

**PERLINDUNGAN TEBING SUNGAI CILIWUNG
DENGAN DINDING KANTILEVER
RUAS KAMPUNG LEGOK NYENANG, KABUPATEN BOGOR**

Muhamad Fadli¹, Feril Hariati², Nurul Chayati³, Fadhila Muhammad Libasut Taqwa⁴

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Sains Universitas Ibn Khaldun Bogor

Jl. KH. Sholeh Iskandar KM 2 Kedungbadak Tanah Sareal Bogor 16162

(e-mail: fadli8957@gmail.com)

ABSTRAK

Tebing sungai merupakan daerah yang rawan terhadap erosi yang diakibatkan oleh aliran air. Erosi yang berlangsung terus menerus mengakibatkan longsor. Secara umum, jenis tanah di Kabupaten Bogor didominasi oleh latosol yang mudah erosi, selain itu dikarenakan curah hujan yang tinggi dan juga meningkatkan risiko longsor. Salah satunya adalah kejadian longsor pada tebing Sungai Ciliwung pada ruas Kampung Legok Nyenang RT.01//03, Desa Leuwimalang, Kecamatan Cisarua. Panjang longsor mencapai 27 meter dengan ketinggian 10,20 meter. Struktur dinding penahan tanah diperlukan untuk mencegah terjadinya longsor yang lebih luas lagi. Mempertimbangkan kondisi lereng dan parameter fisis tanah, maka direncanakan dinding penahan tanah jenis kantilever untuk wilayah ini. Hasil analisis metode Mononobe-Okabe menunjukkan nilai keamanan dinding penahan tanah terhadap geser sebesar 0,36, dan terhadap guling sebesar 0,21, angka keamanan tersebut lebih rendah dibandingkan angka keamanan yang disyaratkan, yaitu 1,5 dengan demikian dinding penahan tanah rencana tidak kuat menahan tekanan tanah yang ada di belakangnya. Oleh karena itu, kekuatan dinding sepenuhnya dialihkan ke tanah dasar, dengan menggunakan fondasi *bored pile*. Hasil analisis daya dukung tanah, diperoleh nilai kapasitas ultimit aman (q_u) sebesar 223,93 kN/m² yang lebih besar dibandingkan nilai total beban vertikal, yaitu 204,52 kN/m², sedangkan kapasitas ijin satu fondasi mencapai 569.89 kN.

Kata Kunci: *Sungai Ciliwung, tebing, longsor, dinding penahan tanah, kantilever.*

ABSTRACT

Riverbanks as area prone to erosion caused by water flow. Continuous erosion causes landslides. In general, soil types in Bogor Regency are dominated by latosols which are easily eroded, apart from that it is due to high rainfall and also increases the risk of landslides. One of them is a landslide incident on the cliffs of the Ciliwung River on the section of Legok Nyenang RT.01 / 03, Leuwimalang Village, Cisarua District. The length of the landslide reached 27 meters with a height up to 10.20 meters. The structure of the retaining wall is needed to prevent more extensive landslides. Considering the slope conditions and physical parameters of the soil, a cantilever type retaining wall is chosen for this area. The results of the analysis Mononobe-Okabe method show that the safety value of the retaining wall against shear is 0.36, and against rolling is 0.21, lower than safety factor required, which is 1.5, thus the retaining wall is not strong enough to withstand the lateral earth pressure. Therefore, the strength of the walls is completely transferred to the subgrade, using a bored pile foundation. The results of the soil bearing capacity analysis showed that the ultimate safe capacity (q_s) value was 223.93 kN/m² which was greater than the total vertical load value, which was 204.52 kN/m², while the permit capacity of one foundation reached 569.89 kN.

Keywords: *Ciliwung River, cliffs, landslides, retaining walls, cantilever.*

1. PENDAHULUAN

Jenis tanah di Kabupaten Bogor didominasi oleh tanah latosol. Tanah ini memiliki tekstur halus, dan peka terhadap erosi. Secara klimatologi, wilayah Kabupaten Bogor termasuk iklim tropis sangat basah di bagian Selatan dan iklim tropis basah di bagian Utara, dengan rata-rata curah tahunan 2.500 – 5.000 mm/tahun. Hali ini mengakibatkan sebagian besar kawasan di kabupaten Bogor merupakan kawasan yang rawan terhadap

longsor. Pada rentang waktu mulai bulan Januari sampai Juni 2020, telah terjadi 294 kejadian longsor di kabupaten Bogor (bpbd.bogorkab.go.id). Salah satu kasus longsor di wilayah Kabupaten Bogor adalah di Kampung Legok Nyenang RT.01/03, Desa Leuwimalang, Kecamatan Cisarua. Longsor terjadi sepanjang 27 meter dan tinggi longsor sebesar 10,20 meter dari permukaan air. Selain itu longsor terjadi pada tepi jalan, sehingga sangat mengganggu aktivitas

masyarakat karena telah menyebabkan penyempitan pada badan jalan.

Berdasarkan permasalahan yang ada maka diperlukan solusi untuk tetap menjaga kestabilan lereng agar tidak terjadi longsor susulan yang dapat merugikan masyarakat sekitar, maka diperlukan konstruksi dinding penahan tanah guna menanggulangi longsor dan dapat meningkatkan keamanan pada pengguna jalan, sehingga konstruksi dinding penahan tanah yang digunakan adalah tipe kantilever. Konstruksi dinding penahan tanah dengan tipe kantilever dipilih karena pada perencanaannya menyesuaikan dengan kondisi situasi di lapangan, sebab pada daerah tersebut longsoran bertepatan dengan lereng dan kelokan aliran Sungai Ciliwung.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Braja M. Das (1983) menguraikan bahwa metode yang dikembangkan berdasarkan metode *limit state analysis* adalah metode Mononobe-Okabe (Mononobe dan Matsuo, 1929), (Okabe, 1924). Studi pengaruh gempa terhadap tegangan lateral pada struktur penahan tanah pertama-tama dilakukan di Jepang oleh Okabe (1924) dan Mononobe-Matsuo (1929). Berikut adalah analisa perhitungan tekanan tanah aktif pada saat gempa menurut metode Mononobe-Okabe:

$$PAE = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - kv) KAE \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

$$KAE = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta + \theta) \left\{ 1 + \left[\frac{\sin(\delta + \varphi) \sin(\varphi - \theta - \beta)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(\varphi - \beta)} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}}$$

Perencanaan konstruksi dinding penahan tanah perlu diperhatikan atas beberapa faktor agar konstruksi tersebut tetap aman. Berdasarkan SNI 8460:2017, dinding penahan tanah harus dirancang untuk tetap aman terhadap stabilitas terhadap penggeseran, stabilitas terhadap penggulingan, dan stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah.

3. METODE PENELITIAN

Pengujian di lapangan pada penelitian ini adalah berupa pengujian *handboring* dan berat isi lapangan yang dilakukan untuk mendapatkan data parameter tanah asli. Parameter tanah asli tersebut kemudian dibawa ke laboratorium mekanika tanah untuk dilakukan pengujian sifat fisis dan sifat mekanis. Hasil dari pengujian ini digunakan sebagai perencanaan konstruksi pada dinding penahan tanah tipe kantilever. Pengujian di laboratorium yang dilakukan untuk perencanaan konstruksi dinding penahan tanah meliputi pengujian berat isi tanah, pengujian berat jenis tanah, pengujian kuat geser langsung, pengujian pemeriksaan gradasi, pengujian batas plastis, dan pengujian batas *atterberg*.

4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Perencanaan pada struktur dinding penahan tanah diperlukan parameter data untuk merencanakannya. Parameter data yang dibutuhkan untuk merencanakan konstruksi struktur dinding penahan tanah dengan tipe kantilever adalah data geoteknik, beban yang bekerja pada dinding penahan tanah, dimensi rencana dinding penahan tanah, dan data seismik.

Tabel 1 Data geoteknik

No.	Data Geoteknik	Notasi	Nilai	Sat
1	Muka air tanah	MAT	1	m
2	Sudut kemiringan permukaan tanah	i	0	°
3	Sudut gesek antara tembok dengan tanah	δ	20,67	°
4	Sudut kemiringan keruntuhan tanah	α	90	°
5	Sudut kemiringan tembok terhadap tanah	β	14	°
6	Kohesi tanah	c	0	kN/m ²
7	Berat volume tanah kering	γ _{dry}	11,67	kN/m ³
8	Berat volume tanah jenuh	γ _{sat}	16,43	kN/m ³
9	Berat volume tanah efektif	γ'	6,62	kN/m ³
10	Berat isi air	γ _w	9,81	kN/m ³
11	Sudut gesek dalam tanah	φ	31	°

Sumber: Hasil pengujian

Tabel 2 Beban yang bekerja pada dinding penahan tanah

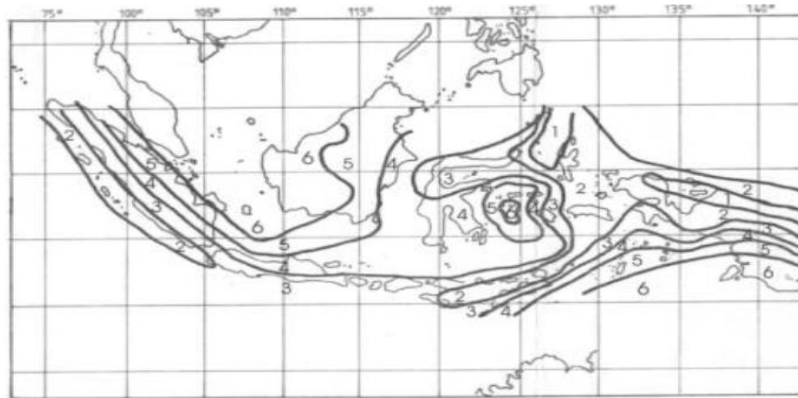
No.	Pembebanan	Notasi	Nilai	Sat
1	Beban merata jalan	q	12	kN/m ³
2	Beban hidup	L	1,6	-
3	Beban mati	D	1,2	-
4	Berat isi beton bertulang	γ _c	23,52	kN/m ³
5	Percepatan gravitasi	g	9,81	m/dt ²
6	Percepatan gempa vertikal	a _v	0	g
7.	Percepatan gempa horizontal	a _h	0,15	g

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 3 Dimensi rencana dinding penahan tanah

No.	Dimensi Perencanaan	Notasi	Nilai	Sat
1	Tinggi tembok penahan	H	11	m
2	Tebal pondasi	D	1	m
4	Lebar Puncak	A	0,40	m
5	Lebar dasar pondasi	X	0,70	m
6	Lebar dasar pondasi	C ₁	0,30	m
7	Lebar Sayap kaki pondasi	C ₂	1	m

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4 Peta zona gempa Indonesia

Berdasarkan pedoman Kimpraswil No: Pt T-10-2002-B, Kecamatan Cisarua, Kabupaten Bogor termasuk dalam zona 4, sehingga koefisien gempa arah horizontal diperoleh:
Zona 4 = 0,15 g

$$K_h = \frac{\text{Komponen horizontal dari arah gempa}}{g}$$

$$K_h = \frac{0,15 \times 9,81}{9,81}$$

$K_h = 0,15$
maka dari itu, sudut inersia akibat beban gempa menurut metode Mononobe-Okabe:

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{kh}{(1-kv)} \right]$$

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{0,15}{(1-0)} \right]$$

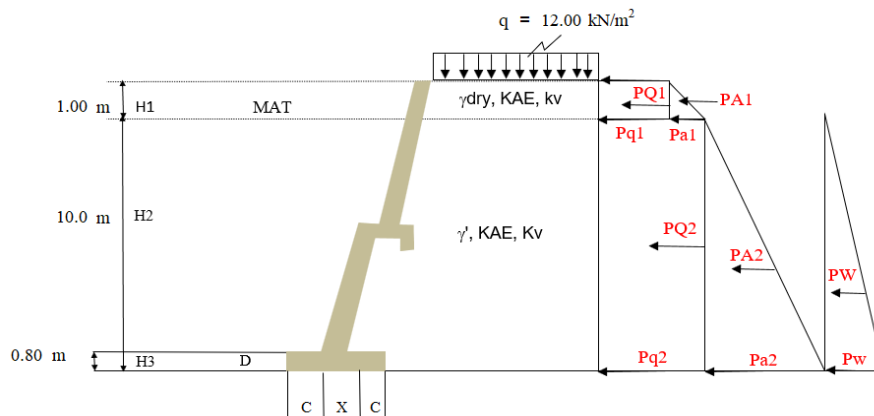
$$\theta = 8,531^\circ$$

Analisis keamanan stabilitas pada struktur dinding penahan tanah jenis kantilever diperlukan gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah seperti tekanan tanah aktif dan gaya momen. Koefisien tekanan tanah aktif pada dinding digunakan metode Mononobe-Okabe yang memperhitungkan akibat beban gempa.

$$KAE = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta + \theta) \left\{ 1 + \left[\frac{\sin(\delta + \varphi) \sin(\varphi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)} \right]^2 \right\}}$$

$$KAE = \frac{1}{0,603 \times 2,635} = 0,511$$

Hasil analisis tekanan tanah aktif yang bekerja pada dinding ditinjau berdasarkan diagram tekanan tanah.



Gambar 2 Diagram tekanan tanah aktif

Sumber: Gambar Perencanaan

Hasil analisis tekanan tanah aktif:

Tabel 4 Tekanan tanah aktif

Gaya	P (kN)	PaH (kN) PAE x Cos δ	Jarak dari O (m)	Momen ke O (kN.m)
PA1	2,98	2,79	0,33	0,93
PA2	169,09	158,21	3,40	527,35
PW	245,25	229,47	3,40	764,89
PQ1	6,13	5,73	0,50	2,87
PQ2	120,88	113,10	5,10	565,50
ΣPAE = 544,32			ΣM = 1.861,54	

Keamanan pada struktur konstruksi dinding penahan tanah ditinjau berdasarkan stabilitas terhadap guling, stabilitas terhadap geser, dan stabilitas terhadap daya dukung tanah.

Tahanan geser dengan menganggap bahwa $\delta_b = \varphi$, yaitu:

$$R_h = (\Sigma W + p_{av}) \times \text{tg } \delta_b$$

$$R_h = (204,52 + 95,05) \times \text{Tan } 31$$

$$R_h = 180 \text{ kN}$$

Stabilitas geser didapatkan:

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 1,5$$

$$F_{gs} = \frac{182,23}{509,30}$$

$$F_{gs} = 0,36$$

karena $F_{gs} = 0,36 < SF = 1,5$, maka stabilitas terhadap geser tidak aman.

Perhitungan stabilitas guling didapatkan:

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}} \geq 1,5$$

$$F_{gl} = \frac{383,93}{1.861,54}$$

$$F_{gl} = 0,21$$

karena $F_{gl} = 0,21 < SF = 1,5$, maka stabilitas terhadap guling tidak aman.

Analisis perhitungan stabilitas daya dukung tanah digunakan cara Meyerhof (1963), maka faktor fondasi memanjang $s_c = s_q = s_\gamma = 1$, faktor kapasitas dukung $N_c = 32,67$, $N_q = 20,63$, $N_\gamma = 18,56$, dan lebar fondasi $B = B' = 2$ meter.

Tekanan *overbuden* pada dasar fondasi:

$$P_o = D_f \times \gamma_b$$

$$P_o = 0,80 \times 17,90$$

$$P_o = 14,32 \text{ kN/m}^2$$

Sudut kemiringan resultan beban terhadap arah vertikal:

$$\delta = \arctan \frac{H}{V}$$

$$\delta = \arctan \frac{509,30}{204,52} = 68,12^\circ$$

Faktor kemiringan beban:

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\delta}{90^\circ}\right)^2 = \left(1 - \frac{68,70^\circ}{90^\circ}\right) = 0,06$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\delta}{\varphi}\right)^2 = \left(1 - \frac{68,70^\circ}{31^\circ}\right) = 1,43$$

Faktor kedalaman:

$$d_c = 1 + 0,2 \times \frac{D}{B} \times \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$$

$$d_c = 1 + 0,2 \times \frac{0,8}{2} \times \tan\left(45^\circ + \frac{31^\circ}{2}\right) = 1,14$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 \times \frac{D}{B} \times \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 \times \frac{0,8}{2} \times \tan\left(45^\circ + \frac{31^\circ}{2}\right) = 1,07$$

Kapasitas dukung ultimit:

$$q_u = s_c d_c i_c c N_c + s_q d_q i_q p_o N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma 0,5 B' \gamma' N_\gamma$$

$$q_u = (1 \times 1,14 \times 0,06 \times 32,67)$$

$$+ (1 \times 1,07 \times 0,06 \times 14,32 \times 20,63)$$

$$+ (1 \times 1,07 \times 1,43 \times 0,5 \times 2 \times 6,62 \times 18,56)$$

$$= 209,61 \text{ kN/m}^2$$

Kapasitas dukung ultimit neto:

$$q_{un} = 209,61 - 14,32$$

$$q_{un} = 195,30 \text{ kN/m}^2$$

Kapasitas dukung ultimit aman:

$$q_s = \frac{q_{un}}{F} \times P_o$$

$$q_s = \frac{195,30}{2} \times 14,32$$

$$q_s = 111,97 \text{ kN/m}^2$$

Beban vertikal total maksimum pada dasar fondasi per meter panjang:

$$= q_s \times \text{luas per meter panjang}$$

$$= 111,97 \times (2 \times 1)$$

$$= 223,93 \text{ kN/m}^2$$

karena, $q_s = 223,93 \text{ kN/m}^2 > V = 204,52 \text{ kN/m}^2$, maka keruntuhan kapasitas daya dukung tanah dinyatakan aman.

Dimensi perencanaan fondasi *bored pile* yang diperuntukkan bagi konstruksi dinding penahan tanah kantilever.

Tabel 5 Dimensi perencanaan fondasi *bored pile*

No.	Data perencanaan	Notasi	Nilai	Sat
1	Diameter/lebar fondasi <i>bored pile</i>	DM/B	1	m
2	Kedalaman fondasi <i>bored pile</i>	D	1,50	m
3	Panjang kelompok tiang	L	25	m
4	Mutu beton	-	20,75	MPa
5	Mutu baja	-	300	MPa

Sumber: Hasil perhitungan

Analisis perhitungan stabilitas daya dukung fondasi *bored pile* ditinjau pada tiang kelompok:

$$Q_g = 2D (B + L) c + 1.3 c_b N_c BL$$

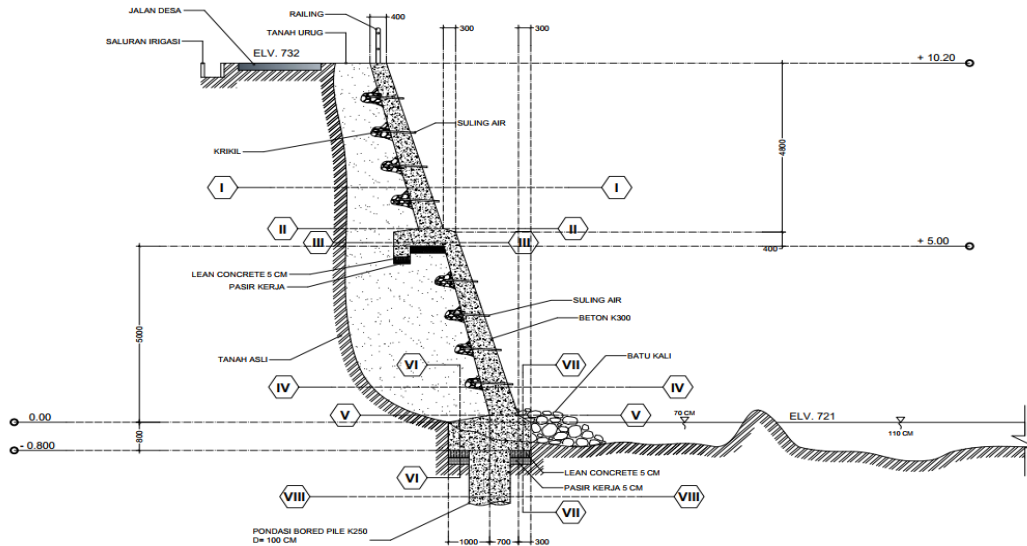
$$Q_g = 2 \times 1,50 \times (1 + 25)$$

$$= +1,30 \times 32,67 \times 1 \times 25$$

$$Q_g = 1.139,78 \text{ kN}$$

$$\text{Kapasitas ijin} = 1.139,78/2 = 569,89 \text{ kN}$$

Analisis dinding penahan tanah yang telah dilakukan berdasarkan stabilitas terhadap geser, stabilitas terhadap guling, dan stabilitas terhadap daya dukung tanah tidak dapat ditahan oleh dinding penahan tanah itu sendiri, maka momen yang mengakibatkan guling dan gaya geser yang terjadi di dinding penahan tanah akan dipikul oleh tiang *bored pile* yang berada di bawah dinding penahan tanah tersebut. Analisis struktur beton bertulang dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui kekuatan pada struktur serta mengetahui kebutuhan tulangan pada perencanaan dinding penahan tanah kantilever dan fondasi *bored pile*. Kebutuhan tulangan untuk konstruksi dinding penahan tanah kantilever, maka pada analisis kebutuhan tulangan dibagi dalam beberapa potongan sebagai berikut.



Gambar 3 Skema titik tinjauan struktur dinding penahan tanah
 Sumber: Gambar perencanaan

Tabel 6 Hasil analisis momen dan gaya lintang terfaktor

Potongan	y	y ²	y ³	V _u (kN)	M _u (kN)
I-I	3,53	12,46	43,99	59,89	90,83
II-II	4,70	22,09	103,82	90,90	178,50
III-III	5,10	25,99	132,50	102,71	217,01
IV-IV	9,20	84,64	778,69	261,93	941,55
V-V	10	100	1.000	300,94	1.166,52

Sumber: Hasil perhitungan

Hasil analisis gaya lintang dan gaya momen terfaktor pada pelat fondasi (potongan VI-VI) akibat tekanan tanah pada dasar fondasi yang arahnya ke atas dengan menganggap distribusi tekanan pada dasar fondasi:

$$\text{untuk } x = 1 \text{ m ; } q_2 = \left(\frac{1}{2}\right) \times (223,93) = 111,97 \text{ kN/m}^2$$

Gaya geser (V_u)

$$\begin{aligned} & - (111,97) \times 0,5 \times 1 = -55,98 \\ & + (0,8 \times 23,52 \times 1,2) \times 1 = 22,58 \\ & + (4,8 \times 6,62 \times 1,2) \times 1 = 38,15 \\ & + (12 \times 1,6) \times 1 = 19,20 \\ \hline & V_u = 23,94 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya momen (M_u)

$$\begin{aligned} & - (111,97) \times 0,5 \times 1^2/3 = -18,66 \\ & + (1 \times 0,8 \times 23,52) \times 0,5 \times 1,2 = 11,29 \\ & + (1 \times 4,8 \times 6,62) \times 0,5 \times 1,2 = 19,07 \\ & + (1 \times 12) \times 0,5 \times 1,6 = 9,60 \\ \hline & M_u = 21,30 \text{ kN} \end{aligned}$$

1. Penulangan dinding

Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh nilai $\phi V_n = \phi V_c > V_u$, maka dinding vertikal tidak memerlukan tulangan geser, hanya dipasang tulangan minimum. Potongan II-II, Potongan III-III, Potongan IV-IV, dan Potongan V-V dihitung dengan cara yang

sama. Hasil kebutuhan tulangan geser pada dinding vertikal adalah:

Tabel 7 Hasil analisis tulangan geser dinding vertikal

Potongan	f _c ' (Mpa)	f _y (Mpa)	b (mm)	d (mm)	V _c (kN)
I-I	24,90	300	1.000	484	402,53
II-II	24,90	300	1.000	534	444,11
III-III	24,90	300	1.000	734	360,94
IV-IV	24,90	300	1.000	584	485,69
V-V	24,90	300	1.000	634	527,28

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 8 Hasil analisis tulangan geser dinding vertikal

Potongan	$\phi V_n = \phi V_c$ (kN)	V _u (kN)	A _s (mm)	Design
I-I	301,89	59,89	1.111	D16-250
II-II	333,08	90,90	1.111	D16-250
III-III	270,71	102,71	1.111	D16-250
IV-IV	364,27	261,93	1.111	D16-300
V-V	395,46	300,94	1.111	D16-300

Sumber: Hasil perhitungan

Potongan II-II, Potongan III-III, Potongan IV-IV, dan Potongan V-V, hasil hitungan akan menghasilkan jarak tulangan yang beragam. Hasil kebutuhan tulangan momen pada dinding vertikal adalah:

Tabel 9 Hasil analisis tulangan momen pada dinding vertikal

Potongan	M _u (kN)	A _s (mm)	n (buah)	Desain
I-I	90,83	968	5	D16-200
II-II	178,50	1.419	5	D16-200
III-III	217,01	2.160	10	D16-100
IV-IV	941,55	7.378	10	D16-100
V-V	1.166,52	8.468	10	D16-100

Sumber: Hasil perhitungan

2. Penulangan pelat kaki

Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh nilai $\phi V_n = \phi V_c > V_u$, maka dinding vertikal tidak memerlukan tulangan geser, hanya dipasang tulangan minimum. Kebutuhan tulangan geser pada pelat kaki adalah:

Tabel 10 Hasil analisis tulangan geser pelat kaki

Potongan	fc' (Mpa)	fy (Mpa)	b (mm)	d (mm)	Vc (kN)
VI-VI	24,90	300	1.000	734	610,44

Potongan	$\phi V_n = \phi V_c$ (kN)	Vu (kN)	As (mm)	Desain
VI-VI	457,83	23,94	1.111	D16-350

Sumber: Hasil perhitungan

Hasil kebutuhan tulangan momen pada pelat kaki adalah:

Tabel 11 Hasil analisis tulangan pada pelat kaki

Potongan	Mu (kN)	As (mm)	n (buah)	Design
VI-VI	51,54	1.468	5	D16-200

Sumber: Hasil perhitungan

Menentukan kebutuhan tulangan fondasi *bored pile*, maka pada analisis kebutuhan tulangan dibagi dalam beberapa analisis. Analisis tersebut berupa perhitungan mengenai kebutuhan tulangan utama dan kebutuhan tulangan geser.

Tulangan utama

a. Tebal efektif fondasi:

Diameter fondasi = 1.000 mm

$d' = \text{Selimut beton} + 0,50 \times D \times \phi$

$d' = 50 + 0,50 \times 16 \times 10 = 68 \text{ mm}$

$d = \text{Diameter fondasi} - d'$

$d = 1.000 - 68,00 = 932 \text{ mm}$

b. Luas penampang fondasi:

Diameter fondasi = 1.000 mm

Luas kotor penampang fondasi:

$A_g = 1/4 \times 3,14 \times D^2$

$A_g = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1.000^2 = 785.000 \text{ mm}^2$

Batasan ρ_{\min} menurut SNI 03-2847:2002 Pasal 9.12 adalah sebesar 0,0020, maka didapatkan:

$$A_s \text{ perlu} = \rho \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0020 \times \frac{3,14 \times 932^2}{4} = 1.363,74 \text{ mm}^2$$

c. Kebutuhan tulangan utama:

Diameter tulangan utama = 16 mm

$A_s \text{ tulangan} = 1/4 \times 3,14 \times 16^2$

$A_s \text{ tulangan} = 200,96 \text{ mm}^2$

jumlah tulangan yang dibutuhkan:

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{1.354,94}{379,94}$$

= 6,79, diambil 7 batang tulangan

Maka, jumlah tulangan utama fondasi *bored pile* yang dibutuhkan adalah 7D16. Luas total penampang tulangan memanjang:

$$A_{st} = 7 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2 = 1.406,72 \text{ mm}^2$$

d. Kekuatan beban aksial minimum:

$$\phi P_n \text{ (maks)} = 0,85 \phi (0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + (f_y \times A_{st}))$$

$$\phi P_n \text{ (maks)} = 0,85 \times 0,70 (0,85 \times 20,75 \times (785.000 - 1.406,72) + (300 \times 1.406,72))$$

$$\phi P_n \text{ (maks)} = 8474372 \text{ N}$$

$$= 8.474,372 \text{ kN}$$

$$\phi P_n \text{ (maks)} = 0,70 \times 8.474,372$$

$$= 5.932,06 \text{ kN} > P_u$$

Tulangan geser spiral

a. Kuat geser nominal:

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_n = \frac{32,74}{0,75} = 43,65 \text{ kN}$$

b. Gaya geser beton:

$$V_c = 1/6 \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \sqrt{f_c'} b_w d$$

$$V_c = 1/6 \times \left(1 + \frac{204,52}{14 \times 785.000} \right) \times$$

$$\sqrt{20,75} \times 1.000 \times 932$$

$$V_c = 707590 \text{ N}$$

$$V_c = 707,590 \text{ kN}$$

karena nilai $\phi V_n = \phi V_c = 707,590 \text{ kN} > V_u = 32,74 \text{ kN}$, maka fondasi *bored pile* tidak memerlukan tulangan geser, hanya dipasang tulangan minimum. Dengan luas tulangan yang dipakai = $1/4 \times 3,14 \times 10^2 = 200,96 \text{ mm}^2$ dan jarak antar tulangan sebesar $S = 932/2 = 466 \text{ mm}^2 \sim 450 \text{ mm}^2$. Maka, tulangan geser spiral dipakai adalah $\phi 10-450$.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian maka kesimpulan sebagai berikut ini:

a. Dimensi pada konstruksi dinding penahan tanah kantilever didapatkan tinggi sebesar 11 meter, lebar pelat kaki sebesar 2 meter, tinggi pelat kaki sebesar 0,80 meter, dan tebal puncak dinding penahan sebesar 0,40 meter.

b. Beban yang bekerja pada dinding penahan tanah adalah sebesar 12 kN/m², beban tersebut merupakan beban lalu lintas dengan kelas jalan

- III. Beban tekanan tanah aktif akibat gempa berdasarkan metode Mononobe-Okabe, sebesar 544,32 kN.
- c. Stabilitas terhadap penggeseran didapatkan sebesar $(F_{gs}) = 0,36 < SF = 1,5$ dan untuk stabilitas terhadap guling $(F_{gl}) = 0,21 < SF = 1,5$ maka stabilitas terhadap geser dan stabilitas terhadap guling tidak aman. Stabilitas daya dukung tanah didapatkan kapasitas ultimit aman $(q_s) = 223,93 \text{ kN/m}^2 > V = 204,52 \text{ kN/m}^2$, sehingga keruntuhan kapasitas daya dukung tanah dinyatakan aman. Fondasi *bored pile* dirancang dengan kedalaman 1,50 meter dan diameter 1 meter, sehingga stabilitas daya dukung fondasi *bored pile* ditinjau pada tiang kelompok didapatkan kapasitas ijin sebesar 569,89 kN.
- d. Berdasarkan Tabel 4.8 dan 4.10. penulangan dinding vertikal karena seluruh nilai kuat geser beton didapatkan $\phi V_n = \phi V_c > V_u$, maka dinding vertikal tidak memerlukan tulangan geser, hanya dipasang tulangan minimum, sedangkan untuk tulangan momen pada potongan I-I diperoleh rasio tulangan $\rho < \rho_{min} (0,0020)$, sehingga rasio penulangan pada potongan dinding vertikal tidak memenuhi syarat. Syarat rasio tulangan pada Potongan II-II, Potongan III-III, Potongan IV-IV, dan Potongan V-V diperoleh rasio tulangan $\rho > \rho_{min} (0,0020)$, sehingga rasio penulangan pada potongan dinding vertikal memenuhi syarat. Penulangan pelat kaki karena nilai kuat geser beton didapatkan $\phi V_n = \phi V_c > V_u$, maka dinding vertikal tidak memerlukan tulangan geser, hanya dipasang tulangan minimum. sehingga rasio penulangan pada potongan pelat kaki tidak memenuhi syarat. Penulangan utama pada fondasi *bored pile* karena beban aksial yang terjadi $\phi P_n > V_u$, maka penulangan utama memenuhi syarat. Nilai kuat geser beton $\phi V_n = \phi V_c > V_u$, maka fondasi *bored pile* tidak memerlukan tulangan geser, hanya dipasang tulangan minimum.

REFERENSI

- Asroni, Ali., 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Badan Standardisasi Nasional; 2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*, SNI 8460-2017. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional; 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2002. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Das, Braja M. 1999. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, jilid I dan II, terj. Noor Endah, Mochtar I.B. Jakarta, Erlangga.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah 2*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2006. *Teknik Pondasi I*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, 2008, *Teknik Fondasi II*, Edisi-4. Beta Ofset. Yogyakarta.
- Nunik D.W., Zakiah, S. 2016. Skripsi: *Perencanaan Pondasi Bored Pile Pada Gedung Parkir Politeknik Negeri Bandung*. Program Studi Konstruksi Gedung. Politeknik Negeri Bandung.
- Pedoman Kimpraswil No: Pt T-10-2002-B, 2002, *Panduan Geoteknik 4 Desain & Konstruksi*, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Rojudin, D., Lutfi, M., Taqwa, F.M.L. 2020. Analisis Keamanan Lereng Galian Tanah di Area Pertambangan Bauksit (Studi Kasus di Desa Pedalaman Kecamatan Tayan Hilir, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat), *Proceeding Civil Engineering, Environmental, Disaster and Risk Management Symposium 2020*. Yogyakarta, Universitas Islam Indonesia.
- Syofyan, Z., Frizaldi, 2017. *Analisa Desain Bendung D.I Kawasan Sawah Laweh Tarusan (3.273 Ha) Kabupaten Pesisir Selatan Provinsi Sumatera Barat*. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 4 (1), 70-78.
- Taqwa, F.M.L. 2017. Perencanaan Normalisasi Arus Sungai Cijere di Ds. Pasirmukti Kec. Citeureup Kab. Bogor. *Jurnal Komposit*, 1 (2) hal. 31 – 42.