PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH CILEUNGSI – CIBEET KABUPATEN BOGOR KM 96 STA 96+900 – STA 97+020

¹ Yudi Sekaryadi,² Ilham, ³Salsa Nadia Inayah Rahmadika

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Suryakencana
yudisekaryadi65@gmail.com , ilhamipong@yahoo.com, sanaira09@gmail.com

Abstrak

Kabupaten Bogor merupakan daerah yang mempunyai curah hujan tinggi, sehingga tidak luput dari bencana longsor yang dapat menyebabkan amblesnya jaringan jalan raya, Seperti yang terjadi pada ruas jalan Cileungsi – Cibeet STA 96+900 sampai dengan STA 97+020 yang mengalami kerusakan badan jalan akibat lereng yang mengalami longsor setelah beberapa hari turun hujan. Perencanaan dinding penahan tanah tipe kantilever ini bertujuan untuk meminimalisir terjadinya longsor kembali di ruas jalan tersebut. Dalam perencanaan dinding penahan tanah tipe kantilever ini mengacu pada SNI persyaratan perancangan geoteknik tahun 2017 dan untuk perencanaan tebal perkerasan lentur mengacu pada Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Manual Desain 2017. Dari hasil perencanaan, dimensi dinding penahan tanah yang digunakan untuk titik 1 didapat nilai stabilitas guling 2.10, stabilitas geser 8,6 dan daya dukung tanah 12,838. Sedangkan dimensi dinding penahan tanah yang digunakan untuk titik 2 didapat nilai stabilitas guling 2.51, stabilitas geser 2.80 dan daya dukung tanah 4.8.

Kata kunci : Dinding penahan tanah, tipe kantilever, Daya dukung tanah

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terletak pada iklim tropis. Iklim tropis sendiri mempunyai 2 musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Perubahan musim tersebut memberikan pengaruh penting terhadap fenomena alam. Pengaruh peristiwa alam yang berupa penguapan (evaporasi dan evapotranspirasi) dan persipitasi (hujan) tersebut mengakibatkan terjadinya fluktuasi muka air tanah. Naiknya muka air tanah akibat hujan mempengaruhi sifat dan perilaku tanah dalam merespon tekanan/beban yang terjadi. Akhir-akhir ini, sering terjadi bencana tanah longsor di Indonesia, yang dikaitkan dengan datangnya musim hujan.

Kabupaten Bogor memiliki luas wilayah sekitar 2.071,21 Km² terletak antara 6,19° LU – 6,47° LS dan 106°1' - 107°103' BT, yang berdekatan dengan Ibukota Negara sebagai pusat pemerintahan, dengan aktivitas pembangunan yang cukup tinggi. Kabupaten Bogor terletak pada ketinggian berkisar antara 50 – 3000 mdpl dengan topografi yang beragam dari landai hingga bukit terjal, hal ini mengakibatkan beberapa segmen ruas jalan harus berada pada lereng yang rawan terjadi longsor.

Selain relatif terletak di deretan pegunungan Kabupaten Bogor merupakan daerah yang

mempunyai curah hujan tinggi, sehingga tidak luput dari bencana longsor yang dapat menyebabkan amblesnya jaringan jalan raya, seperti yang terjadi di ruas jalan Cileungsi -Cibeet STA 96+900 sampai dengan STA 97+020 yang mengalami kerusakan badan jalan akibat lereng yang mengalami longsor setelah beberapa hari turun hujan.

Peristiwa tanah longsor atau dikenal sebagai gerakan massa tanah, batuan atau kombinasi keduanya, sering terjadi pada lereng-lereng alam atau buatan, sebenarnya merupakan fenomena alam dimana alam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan atau faktor yang mempengaruhi dan menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser tanah.

Penulisan ini mengkaji perencanaan dinding penahan tanah yang dibangun untuk meminimalisir terjadinya longsor kembali dan juga perbaikan perkerasan jalan pada ruas jalan tersebut. Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat diuraikan beberapa rumusan masalah :

1. Berapakah dimensi perencanaan dinding penahan tanah, untuk ruas Jalan CileungsiCibeet KM 96 TA 96+900 – STA 97+020 Kabupaten Bogor ?

2. Apakah dimensi perencanaan dinding penahan tanah yang di desain aman terhadap Guling(Overtuning), Geser (Slidding) dan Keruntuhan Daya Dukung ?

2. TINJAUAN PUSTAKA

a. Perencanaan Dimensi DPT

Dalam merencanakan dinding penahan tanah, hal yang harus dilakukan adalah :

1. Mengasumsikan suatu dimensi.
2. Lakukan cek stabilitas yaitu guling, geser dan daya dukung terhadap dimensi yang direncanakan.
3. Jika sudah dilakukan cek stabilitas dan hasil dari dimensi tersebut tidak memenuhi syarat, maka perlu dilakukan desain dimensi awal kembali. Dimensi awal dinding penahan tanah menurut SNI 8460:2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik adalah seperti gambar di bawah ini :

Gambar 1. Persyaratan dimensi awal dinding penahan tanah

Sumber : SNI Perencanaan Geoteknik (8460:2017)

b. Tekanan tanah lateral

1. Tekanan tanah lateral aktif

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

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma K_a H^2 \quad (2.1)$$

Dengan harga K_a untuk tanah datar menurut Rankine :

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.2)$$

Dengan :

K_a = Koefisien aktif

ϕ = Sudut geser tanah ($^\circ$)

H = tinggi dinding (m)

γ = Berat isi tanah (kN/m³)

2. Tekanan tanah lateral pasif

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

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma K_p H^2 \quad (2.3)$$

Dengan harga K_p untuk tanah datar menurut Rankine :

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.4)$$

Dengan :

K_p = Koefisien pasif

ϕ = Sudut geser tanah ($^\circ$)

H = tinggi dinding (m)

γ = Berat isi tanah (kN/m³)

c. Stabilitas dinding penahan tanah

1. Stabilitas terhadap guling (overturning)

Faktor aman akibat terhadap penggulingan (Fgl),

$$\text{didefinisikan sebagai : } F_{gl} = \frac{\sum M_R}{\sum M_O} \quad (2.5)$$

Dengan :

$\sum M_R$ = Jumlah momen dari gaya-gaya yang menahan guling = W

$\sum M_O$ = Jumlah momen dari gaya-gaya yang menyebabkan guling

W = Berat tanah diatas pelat fondasi + berat sendiri dinding penahan (kN).

$$= P_h \left(\frac{H'}{3} \right)$$

W = Berat tanah diatas pelat fondasi + berat sendiri dinding penahan (kN)

Momen yang menghasilkan guling :

$$M_o = (P_{a1} \cdot H/2) + (P_{a2} \cdot H/3) \quad (2.6)$$

Momen yang menahan guling :

(prosedur perhitungan dapat dilakukan seperti pada tabel 1)

Tabel 1 Prosedur perhitungan momen penahan guling

Komponen	Luas (m ²)	W (kN)	Jarak (m)	Momen (kNm)
1	A1	$W1 = \gamma_a \times A1$	X1	$M1 = W1 \times X1$
2	A2	$W2 = \gamma_a \times A2$	X2	$M1 = W1 \times X2$
3	A3	$W3 = \gamma_a \times A3$	X3	$M1 = W1 \times X3$
4	A4	$W4 = \gamma_b \times A4$	X4	$M1 = W1 \times X4$
ΣV				ΣMR

γ_a = Berat volume beton γ_b = Berat volume tanah

Nilai faktor keamanan untuk guling minimum adalah 2

2. Stabilitas terhadap geser (*sliding*)

Faktor keamanan terhadap stabilitas geser dapat dinyatakan dengan rumus:

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan $\sum R_h$ didapat dengan menggunakan persamaan:

$$\sum R_h = \Sigma V \cdot \tan \phi + B \cdot c + P_p \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan :

$\sum R_h$ = Tahanan DPT terhadap penggeseran ΣPh = Gaya yang mendorong (kN) c = Kohesi tanah dasar (kN/m²)

B = Lebar fondasi (m)

Menurut SNI 8460:2017 Faktor aman terhadap penggeseran dasar fondasi (F_{gs}) minimum, diambil 1,5.

3. Stabilitas terhadap daya dukung tanah

Faktor keamanan terhadap stabilitas daya dukung tanah dapat dinyatakan dengan rumus:

$$F = \frac{qu}{q} \dots\dots\dots (2.9)$$

Kapasitas dukung ultimit dengan menggunakan persamaan Meyerhof (1963):

$$qu = c_2 \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_2 \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan,

$q = \gamma_2 \times D$
 D = kedalaman DPT

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ = faktor kedalaman

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$ = faktor inklinasi

N_c, N_q, N_γ = faktor-faktor kapasitas dukung

B' = lebar efektif pondasi (m)

e = eksentrisitas beban (m)

γ = berat volume tanah (kN/m³)

Nilai faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung menurut SNI 8640:2017 minimumnya sebesar 3.

3. METODOLOGI

a. Data Umum

Obyek penelitian untuk penulisan ini adalah Perencanaan dinding penahan tanah di ruas jalan Cileungsi-Cibeet Kabupaten Bogor, dimulai dari STA awal 96+900 - STA 97+020, dengan panjang penanganan 120 m.

Gambar 2. Situasi Daerah Perencana Rehabilitasi
 Sumber: Dinas Bina Marga Provinsi Jawa Barat (2021)

b. Data Sekunder

Beberapa data sekunder yang didapatkan adalah: Studi literatur mempelajari kajian-kajian atau literatur yang berkaitan dengan perencanaan bangunan, di antaranya:

1. Data topografi
2. Data CBR tanah dasar
3. Data pengujian SPT

4. PEMBAHASAN

Untuk dapat memperhitungkan kestabilan dari dinding penahan tanah, diperlukan parameter parameter dari tanah yang akan direncanakan dinding penahan tanah.:

Tabel 2. Data tanah pada lokasi

Jenis	Tanah urugan	Tanah asli
Berat volume tanah (γ)	18,2 kN/m ³	18,2 kN/m ³
Sudut gesek dalam (ϕ)	31,35°	30,24°
Kohesi (c)	0	19,4 kN/m ²

Sumber : Dinas Bina Marga Prov. Jawa Barat (2020)

1) DPT titik 1

Gambar 3. Desain dinding penahan tanah titik 1

Gambar 4. Diagram tekanan tanah DPT titik1

a. Tekanan tanah aktif (Pa)

- Koefisien tekanan tanah aktif (K_a)

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

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{31,35}{2} \right)$$

$$= \tan^2 (29,325)$$

$$= 0,315$$

- Tekanan tanah aktif akibat beban merata (P_{a1})

$$P_{a1} = K_a \times q \times H$$

$$= 0,315 \times 5 \times 9$$

$$= 14,175 \text{ kN/m}$$

- Tekanan tanah aktif akibat tanah di belakang dinding (P_{a2})

$$P_{a2} = \frac{1}{2} \times \gamma_{b1} \times K_a \times H^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 18,2 \times 0,315 \times 9^2$$

$$= 232,1865 \text{ kN/m}$$

b. Tekanan tanah pasif (Pp)

- Koefisien tekanan tanah pasif (K_p)

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

$$= \tan^2 \left(45 + \frac{30,24}{2} \right)$$

$$= \tan^2 (60,675)$$

$$= 3,029$$

- Tekanan tanah pasif akibat tanah (Pp)

$$P_p = \frac{1}{2} \times K_p \times \gamma_b \times D^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 3,029 \times 18,2 \times 7,9^2$$

$$= 1720,262 \text{ kN}$$

Gambar 5. Gaya vertikal dan momen yang bekerja pada DPT titik 1

Tabel 3. Gaya vertikal dan momen yang bekerja pada DPT titik 1

Komponen	Luas (m ²)	W (kN)	Jarak dari titik O (m)	Momen (kNm)
1	2	48	1.83	88
W1	2	48	1.83	88
W2	4	96	2.25	216
W3	4.5	108	2.25	243
W4	16	291.2	3.5	1019.2
W5	2	10	3.5	35
$\Sigma V = 553.2$		$\Sigma Mr = 1601.2$		

Cek Stabilitas

a. Stabilitas terhadap guling

$$F_{gl} = \frac{\Sigma MR}{\Sigma Mo} > 2$$

Momen pengguling (mo) $Mo = (Pa_1 \cdot H/2) + (Pa_2 \cdot H/3)$

$$= (14,175 \times 9/2) + (232,186 \times 9/3)$$

$$= 63,787 + 696,558$$

$$= 760,345 \text{ kNm}$$

Maka,

$$F_{gl} = \frac{1601,2}{760,345}$$

$$= 2,10 > 2 \quad \text{(OK)}$$

b. Stabilitas terhadap geser

$$F_{gs} = \frac{\Sigma Rh}{\Sigma Ph} > 1,5$$

$$Rh = \Sigma V \cdot \tan \phi_2 + B \cdot c_2 + Pp$$

$$= 553,2 \times \tan 30,24 + 4,5 \times 19,4 + 1720,262$$

$$= 2130$$

Karena permukaan tanah adalah datar ($\alpha = 0$), maka

$Ph = Pa$. Maka,

$$F_{gs} = \frac{\Sigma V \cdot \tan \phi_2 + B \cdot c_2 + Pp}{Pa_1 + Pa_2}$$

$$= \frac{553,2 \times \tan 30,24 + 4,5 \times 19,4 + 1720,262}{14,175 + 232,186}$$

$$= \frac{2130}{246,361} = 8,6 > 1,5 \quad \text{(OK)}$$

c. Stabilitas terhadap daya dukung tanah

$$X_c = \frac{\Sigma MR - \Sigma Mo}{\frac{\Sigma V}{1601,2 - 760,345}}$$

$$= \frac{553,2}{1,519}$$

$$e = \frac{B}{2} - X_c$$

$$= \frac{4,5}{2} - 1,519$$

$$= 0,731 < \frac{B}{6} = \frac{4}{6} = 0,75 \quad \text{(OK)}$$

$$q_{toe} = q_{max} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$= \frac{553,2}{4,5} \left(1 + \frac{6 \times 0,731}{4,5}\right)$$

$$= 242,752 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{heel} = q_{min} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

$$= \frac{553,2}{4,5} \left(1 - \frac{6 \times 0,731}{4,5}\right)$$

$$= 3,114 \text{ kN/m}^2$$

$$B' = B - 2e$$

$$= 4,5 - 2 \times 0,731$$

$$= 3,038 \text{ m}$$

$$A' = B' \times 1$$

$$= 3,038 \text{ m}$$

$$e = 2,72$$

$$N_q = e^{(\pi \cdot \tan \phi)} \cdot \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$= 2,72^{(3,14 \cdot \tan 30,24)} + \tan^2(45^\circ + 30,24/2)$$

$$= 18,914$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi$$

$$= (18,914 - 1) \cot 30,24$$

$$= 30,729$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1,4 \phi)$$

$$= (18,914 - 1) \tan(1,4 \times 30,24)$$

$$= 16,321$$

$$q = \gamma_2 \times D$$

$$= 18,2 \times 7,9$$

$$= 143,78 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{cd} = 1 + 0,4 \frac{D}{B'}$$

$$= 1 + 0,4 \frac{7,9}{3,038} = 2,040$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi_2 (1 - \sin \phi_2)^2 \frac{D}{B'}$$

$$= 1 + 2 \tan 30,24 (1 - \sin 30,24)^2 \frac{7,9}{3,038}$$

$$= 1,747$$

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

$$\begin{aligned}\psi^\circ &= \tan^{-1} \left(\frac{Pa}{\Sigma V} \right) \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{246,361}{553,2} \right) \\ &= 24^\circ \\ F_{ci} = F_{qi} &= \left(1 - \frac{\psi^\circ}{90^\circ} \right)^2 \\ &= \left(1 - \frac{24}{90} \right)^2 \\ &= 0,537 \\ F_{\gamma i} &= \left(1 - \frac{\psi^\circ}{\phi^\circ} \right)^2 \\ &= \left(1 - \frac{24^\circ}{30,24^\circ} \right)^2 \\ &= 0,042\end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}q_u &= c_2 \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_2 \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot \\ &\quad F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \\ &= (19,4)(30,279)(2,040)(0,537) + (143,78) \\ &\quad (18,914)(1,747)(0,537) + \frac{1}{2}(18,2)(3,038) \\ &\quad (16,321)(1)(0,042) \\ &= 643,498 + 2454,109 + 18,950 \\ &= 3116,557 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Maka, faktor keamanan terhadap daya dukung tanah adalah :

$$\begin{aligned}Fs(\text{daya dukung}) &= \frac{q_u}{q_{\max}} \\ &= \frac{3116,557}{242\,752} \\ &= 12,838 > 3 \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

2) DPT titik 2

Gambar 6. Diagram tekanan tanah DPT titik 2

Gambar 7. Diagram tekanan tanah DPT titik 2

a. Tekanan tanah aktif (Pa)

- Koefisien tekanan tanah aktif (Ka)

$$\begin{aligned}K_a &= \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \tan^2 \left(45 - \frac{31,35}{2} \right) \\ &= \tan^2 (29,325) \\ &= 0,315\end{aligned}$$

- Tekanan tanah aktif akibat beban merata (Pa₁)

$$\begin{aligned}Pa_1 &= K_a \times q \times H \\ &= 0,315 \times 5 \times 10 \\ &= 15,75 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

- Tekanan tanah aktif akibat tanah di belakang dinding (Pa₂)

$$\begin{aligned}Pa_2 &= \frac{1}{2} \times \gamma_{b1} \times K_a \times H^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 18,2 \times 0,315 \times 10^2 \\ &= 286,65 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

b. Tekanan tanah pasif (Pp)

- Koefisien tekanan tanah aktif (Ka)

$$\begin{aligned}K_a &= \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \tan^2 \left(45 - \frac{31,35}{2} \right) \\ &= \tan^2 (29,325) \\ &= 0,315\end{aligned}$$

- Tekanan tanah aktif akibat beban merata (Pa₁)

$$\begin{aligned}Pa_1 &= K_a \times q \times H \\ &= 0,315 \times 5 \times 10 \\ &= 15,75 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

- Tekanan tanah aktif akibat tanah di belakang dinding (Pa₂)

$$\begin{aligned}Pa_2 &= \frac{1}{2} \times \gamma_{b1} \times K_a \times H^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 18,2 \times 0,315 \times 10^2 \\ &= 286,65 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Gambar 7. Gaya vertikal dan momen yang bekerja pada DPT titik 2

Tabel 4. Gaya vertikal dan momen yang bekerja pada DPT titik 2

Komponen	Luas (m ²)	W (kN)	Jarak dari titik O (m)	Momen (kNm)
1	2	3	2	5
W1	2.7	64.8	2.2	142.56
W2	5.4	129.6	2.7	349.22
W3	6.5	156	3.25	507
W4	31.5	573.3	4.75	2723.175
W5	3.5	17.5	4.75	83.125
$\Sigma V = 941.2$		$\Sigma Mr = 3805.78$		

Cek Stabilitas

a. Stabilitas terhadap guling

$$F_{gl} = \frac{\Sigma MR}{\Sigma Mo} > 2$$

b. Momen pengguling (mo)

$$\begin{aligned} Mo &= (Pa_1 \cdot H/2) + (Pa_2 \cdot H/3) \\ &= (15,75 \times 10/2) + (286,65 \times 10/3) \\ &= 78,75 + 1433,25 \\ &= 1512 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } F_{gl} &= \frac{3805,78}{1512} \\ &= 2,51 > 2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

c. Stabilitas terhadap geser

$$F_{gs} = \frac{\Sigma Rh}{\Sigma Ph} > 1,5$$

$$\begin{aligned} Rh &= \Sigma V \cdot \tan \phi_2 + B \cdot c_2 + Pp \\ &= 941,2 \times \tan 30,24 + 6,5 \times 19,4 \\ &\quad + 172,274 \\ &= 847,045 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{941,2 \times \tan 30,24 + 6 \times 19,4 + 172,274}{15,75 + 286,65} \\ &= \frac{837,345}{302,4} = 2,76 > 1,5 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Karena permukaan tanah adalah datar ($\alpha = 0$), maka

$$Ph = Pa. \text{ Maka, } F_{gs} = \frac{\Sigma V \cdot \tan \phi_2 + B \cdot c_2 + Pp}{Pa_1 + Pa_2}$$

$$= \frac{837,345}{302,4} = 2,76 > 1,5 \quad (\text{OK})$$

c. Stabilitas terhadap daya dukung tanah

$$\begin{aligned} X_c &= \frac{\Sigma MR - \Sigma Mo}{\Sigma V} \\ &= \frac{3805,78 - 1512}{941,2} \\ &= 2,437 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{B}{2} - X_c \\ &= \frac{6,5}{2} - 2,437 \\ &= 0,813 < \frac{B}{6} = \frac{6,5}{6} = 1,083 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{toe} &= q_{max} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) \\ &= \frac{941,2}{6,5} \left(1 + \frac{6 \times 0,813}{6,5}\right) \\ &= 253,466 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{heel} &= q_{min} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B}\right) \\ &= \frac{941,2}{6,5} \left(1 - \frac{6 \times 0,813}{6,5}\right) \\ &= 36,133 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B' &= B - 2e \\ &= 6,5 - 2 \times 0,813 \\ &= 4,874 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A' &= B' \times 1 \\ &= 4,874 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= 2,72 \\ N_q &= e^{(\pi \cdot \tan \phi)} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \\ &= 2,72^{(3,14 \cdot \tan 30,24)} + \tan^2 (45^\circ + 30,24/2) \\ &= 18,914 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_c &= (N_q - 1) \cdot \cot \phi \\ &= (18,914 - 1) \cdot \cot 30,24 \\ &= 30,729 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_\gamma &= (N_q - 1) \cdot \tan(1,4 \phi) \\ &= (18,914 - 1) \cdot \tan(1,4 \times 30,24) \\ &= 16,321 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= \gamma_2 \times D \\ &= 18,2 \times 2,5 \\ &= 45,5 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cd} &= 1 + 0,4 \frac{D}{B'} \\ &= 1 + 0,4 \frac{2,5}{4,874} = 1,205 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{qd} &= 1 + 2 \tan \phi_2 (1 - \sin \phi_2)^2 \frac{D}{B'} \\
 &= 1 + 2 \tan 30,24 (1 - \sin 30,24)^2 \frac{2,5}{4,874} \\
 &= 1,147 \\
 F_{\gamma d} &= 1 \\
 \Psi^o &= \tan^{-1} \left(\frac{Pa}{\Sigma V} \right) \\
 &= \tan^{-1} \left(\frac{302,4}{941,2} \right) \\
 &= 17,7^o \\
 F_{ci} &= F_{qi} = \left(1 - \frac{\Psi^o}{90^o} \right)^2 \\
 &= \left(1 - \frac{17,7}{90} \right)^2 \\
 &= 0,645 \\
 F_{\gamma i} &= \left(1 - \frac{\Psi^o}{\phi^o} \right)^2 \\
 &= \left(1 - \frac{17,7^o}{30,24^o} \right)^2 \\
 &= 0,171
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 qu &= c_2 \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} \\
 &\quad + \frac{1}{2} \gamma \cdot B' \cdot N_{\gamma} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \\
 &= (19,4)(30,279)(1,205)(0,645) \\
 &\quad + (45,5)(18,914)(1,147)(0,645) + \\
 &\quad \frac{1}{2} (18,2)(4,874)(16,321)(1)(0,171) \\
 &= 456,551 + 636,675 + 123,785 \\
 &= 1217,011 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Maka, faktor keamanan terhadap daya dukung tanah adalah :

$$\begin{aligned}
 Fs(\text{daya dukung}) &= \frac{qu}{q_{\max}} \\
 &= \frac{1217,011}{253,466} \\
 &= 4,80 > 3 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis penulisan ini dapat diambil kesimpulan seperti berikut ini:

1. Dari hasil perencanaan, dimensi dinding penahan tanah yang digunakan untuk titik 1 didapat nilai stabilitas guling 2.10, stabilitas geser 8,6 dan daya dukung tanah 12,838. Sedangkan dimensi dinding penahan tanah yang digunakan untuk titik 2 didapat nilai stabilitas guling 2.51, stabilitas geser 2.80 dan daya dukung tanah 4.8.
2. Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan, desain dinding penahan tanah untuk titik BH1 dan BH2 sudah aman terhadap stabilitas guling, geser dan daya dukung tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agar, Vendelinus, Suhudi Suhudi, and Andy Kristafi Arifianto. "Studi Efisiensi Lebar Alas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever pada Jalan Brigjend Abdul Manan Wijaya Kecamatan Pujon Kabupaten Malang." *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia* 5.1 (2020): 90-97.
- Andila, Ayu. *Perencanaan Dinding Penahan Tanah Dan Perencanaan Perkerasan Jalan Pada Ruas Jalan Km 7 Batas Kota Tanah Grogot-Lolo Kuaro Sta. 0+ 420-Sta. 0+ 500, Kab. Paser, Kalimantan Timur*. Diss. University of Muhammadiyah Malang, 2017.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. SNI No.2847:2013. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2017. Persyaratan Perancangan Geoteknik. SNI No.8460: 2017. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- Hardiyatmo, Hary Christady. *Penanganan tanah longsor dan erosi*. Indonesia, Gadjah Mada University Press, 2006.
- Nugraha, Arya. *Perencanaan Dinding Penahan Tanah Dengan Menggunakan Program GEO 5*. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2013.
- Saputra, Septian Adi. "Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever Dan Geotekstil Pada Ruas Jalan Lintas Liwa-Simpang Gunung Kemala Km. 268+ 550." (2017).
- Wagola, Erwin Syaiful, and Mentari Rasyid. "Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever pada Landfill TPA Kota Masohi Kabupaten Maluku Tengah Provinsi Maluku." *Rekayasa Sipil* 14.1 (2020): 70-74.