tinggi 6,00 m dan lebar 4,20 meter agar dapat menahan tanah disekitar gedung perkantoran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor keamanan pada lereng menggunakan metode Fellinius didapatkan nilai sebesar 1,77 dengan memiliki luas dimensi dinding penahan tanah sebesar 17,76 m². Stabilitas yang didapatkan berupa stabilitas geser sebesar 1,51, stabilitas guling sebesar 2,38 dan stabilitas kapasitas daya dukung tanah menggunakan persamaan Terzaghi didapatkan sebesar 5,64. Penurunan total yang terjadi pada tanah sebesar 15,56 mm. Tulangan yang dibutuhkan pada dinding penahan tanah merupakan D19-200, D19-166 dan D19-142 pada tulangan dinding vertikal sedangkan tulangan pada pelat kaki digunakan tulangan D19-142. Hasil perhitungan rencana anggaran biaya yang meliputi galian tanah, bekisting dinding, pembesian, beton ready mix dan urugan tanah diestimasi untuk perencanaan dinding penahan tanah tipe kantilever adalah sebesar Rp. 2.114.518.361.

Kata Kunci: Kantor, Tanah, Dinding Penahan Tanah, Stabilitas Tanah, Tulangan

1. PENDAHULUAN

Dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang diterapkan oleh tanah asli yang tidak stabil. Dinding penahan tanah berfungsi sebagai bagian bawah dari struktur dan penahan tanah di sekitarnya. Dinding penahan tanah memiliki banyak jenis seperti gravitasi, kantilever, *counterfort* dan semigravitasi. Perencanaan pada gedung perkantoran 8 lantai menggunakan dinding penahan tanah berjenis kantilever. Dinding penahan tanah kantilever memiliki desain yang ekonomis dan cocok pada kondisi yang sempit atau tidak banyak ruang. Dinding penahan tanah kantilever merupakan dinding penahan yang memiliki ketinggian berkisar 6 – 8 meter. Pembangunan dinding penahan tanah diperlukan beban mati dan hidup. Beban berasal dari dinding penahan tanah sendiri dan tanah yang ditahan dinding penahan tanah. Desain dinding penahan tanah dengan metode Fellinius untuk menentukan faktor aman lereng dan menyesuaikan dengan faktor aman stabilitas dari persyaratan SNI 8460-2017. Penulis dalam menyusun penelitian terdapat tujuan yang dicapai. Tujuan dalam penelitian adalah untuk dapat merancang dinding penahan tanah tipe kantilever dan mendapatkan rencana anggaran biaya dari hasil perencanaan dinding penahan tanah tipe kantilever.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode manual yang dimana data yang didapatkan lalu diolah secara cara manual dengan menggunakan Microsoft Excel dan AutoCad. Microsoft Excel digunakan dalam proses perhitungan seperti menghitung dinding penahan tanah, memeriksa keamanan terhadap stabilitas guling, geser dan daya dukung serta momen dan menghitung rencana anggaran biaya (RAB). AutoCad dalam penelitian digunakan untuk membantu proses perhitungan analisis stabilitas lereng, menggambar rancangan dimensi dinding penahan tanah dan gambar rencana kerja.



Gambar 1 Diagram Alir Metode Penelitian

3. PEMBAHASAN

Perhitungan Stabilitas Lereng

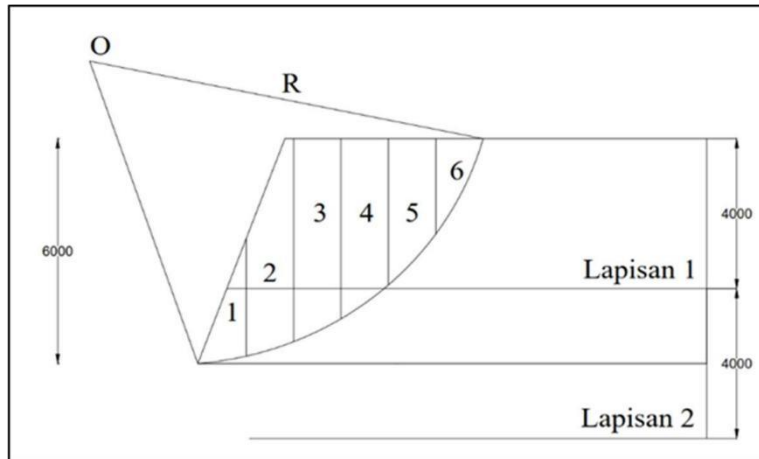
Perhitungan stabilitas lereng dilakukan untuk mendapatkan nilai faktor aman pada suatu lereng. Perhitungan menggunakan metode Fellenius yang dimana mempunyai cara dengan membagi bidang longsor menjadi beberapa irisan vertikal dan keseimbangan tiap irisan diperhatikan. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan Ms. Excel dan AutoCAD. Perhitungan stabilitas lereng adalah sebagai berikut.

$$\varphi = 18,43^\circ$$

$$\gamma_1 = 10,60 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_2 = 11,00 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 26,10 \text{ kN/m}^2$$



Gambar 2. Analisis Stabilitas Lereng

Tabel 1. Perhitungan Faktor Keamanan Metode Fellenius

Irisan	Luas (m ²)	W (kN/m)	α (°)	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	ΔL (m)	$W \sin \alpha$	$W \cos \alpha$
1a	1,61	17,75	39,00	0,63	0,78	1,24	11,17	16,48
1b	0,33	3,46						
2a	1,95	21,48	47,00	0,73	0,68	1,26	42,80	39,91
2b	3,49	37,04						
3a	1,36	14,95	55,00	0,82	0,57	1,35	53,92	37,76
3b	4,80	50,88						
4a	0,47	5,13	63,00	0,89	0,45	1,50	49,85	25,40
4b	4,79	50,83						
5	3,92	41,59	72,00	0,95	0,31	1,81	39,56	12,85
6	1,75	18,50	82,00	0,99	0,14	2,80	18,32	2,57
Total	24,48					9,96	215,63	134,98

Keterangan:

a = Lapisan tanah pertama pada kedalaman 4 - 8 meter

b = Lapisan tanah kedua pada kedalamn 0 – 4 meter

Perhitungan faktor keamanan adalah sebagai berikut.

$$F = \frac{CL + \tan \varphi \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

$$F = \frac{26,10 \cdot 9,96 + \tan(18,43) \cdot 134,98}{215,63}$$

$$F = 1,41 < 1,5$$

Perhitungan Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral dapat dihitung dengan berdasarkan sifat-sifat tanah. Perhitungan tekanan tanah lateral menggunakan teori Rankine. Tekanan tanah yang dihitung hanya tekanan aktif sedangkan tekanan pasif diabaikan dikarenakan tidak adanya tekanan yang terjadi dari arah pasif. Tekanan aktif dapat dihitung sebagai berikut:

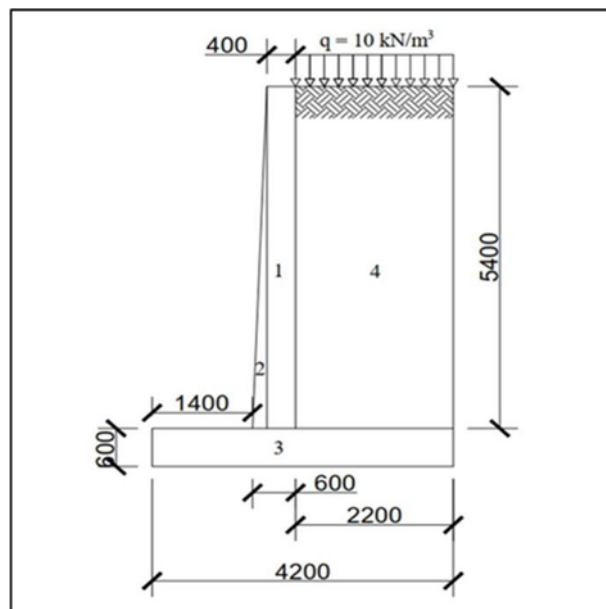
$$\begin{aligned}\alpha &= 90^\circ \\ \beta &= 0^\circ \\ \varphi &= 18,43^\circ \\ \gamma &= 11,00 \text{ kN/m}^3 \\ K_a &= \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \\ &= \frac{1 - \sin 18,43^\circ}{1 + \sin 18,43^\circ} \\ &= 0,52\end{aligned}$$

Setelah menghitung koefisien tekanan tanah aktif (K_a) kemudian dilanjutkan menghitung perhitungan tekanan tanah aktif (P_a).

$$\begin{aligned}P_a &= 0,5 \cdot H^2 \cdot \gamma \cdot K_a \\ &= 0,5 \cdot 6,00^2 \cdot 11,00 \cdot 0,52 \\ &= 102,88 \text{ kN}\end{aligned}$$

Perhitungan Dinding Penahan Tanah

Desain dan momen dinding penahan tanah dihitung menggunakan AutoCad untuk dinding penahan tanah dan Microsoft Excel untuk perhitungan dinding penahan tanah. Desain dinding penahan tanah mempengaruhi kestabilan dinding penahan tanah yang dimana dimensi dinding penahan tanah harus sesuai dengan SNI 8460-2017. Jika stabilitas tidak memenuhi faktor keamanan, maka dimensi dinding penahan tanah harus disesuaikan dengan faktor keamanan.



Gambar 3. Desain Dinding Penahan Tanah

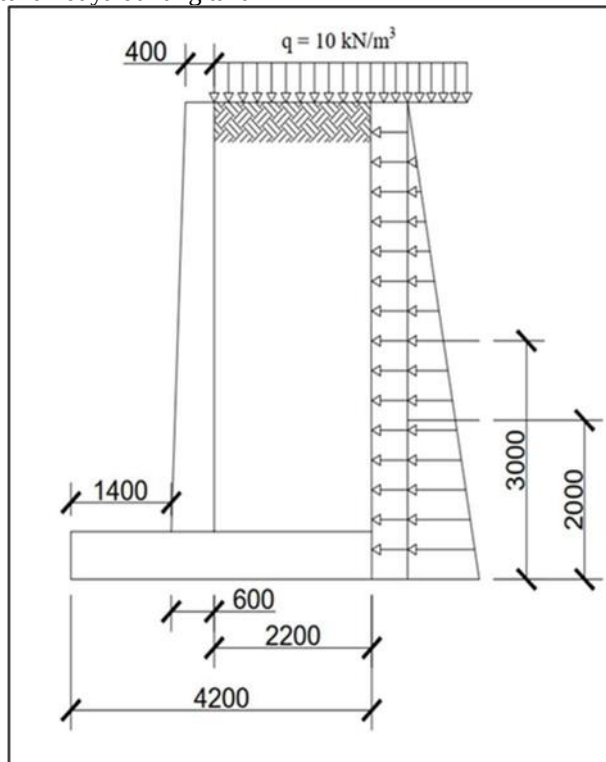
Tabel 2. Dimensi Dinding Penahan Tanah dan Momen Gaya Vertikal

Bagian	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kN.m)
1	2,16	2,16	51,84	1,80	93,31
2	0,54	0,54	12,96	1,53	19,87
3	2,52	2,52	60,48	2,10	127,01
4	11,88	11,88	130,68	3,10	405,11
5	2,20	2,20	22,00	3,10	68,20
Total		ΣW	277,96	ΣM_w	713,50

Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Hal yang perlu ditinjau dalam analisis stabilitas dinding penahan tanah adalah sebagai berikut.

1. Stabilitas penggeseran
2. Stabilitas penggulingan
3. Stabilitas keruntuhan daya dukung tanah



Gambar 4. Tekanan pada Dinding Penahan Tanah

Tabel 3. Tekanan Aktif Total dan Momen

Bagian	Tekanan Aktif Total (kN)	Jarak dari O (m)	Momen (kN.m)
P _{a1}	102,88	2	205,76
P _{a2}	31,18	3	93,53
ΣP_a	134,05	ΣM_{gl}	299,28

Perhitungan unruk mendapatkan nilai Pa₂ adalah sebagai berikut. $P_a = q.H.K_a$

$$\begin{aligned}
 P_a &= q.H.K_a \\
 &= 10,00.6,00.0,52 \\
 &= 31,18 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Stabilitas penggeseran dinding penahan tanah dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 R_h &= c_u B + W \tan \delta_h \\
 &= 26,10.4,20 + 277,96 \cdot \tan 18,43^\circ \\
 &= 202,25 \text{ kN/m} \\
 F_{st} &= \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \\
 &= \frac{202,25}{134,05} \\
 &= 1,51 > 1,50 \text{ OK!}
 \end{aligned}$$

Stabilitas penggulingan dinding penahan tanah dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F_{gr} &= \frac{\sum M_w}{\sum M_{st}} \\
 &= \frac{713,50}{299,28} \\
 &= 2,38 > 2 \text{ OK!}
 \end{aligned}$$

Stabilitas keruntuhan kapasitas daya dukung dinding penahan tanah dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 q_u &= c_u N_c + D_r \gamma N_d + 0,5 B \gamma N_b \\
 &= 26,10.14,02 + 0,60.11,00.9,81 + 0,50.4,20.11,00.4,12 \\
 &= 525,71 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Tekanan struktur pada tanah dasar fondasi menggunakan lebar fondasi efektif dapat dihitung dengan persamaan Meyerhof sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{V}{B'} \\
 &= \frac{277,96}{2,98} \\
 &= 93,26 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Faktor aman pada keruntuhan kapasitas daya dukung dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{q_u}{q} \\
 &= \frac{525,71}{93,26} \\
 &= 5,64 > 3 \text{ OK!}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil dari semua perhitungan stabilitas pada dinding penahan tanah dapat dinyatakan aman dan sudah memenuhi faktor keamanan yang disyaratkan.

Penurunan

Perhitungan penurunan dilakukan pada penurunan segera, penurunan konsolidasi dan penurunan total.

Berikut perhitungan penurunan pada dinding penahan tanah:

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,296 \\
 e &= 1,29 \\
 L &= 4,20 \text{ m} \\
 E &= 20000 \text{ kN/m}^2 \\
 \mu &= 0,30 \\
 I_p &= \frac{1}{\pi} \left[\frac{L}{B} \ln \left[\frac{1 + \sqrt{(L/B)^2 + 1}}{L/B} \right] + \ln \left[\frac{L}{B} + \sqrt{(L/B)^2 + 1} \right] \right] \\
 &= \frac{1}{\pi} \left[\frac{1,00}{4,20} \ln \left[\frac{1 + \sqrt{(1,00/4,20)^2 + 1}}{1,00/4,20} \right] + \ln \left[\frac{1,00}{4,20} + \sqrt{(1,00/4,20)^2 + 1} \right] \right] \\
 &= 0,24
 \end{aligned}$$

Perhitungan penurunan segera adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_i &= \frac{qB}{E} (1 - \mu^2) I_p \\ &= \frac{277,96 \cdot 4,200}{20000} (1 - 0,3^2) \cdot 0,24 \\ &= 0,0126 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan konsolidasi adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \sigma' &= \gamma H \\ &= 11,00 \cdot 6,00 \\ &= 66,00 \end{aligned}$$

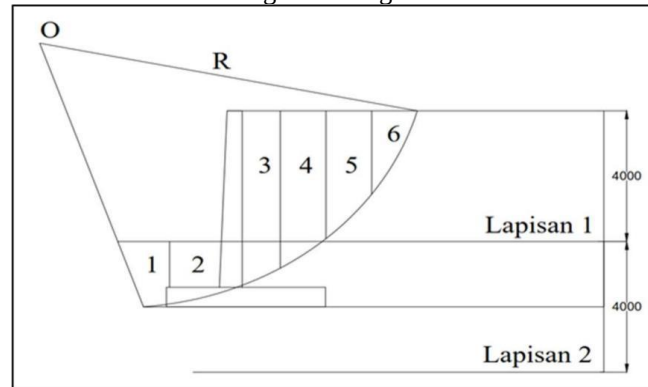
$$\begin{aligned} \Delta \sigma' &= \frac{Q_u}{(L+z)(B+z)} \\ &= \frac{277,96}{(4,20+24,00)(1,00+24,00)} \\ &= 0,39 \text{ kN/m}^2 \\ S_c &= \frac{C_H}{1+e} \times \log \frac{\sigma' + \Delta \sigma'}{\sigma'} \\ &= \frac{0,296 \cdot 6,00}{1+1,29} \times \log \frac{66,00+0,39}{66,00} \\ &= 0,0029 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan penurunan total adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S &= S_i + S_c \\ &= 0,0126 + 0,0029 \\ &= 0,0156 \approx 15,56 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Stabilitas Terhadap Kelongsoran

Kontrol stabilitas terhadap kelongsoran perlu dilakukan agar dapat melihat nilai faktor keamanan setelah dipasang dinding penahan tanah. Analisa kelongsoran dengan metode Fellenius adalah sebagai berikut.



Gambar 5. Analisa Stabilitas Kelongsoran

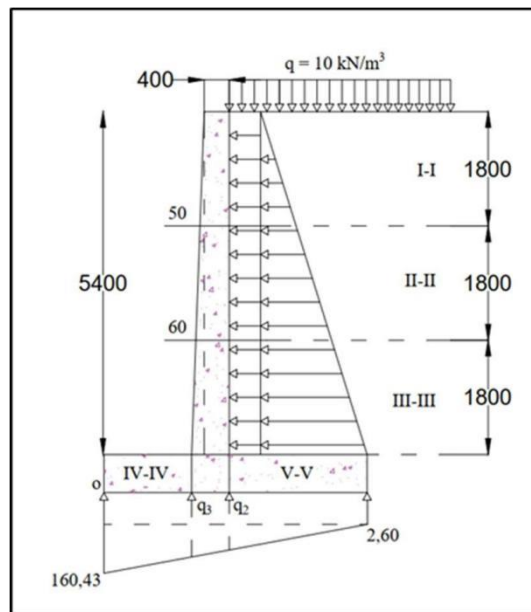
Tabel 4. Kontrol Stabilitas Terhadap Kelongsoran

No	Luas (m ²)		Berat (kN)		α (°)	Md (kN.m)	ΔL (m)	Mr (kN.m)
	Tanah	Beton	Tanah	Beton				
1	1,98	0,04	21,83	1,07	25,00	84,05	0,77	230,88
2	1,88	1,32	20,65	31,70	35,00	264,29	1,72	445,34
3	5,12	1,90	54,23	45,51	45,00	660,42	2,37	692,27
4	5,30	-	56,13	-	54,00	437,46	2,56	753,38
5	3,96	-	41,96	-	64,00	373,41	4,14	1201,78
6	1,77	-	18,76	-	80,00	187,94	16,26	4679,45
Total						2007,57		8003,10

Perhitungan Penulangan Dinding Penahan Tanah

Perhitungan penulangan dinding penahan tanah kantilever menggunakan acuan pada peraturan SNI 2847-2019 mengenai persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan. Data yang digunakan pada perhitungan penulangan dinding penahan tanah adalah sebagai berikut.

f'_c	= 24,9 MPa
Selimut Beton	= 75 mm
ϕ Tulangan	= 19 mm
f_y	= 400 MPa
b_w	= 1000 mm
ε_{cu}	= 0,003
E_s	= 200000 MPa
γ_d	= 11,00 kN/m ³
γ_{beton}	= 24 kN/m ³



Gambar 6. Gaya Tegangan pada Dinding Penahan Tanah

Tabel 5. Gaya Vertikal dan Momen

Bagian	Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kN.m)
1	62,21	1,80	111,97
2	15,55	1,53	23,85
3	72,58	2,10	152,41
4	156,82	3,10	486,13
5	35,20	3,10	109,12
ΣW	342,35	ΣM_w	883,48

Tabel 6. Gaya Horizontal

Bagian	Berat (kN)	Lengan (m)	Momen (kN.m)
P_{a1}	123,45	2	246,91
P_{a2}	49,88	3	149,64
ΣP_a	173,33	ΣM_{gl}	396,55

Penulangan Dinding Vertikal

Perhitungan momen dan gaya lintang terfaktor dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 7. Hasil Hitungan Momen dan Gaya lintang Terfaktor

Potongan	y	y ²	y ³	V _u (kN)	M _u (kN.m)
I-I	1,80	3,24	5,83	26,10	20,15
II-II	3,60	12,96	46,66	74,43	107,29
III-III	5,40	29,16	157,46	145,01	301,44

Perhitungan penulangan kuat geser pada dinding vertikal dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Hitungan Kuat Geser

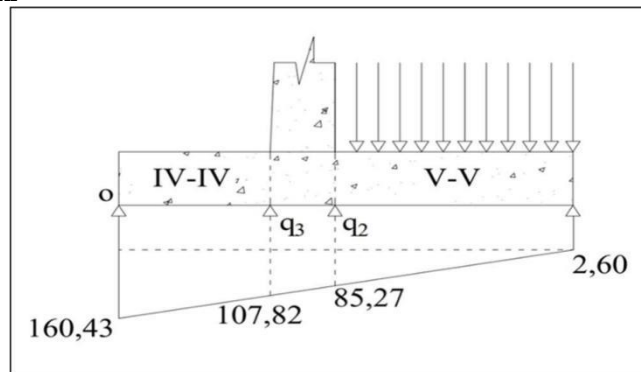
Potongan	f _c (MPa)	b _w (mm)	d (mm)	$\phi V_u = \phi V_c$ (kN)	V _u (kN)
I-I	24,90	1000,00	372,67	232,45	26,10
II-II	24,90	1000,00	439,30	274,01	74,43
III-III	24,90	1000,00	506,00	315,62	145,01

Perhitungan kebutuhan tulangan momen pada dinding vertikal dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 9. Hasil Kebutuhan Tulangan Momen

Potongan	M _u (kN.m)	d (mm)	b (mm)	A _s (mm ²)	ϕ Tulangan (mm)	n	Jarak (mm)
I-I	13,95	372,67	1000	1304,35	19	5	200
II-II	111,60	439,30	1000	1537,55	19	6	166
III-III	376,66	506,00	1000	1931,35	19	7	142

Penulangan Pelat Kaki



Gambar 7. Gaya Tegangan pada Pelat Kaki

Perhitungan gaya geser dan momen dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 10 Hasil Hitungan Gaya Geser dan Momen pada Pelat Kaki

Potongan	V _u (kN)	M _u (kN.m)
IV-IV	16,27	83,90
V-V	123,78	186,17

Perhitungan penulangan kuat geser pada pelat kaki dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Hasil Hitungan Kuat Geser pada Pelat Kaki

Potongan	f _c (MPa)	b _w (mm)	d (mm)	$\phi V_u = \phi V_c$ (kN)	V _u (kN)
IV-IV	24,90	1000,00	506,00	315,617	16,27
V-V	24,90	1000,00	506,00	315,617	123,78

Perhitungan kebutuhan tulangan momen pada pelat kaki dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 12 Hasil Kebutuhan Tulangan Momen pada Pelat Kaki

Potongan	Mu (kN.m)	d (mm)	b (mm)	As (mm ²)	φTulangan (mm)	n	Jarak (mm)
IV-IV	83,90	506,00	1000,00	1771,00	19	7	142
V-V	186,17	506,00	1000,00	1771,00	19	7	142

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Perancangandindingpenahantanahdiperlukan anggaran biyadalam merancangdinding penahan tanah. Perhitungan menggunakan acuan harga satuan DKI Jakarta tahun anggaran 2023. Rencana anggaran biaya dapat dihitung berdasarkan Permen PUPR No. 1 Tahun 2022 tentang pedoman penyusunan perkiraan biaya pekerjaan konstruksi bidang pekerjaan umum dan perumahan rakyat. Berikut rekapitulasi rencana anggaran biaya yang diperlukan dalam merencanakan dinding penahan tanah tipe kantilever:

Tabel 13 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No.	Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Galian Tanah	680,40	m ³	5971,83	4.063.235
2	Bekisting Dinding	542,24	m ²	375335,25	203.521.788
3	Pembesian	671,21	kg	2095178,45	1.406.314.349
4	Beton Ready Mix	125,28	m ³	2280033,96	285.642.655
5	Urugan Tanah	555,12	m ³	9780,71	5.429.469
Jumlah Total					1.904.971.497
PPN 11%					209.546.865
Total					2.114.518.361

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan bahwa dinding penahan tanah yang dirancang menggunakan jenis kantilever. Dimensi dinding penahan tanah dirancang memiliki kedalaman 6 m dan lebar 4,2 m. Stabilitas yang didapatkan sebesar 1,51 untuk stabilitas geser, 2,38 untuk stabilitas guling dan 5,64 untuk stabilitas kapasitas daya dukung tanah. Dimensi dinding penahan tanah yang dirancang dapat dinyatakan aman dikarenakan nilai dari stabilitas lebih besar dari faktor keamanan dari SNI 8460-2017 dengan penurunan total yang terjadi sebesar 15,56 mm. Tulangan yang digunakan pada dinding penahan tanah dibagi menjadi dua yaitu dinding vertikal yang membutuhkan tulangan D19-200, D19-166, D19-142 dan pelat kaki yang membutuhkan tulangan D19-142. Total anggaran biaya yang dibutuhkan dalam perancangan dinding penahan tanah sebesar Rp. 2.114.518.361.

Saran

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan terdapat saran yang dapat membantu pembaca dalam mengerjakan penelitian yang lebih baik. Adapun saran yang dapat diberikan adalah pengerjaan menggunakan software geoteknik seperti PLAXIS, GeoStudio dan GeoSlope yang dapat mempermudah dan mempercepat dalam perhitungan stabilitas lereng, desain dimensi dinding penahan tanah dan perhitungan stabilitas dinding penahan tanah dan pengerjaan sebaiknya dilakukan lebih awal dan pengecekan kembali agar dapat menyelesaikan pengerjaan lebih cepat dan mendapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Badan Standarisasi Nasional. 2017. SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [2]. Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [3]. Bowles, Joseph E., Hainim Johan K., 1991. Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [4]. Das, Braja M. 1988. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1. Institut Teknologi 10 November, Surabaya.
- [5]. Das, Braja M. 1993. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2. Institut Teknologi 10 November, Surabaya.

- [6]. Das, Braja M. 2007. Principles of Foundation Engineering. Cengage Learning, USA. Hardiyatmo, Harry Christady. 2008. Teknik Fondasi II. Beta Offset, Yogyakarta. Hardiyatmo, Harry Christady. 2011. Analisis dan Perancangan Fondasi Bagian 1. Gadjah
- [7]. Mada University Press, Yogyakarta.
- [8]. Pangemanan, Violetta Gabriella Margaretha. 2014. 'Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland)'. Jurnal Sipil Statik. Vol 2. No 1. ISSN. 37–46.