

PERENCANAAN TEMBOK PENAHAN TANAH (KANTILEVER) DESA SIDOMUKTI KECAMATAN KENDURUAN KABUPATEN TUBAN PADA AWAL TAHUN 2020

SUDIRHAM, ST.MT

Program Studi Teknik Sipil / Universitas Bojonegoro
Jl. Lettu Suyitno No.2, Glendeng, Kalirejo, Bojonegoro 62119

ABSTRAK

Pada penelitian ini peneliti mengambil lokasi study di Kecamatan Kenduruan tepatnya di dibelakang pasar Desa Sidomukti Kecamatan Kenduruan Kabupaten Tuban Provinsi Jawa Timur. Karena tanah di belakang pasar Desa Sidomukti Kecamatan Kenduruan yang tipe tanahnya bersifat tanah gerak/ hidup dan mudah susut namun bukan tanah likuifaksi. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan perencanaan dimensi tembok penahan tanah.

Melakukan perhitungan kestabilan tembok penahantahan. Menghitung gaya guling, geser dan daya dukung. Perhitungan struktur penulangan dinding penahantahan. Menggambar hasil penulangan. Pada penelitian ini peneliti fokus pada TPT dengan type kantilever yang memiliki kelebihan mengandalkan daya jepit untuk menjaga kestabilan dari struktur penahan dibandingkan dengan type tpt lainnya yang dianggap sesuai dengan jenis tanah di lokasi study. Analisa data tanah dari data tanah yang ada dapat kita ketahui kemampuan tanah dalam menahan beban dari suatu struktur yang direncanakan. Kohesi (c) dan sudut gesek didapatkan dengan melakukan pengujian uji geser langsung (direct shear test) di Laboratorium, Berat isi tanah juga diperoleh dengan pengujian di laboratorium. Perencanaan menggunakan berat isi beton 24kN/m. Adapun data tanah yang didapatkan dari pengujian laboratorium adalah volume tanah 1 (γ) 19,15 kN/m³; kohesi (c) 0,624 kN/m²; sudut gesek dalam (ϕ) 4,50° .volume tanah 2 (γ) 17,75 kN/m³; kohesi (c) 0,669 kN/m²; sudut gesek dalam (ϕ) 4,80° .volume tanah 3 (γ) 18,73 kN/m³; kohesi (c) 0,730 kN/m²; sudut gesek dalam (ϕ) 4,60° .Hasil perencanaan stabilitas tembok penahan tanah aman terhadap geser, guling dan daya dukung tanah menggunakan teori terzaghi, dengan hasil perhitungan sebagai berikut: Stabilitas terhadap gaya geser = 3,36 > 2 (aman). Stabilitas terhadap gaya guling = 2,16 > 2(aman). Stabilitas terhadap daya dukung tanah = 5,08 > 3(aman). Dari hasil perhitungangeser, guling dan daya dukung tanah dapat dinyatakan aman karena nilai di atas sudah lebih besar dari nilai *Safety Factor*. Dari analisis perencanaan tpt di gunakan penulangan dengan di ameter tulangan utama D10-250mm untuk tulangan sengkang dengan diameter D10 dengan jarak 25 cm.

Keywords: Tembok penahan tanah, Teori terzaghi, *Safety Factor*.

1. Pendahuluan

Kenduruan adalah sebuah kecamatan di kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Kecamatan kenduruan merupakan daerah perbukitan, perkebunan dan persawahan yang berkontur, sehingga pada saat musim hujan, didaerah ini sering kali mengalami longsor. Akibat air hujan yang deras, longsoran bisa terjadi dengan berbagai cara, Secara perlahan-lahan atau mendadak serta dengan ataupun tanpa tanda-tanda yang terlihat, sehingga perlu bangunan-bangunan penahan tanah yang berupa tembok penahan tanah yang bertipe kantilever sangat dibutuhkan di daerah ini.

Tembok penahan tanah berfungsi mencegah dan menyokong tanah dari bahaya kelongsoran. Baik akibat beban air hujan, berat tanah itu sendiri maupun akibat beban yang bekerja di atasnya. Tembok penahan tanah bisa memberikan kontribusi untuk mengurangi bahaya longsor, karena di Indonesia sering terjadi longsor maka analisi tentang kestabilan dinding penahan sangat diperlukan.

Pada penelitian ini peneliti mengambil lokasi studi di Kecamatan Kenduruan tepatnya di dibelakang pasar Desa Sidomukti Kecamatan Kenduruan Kabupaten Tuban Provinsi Jawa Timur. Karena tanah di belakang pasar Desa Sidomukti Kecamatan Kenduruan yang tipe tanahnya bersifat tanah gerak/ hidup dan mudah susut namun bukan tanah likuifaksi. sehingga lokasi tersebut perlu dilakukan suatu penelitian untuk direncanakan tembok penahan tanah yang cocok dengan karakteristik tanah lempung berlanau warna coklat kekuningan tersebut. Pada penelitian ini peneliti fokus pada TPT dengan type kantilever yang memiliki kelebihan mengandalkan daya jepit untuk menjaga kestabilan dari struktur penahan dibandingkan dengan type tpt lainnya yang dianggap sesuai dengan jenis tanah di lokasi studi.

2. Kajian Pustaka

A. Stabilitas Lereng

Pada permukaan tanah yang tidak horisontal, gerakan tanah ke bawah cenderung untuk komponen gravitasi. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng pada permukaan tanah yang miring ini Analisis stabilitas, disebut analisis stabilitas lereng. Analisis ini sering digunakan dalam perancangan bangunan seperti jalan kereta api, jalan raya, bandara, bendungan urugan tanah, saluran, dan lain-lainnya. Pada umumnya, mengecek keamanan dari lereng alam dilakukan untuk analisis stabilitas, lereng galian, dan lereng urugan tanah. (Hariyatmo 2003:326).

B. Lereng dan Longsoran

Lereng adalah suatu sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal permukaan tanah yang miring berbentuk. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya-gaya yang mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor (Tjokorda, dkk, 2010).

C. Perbaikan Lereng

Metode untuk menangani lereng-lereng yang tak stabil terutama bergantung kepada sifat tanah yang dijumpai. Jenis tanah dan jenis formasi tanah yang berbahaya di atas merupakan lapisan-lapisan yang tersusun atas *schist* yang lapuk atau lempung lunak yang berupa serpihan, lempung kaku yang retak, lempung yang mengandung pasir atau lanau, dan massa tanah kohesif yang mengandung lapisan-lapisan atau kantung-kantung lanau atau pasir yang berair. (Terzaghi dan Peck. 1967:340)

D. Tembok Penahan Tanah

Tembok penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif pada struktur dinding sehingga struktur cenderung akan terguling atau akan tergeser (Tanjung, 2016).

E. Kontrol Stabilitas Tembok Penahan Tanah

1. Kontrol Terhadap Geser

Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh :

- a. Gesekan antara tanah dengan dasar fondasi;
- b. Tekanan tanah pasif bila didepan dinding penahan terdapat tanah timbunan;
- c. Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah;

d. Faktor aman terhadap pergeseran dasar fondasi (F_{gs}) minimum diambil 1,5.

Untuk nilai koefisien gesek antara tanah dasar dan dasar fondasi (f) dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Koefisien gesek (f) antara dasar fondasi dan tanah dasar

Jenis tanah dasar fondasi	$f = \text{tg } \delta_b$
Tanah granuler kasar tak mengandung lanau atau lempung	0,55
Tanah granuler kasar mengandung lanau	0,45
Tanah lanau tak berkohesi	0,35
Batu keras permukaan kasar	0,60

2. Kontrol Terhadap Guling

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat fondasi. Jika tahanan tanah pasif yang ditimbulkan oleh pengunci pada dasar fondasi diperhitungkan, maka nilainya harus direduksi untuk mengantisipasi pengaruh-pengaruh erosi, iklim dan retakan akibat tegangan-tegangan tarik tanah dasar yang kohesif.

3. Kontrol Terhadap Daya Dukung Tanah

Karena tanah tidak dapat menahan gaya tarik, maka dari hitungan secara teoritis akan terjadi tegangan tarik. Tegangan tarik tersebut diabaikan. Untuk menghindari perbedaan penurunan yang besar dan geser lebih ekonomis, maka diusahakan agar seluruh dasar dinding hanya menerima tegangan tekan saja yang dijelaskan pada Gambar 2.12. Untuk mencapai hal demikian maka resultan gaya-gaya yang bekerja harus terletak atau diletakkan didalam daerah inti dan $e \leq B/6$.

Tabel 2.2 Nilai-nilai faktor daya dukung

Faktor Kedalaman	Nilai	Keterangan
d_c	$1 + 0,4 (D_f/B)$	Batasan : Bila $(D_f/B) > 1$, maka (D_f/B) diganti dengan $\text{arc tg } (D_f/B)$
d_q	$1 + 2 (D_f/B) \text{tg } \phi (1 - \sin \phi)^2$	
d_γ	1	

F. Koefisien Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

Koefisien tekan tanah aktif (K_a)

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

Dimana :

K_a = koefisien tekanan aktif

ϕ = sudut geser tanah

Koefisien tekan tanah pasif (K_p)

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$

Dimana :

K_a = koefisien tekanan aktif
 ϕ = sudut geser tanah

G. Tekanan Tanah Lateral Pada Tembok Dengan Permukaan Horisontal

Tekanan tanah aktif total (P_a) untuk tembok penahan tanah setinggi H dengan luas diagram tekanannya dinyatakan dengan persamaan:

$$P_{a2} = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma \cdot H^2$$

Dimana:

P_a = Tekanan tanah aktif (kN/m)
 γ = Berat volume tanah (kN/m³)
 K_a = Koefisien tekanan aktif
 H = Tinggi dinding penahan (m)

Distribusi tekanan tanah lateral terhadap dinding penahan untuk kedudukan pasif Rankine. Tekanan tanah pasif (P_p) pada sembarang kedalaman dinding penahan dinyatakan dalam persamaan:

$$P_p = \frac{1}{2} K_p \cdot \gamma \cdot H$$

Dimana:

P_p = Tekanan tanah pasif(kN/m)
 Γ = Berat volume tanah(kN/m³)
 K_p = Koefisien tekanan pasif
 H = Tinggi dinding penahan (m)

H. Tekanan Tanah Lateral Untuk Tanah Kohesif

Kondisi tanah urugan kembali yang berupa tanah kohesif seperti tanah lempung, besarnya tekanan tanah aktif menjadi berkurang. (Bell, 1915) mengusulkan suatu penyelesaian hitungan tekanan tanah lateral pada dinding penahan dengan tanah urugan kembali untuk tanah berlempung, seperti ditunjukkan dalam Gambar 9. Hitungan didasarkan pada persamaan Rankine dan Coulomb dengan mempertimbangkan kondisi-kondisi tegangan pada lingkaran Mohr.

I. Stabilitas Terhadap Geser

Akibat gaya-gaya lateral seperti tekanan tanah aktif P_a yang bekerja, maka dinding penahan tanah dapat bergeser. Gaya-gaya lateral P_a tersebut akan mendapatkan perlawanan dari tekanan tanah Pasif P_p dan gaya gesek antara dasar dinding dan tanah. Rumus yang digunakan:

$$F_{gs} = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} \geq 2$$

dengan:

F_{gs} =faktor aman terhadap penggeseran
 ΣR_h =Tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran (kN)
 ΣP_h =Jumlah tekanan gaya horisontal (kN)
 ΣW =Jumlah gaya berat sendiri dinding penahan tanah (kN)
 B = Lebar dasar pondasi(m)
 C =Kohesi(kN/m²)
 Φ =Sudut gesek internal tanah(°)

Faktor aman terhadap penggeseran dasar fondasi minimum diambil 1,5. Bowles, 1997

menyarankan:

$F_{gs} \geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler

$F_{gs} \geq 2$ untuk tanah kohesif

J. Stabilitas Terhadap Guling

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat fondasi. Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat fondasi.

Faktor aman terhadap penggulingan (F_{gl}) dirumuskan:

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_h} \geq 2$$

dengan:

F_{gl} = faktor aman terhadap penggeseran

$\sum M_w$ = Jumlah momen yang melawan penggulingan

$\sum M_h$ = Jumlah momen pasif yang menyebabkan penggulingan

Faktor aman terhadap penggulingan bergantung pada jenis tanah, yaitu: $SF \geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler, $SF \geq 2$ untuk tanah kohesif

K. Tanah dengan keruntuhan geser setempat (local shear failure)

Untuk harga diganti $c' = 2/3 c$; N_c ; N_q ; N_γ (Table 1.2 atau Gambar 1.8).

Kapasitas daya dukung pondasi menerus dengan lebar B

$$q_u = 2/3 c' N_c + \gamma D_f N_q + 1/2 \gamma B N_\gamma$$

Tabel 2.3. Nilai-nilai faktor kapasitas dukung tanah terzaghi

σ	N_c	N_q	N_γ	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5,7	1,0	0	5,7	1	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2

(Sumber: Hardiyatmo, 2007)

L. Beban dan Reaksi Tanah

Bagian-bagian dinding kantilever terdiri dari: dinding, pelat fondasi belakang dan fondasi depan. Pada setiap bagian ini dirancang seperti cara merancang struktur kantilever. Untuk merancang pelat fondasi, tekanan yang terjadi pada bagian dasar fondasi yang dihitung lebih dulu, yaitu dengan menganggap distribusi tekanan tanah linier. Tekanan pada tanah dasar akibat beban dinding penahan yang terjadi pada ujung-ujung pelat fondasi yang dihitung dengan cara sebagai berikut:

Tegangan vertikal desak maksimum, dihitung dengan rumus:

Bila $e \leq B/6$

$$\sigma_{max} = \frac{V}{B} \left(1 + \frac{6.e}{B} \right)$$

Tegangan vertikal desak minimum, dihitung dengan rumus:

$$\text{Bila } e > B/6 \\ \sigma_{\min} = \frac{V}{B} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{B} \right)$$

dengan,

V = Komponen gaya vertikal

H = Komponen gaya horisontal

B = Lebar bagian potongan yang ditinjau

l = Panjang dinding tiap 1 meter

e = Eksentrisitas

Bila $e \leq B/6$, maka tekanan dinding ke tanah yang terjadi berbentuk trapesium, sedang bila $e > B/6$, maka diagram tekanan berupa segitiga. Bila $e = B/6$, bentuk diagram tekanan kontak berupa segitiga.

Stabilitas kapasitas dukung tanah dapat dihitung dengan:

$$X_e = \frac{\sum Ma - \sum Mp}{\sum mw}$$

$$E = \frac{B}{2} - X_e$$

$$B' = B - 2e$$

Dengan:

ΣMW = Momen yang melawan penggulingan (kN.m);

ΣMG uling = Momen yang mengakibatkan penggulingan (kN.m);

ΣM = Total berat tanah di atas pelat fondasi + berat sendiri dinding penahan (kN);

e = Eksentrisitas beban (m);

B = Lebar dasar fondasi (m);

B' = Lebar efektif (m).

Setelah didapat q' maka dapat dihitung faktor aman:

$$SF = \frac{q_u}{q} \geq 3$$

Dengan:

q_u = Kapasitas dukung ultimit (kN/m²);

q = Tekanan akibat beban struktur (kN/m²).

M. Penulangan Tembok Penahan Kantilever

Ketentuan mengenai perencanaan dinding penahan tanah berdasarkan pada SNI 03-2847-2013 tentang Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung dinyatakan sebagai berikut :

1.) *Pelindung Tulangan Beton*

Selimut beton berfungsi memberi perlindungan terhadap tulangan dari kondisi luar. Penentuan ketebalan selimut beton untuk pelat satu arah ditentukan berdasarkan SNI-03-2847-2013.

2.) *Selimut beton, mm*

a) *Beton yang di cor di atas dan selalu berhubungan dengan tanah*

b) *Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: Batang tulangan D-19 hingga D-57, Batangan tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil*

c) *Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah: Slab, dinding, balok usuk: Batang tulangan D-44 dan D-57, Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil*

d) *Balok, kolom: Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral, Komponen struktur cangkang, pelat lipat: Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar, Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil*

3.) *momen nominal (Mn)*

Momen nominal (M_n) merupakan momen yang digunakan untuk perencanaan tulangan. momen nominal diambil sebesar 80% dari momen ultimate (M_u) ditentukan dengan persamaan di bawah ini :

$$M_n = M_u / \phi$$

Keterangan :

M_n = Momen nominal (kN.m)

M_u = Momen ultimate (kN.m)

$$\phi = 0.8$$

4.) Perhitungan koefisien ketahanan (M_n)

Koefisien ketahanan (M_n) ditentukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$As \cdot F_y \cdot (d - a/2) + As' \cdot F_y' \cdot (d - d')$$

Keterangan :

M_n = Momen nominal (kN.m)

b = Tinjauan dinding beton (mm)

d = Tebal efektif (mm)

As = Luas Penampang

5.) Perhitungan rasio tulangan (ρ)

Rasio tulangan (ρ) ditentukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini

$$As = 0.85 \cdot F_c \cdot a \cdot b + As' \cdot F_y'$$

Keterangan :

b = Panjang per 1 meter

f_y = Tegangan leleh baja (N/mm²)

f'_c = Kuat tekan beton (N/mm²)

6.) Kontrol rasio tulangan

Kontrol rasio tulangan digunakan untuk menentukan rasio tulangan yang akan digunakan agar kebutuhan tulangan yang direncanakan ekonomis dan efisien. Kontrol rasio tulangan ditentukan dengan syarat berikut ini :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

Keterangan :

ρ_{min} = Rasio tulangan min

ρ_{max} = Rasio tulangan max

g) Jumlah Tulangan

$$n = \frac{As}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

h) Jarak antar Tulangan

$$s = \frac{0.25 \cdot \pi \cdot b \cdot 13^2}{Asb}$$

3 Metode Penelitian

A. Pengumpulan Data Penelitian

Survey data merupakan sarana pokok untuk menemukan penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Adapun metode yang dilakukan adalah :

- 1) Data Primer Data primer diperoleh dengan metode observasi melakukan pengamatan langsung dilapangan dan wawancara dengan pihak-pihak yang relevan dibidangnya, yaitu :

- a) Survey Lingkungan Sekitar Untuk mengetahui bagaimana sebaiknya perencanaan dilakukan. Dengan melihat kondisi lingkungan disekitar lokasi perencanaan dimana terdapat gedung, sehingga dapat direncanakan suatu struktur dengan meminimalisasi dampak yang ditimbulkan akibat pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Hal ini terkait dengan penggunaan pondasi, dan lain-lain.
- 2) Data Sekunder diperoleh dari literatur-literatur yang ada, maupun dari instansi terkait meliputi :
 - a) Data Tanah Data tanah diperoleh dari instansi-instansi terkait dengan mengambil data hasil penyelidikan tanah didalam lokasi yang akan di rencanakan. data tanah
 - b) data gambar master plan.

B. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan adalah teknik analisis data deskriptif. Teknik analisis data deskriptif merupakan teknik analisis yang dipakai untuk menganalisis data dengan mendeskripsikan atau menggambarkan data-data yang sudah dikumpulkan seadanya tanpa ada maksud membuat generalisasi dari hasil penelitian. Yang termasuk dalam teknik analisis data statistik deskriptif diantaranya seperti penyajian data kedalam bentuk grafik, tabel, presentase, frekwensi, diagram, grafik, mean, modus dl

4 Hasil & Pembahasan

Untuk keperluan perencanaan dinding penahan, diperlukan data tanah di lapangan. Dalam penelitian ini digunakan data tanah yang terletak di Desa Sidomukti Kecamatan Kenduruan Kabupaten Tuban. Kondisi geologi tanah pada sekitar lokasi perencanaan dikategorikan sebagai tanah lempung/berkohesi. Parameter tanah yang perlu diketahui untuk melakukan perencanaan dinding penahan tanah adalah:

- a. Kohesi (c) dan sudut gesek didapatkan dengan melakukan pengujian uji geser langsung (direct shear test) di Laboratorium.
- b. Berat isi tanah juga diperoleh dengan pengujian di laboratorium.
- c. Perencanaan menggunakan berat isi beton 24kN/m.

Adapun dat tanah yang didapatkan dari pengujian laboratorium adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data tanah hasil pengujian Laboratorium

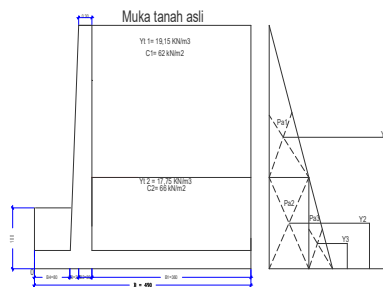
Kedalaman (m)	$\gamma \left(\frac{t}{M^3} \right)$	$C \left(\frac{Kg}{M^2} \right)$	$\phi \left(^\circ \right)$
0,5-1,0	1,915	0,624	4.50
2,5 - 3,0	1,775	0,669	4.80
4,5 - 5,0	1,873	0,730	4.60

Sumber: Laboratorium transportasi & geoteknik fakultas vokasi – ITS(Tahun 2019)

A. Perhitungan Tembok Peanahn Tanah

No	Momen pada titik	Berat (W) KN/m	Jarak (X) m	Momen (M) KN
1	M1	9.94	0.40	3.98
2	M2	8.88	0.93	8.29
3	M3	13.32	1.10	14.65
4	M4	35.28	2.45	86.44
5	M5	172.35	3.10	534.29

6	M6	76.68	3.10	237.71
ΣW		316.45	ΣMw	885.35



Gambar 4.4 Gambar Tekanan Aktif

Mencari Koefisien Tekanan Tanah Aktif

$$\begin{aligned}
 Ka1 &= \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \\
 &= \frac{0.93}{1.07} \\
 &= 0.87
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ka2 &= \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \\
 &= \frac{0.92}{1.08} \\
 &= 0.85
 \end{aligned}$$

$$\gamma_{t1} = 19.15 \text{ KN/m}^3$$

$$\gamma_{t2} = 17.75 \text{ KN/m}^3$$

$$c1 = 62 \text{ KN/m}^2$$

$$c2 = 66 \text{ KN/m}^2$$

$$\phi1 = 4.50^\circ$$

$$\phi2 = 4.80^\circ$$

$$H1 = 2.50 \text{ m}$$

$$H2 = 1.20 \text{ m}$$

$$D = 0.30 \text{ m}$$

$$H = 1.00 \text{ m}$$

Mencari Tekanan Aktif (Pa)

$$\begin{aligned}
 \sigma_{a1} &= Ka1 \times \gamma_{t1} \times H1 \\
 &= 0.87 \times 19.15 \times 2.50 \\
 &= 41.61
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa1 &= 0.5 \times 41.61 \times H1 \\
 &= 0.5 \times 41.61 \times 2.50 \\
 &= 52.01
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{a2} &= Ka2 \times \gamma_{t2} \times H1 \\
 &= 0.85 \times 17.75 \times 2.50 \\
 &= 37.80
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa2 &= 37.80 \times H2 \\
 &= 37.80 \times 1.20 \\
 &= 45.36
 \end{aligned}$$

$$\sigma_{a3} = Ka2 \times \gamma_{t2} \times H2$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.85 \times 17.75 \times 1.50 \\
 &= 22.68 \\
 Pa3 &= 0.5 \times 22.68 \times H2 \\
 &= 0.50 \times 22.68 \times 1.50 \\
 &= 17.01
 \end{aligned}$$

Mencari Jarak (γ) Lengan Terhadap 0

$$\begin{aligned}
 Y1 &= 0.33 \times H1 + H2 + D \\
 &= 0.33 \times 2.50 + 1.20 + 0.30 \\
 &= 2.33 \\
 Y2 &= 0.5 \times H2 \\
 &= 0.5 \times 1.20 \\
 &= 0.6 \\
 Y3 &= 0.33 \times D \\
 &= 0.33 \times 0.30 \\
 &= 0.10
 \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah Aktif

Momen pada titik	Tekanan Tanah Aktif (Pa)	Jarak (m)	Momen (M)
Mpa1	52.01	2.33	121.37
Mpa2	45.36	0.60	27.22
Mpa3	17.01	0.10	1.70
ΣPa	114.39	ΣMa	150.28

Mencari Koefisien Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned}
 Kp2 &= \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \\
 &= \frac{1.08}{0.92} \\
 &= 1.17 \\
 \gamma t1 &= 19,15 \text{ KN/m}^3 \\
 \gamma t2 &= 17,75 \text{ KN/m}^3 \\
 c1 &= 62 \text{ KN/m}^2 \\
 c2 &= 66 \text{ KN/m}^2 \\
 \phi1 &= 4,50^\circ \\
 \phi2 &= 4,80^\circ \\
 H1 &= 2,50 \text{ m} \\
 H2 &= 1,20 \text{ m} \\
 D &= 0,30 \text{ m} \\
 H &= 1,00 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Mencari Tekanan Pasif (Pp)

$$\begin{aligned}
 \sigma p1 &= Kp2 \times \gamma t2 \times H \\
 &= 1.17 \times 17.75 \times 1.00 \\
 &= 20.84
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pp1 &= 0.5 \times 20.84 \times H \\ &= 0.5 \times 20.84 \times 1.00 \\ &= 10.4 \end{aligned}$$

Mencari Jarak (I) Lengan Terhadap 0

$$\begin{aligned} Y1 &= 0.33 \times D \\ &= 0.33 \times 1.00 \\ &= 0.33 \end{aligned}$$

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah Pasif

No	Momen Pada Titik	Tekanan Tanah Pasif (Pp)	Jarak (m)	Momen (M)
1	Mpp1	10.4	0.33	3.47
ΣPp		10.4	ΣMn	3.47

Menghitung stabilitas terhadap geser

ΣPH = Jumlah Gaya Horizontal

$$\begin{aligned} \Sigma PH &= \Sigma pa - \Sigma Pp \\ &= 114.39 - 10.42 \\ &= 103.97 \end{aligned}$$

Untuk tanah c - ϕ ($\phi > 0$, dan c > 0)

$$\Sigma Rh = c2 \times B + W \tan \delta b$$

$$\begin{aligned} \Sigma Rh &= 66 \times 4,90 + 316,45 \tan (4.8) \\ &= 349,40 \end{aligned}$$

$$Fgs = \frac{\Sigma Rh}{\Sigma PH}$$

$$= 3,36 > 2,00 \text{ (Aman, dimensi tidak perlu diperbesar)}$$

Menghitung stabilitas terhadap guling

$$Fgl = \frac{\Sigma W}{\Sigma Ma - \Sigma Mp}$$

$$= 2,16 \geq 2,00 \text{ (Aman, dimensi tidak perlu diperbesar)}$$

Stabilitas Terhadap Keruntuhan Daya Dukung Tanah

$$Xe = 0.17 \text{ m}$$

Eksentrisitas

$$\begin{aligned} e &= (B/2) - Xe \\ &= 2.45 - 0.17 \\ &= 2.28 \text{ m} > B/6 = 0.82 \end{aligned}$$

Lebar Efektif

$$\begin{aligned} B' &= B - 2e \\ &= 4.90 - 4.57 \\ &= 0.33 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A' &= B' \times 1 \\ &= 0.33 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$q1 = \frac{\Sigma W}{B} \left(1.00 + \frac{6 \times e}{B} \right)$$

$$q_2 = \frac{316.45}{4.90} \left(1.00 + \frac{13.71}{4.90} \right)$$

$$q_1 = \frac{\Sigma W}{B} \left(1.00 - \frac{6 \times e}{B} \right)$$

$$q_2 = \frac{316.45}{4.90} \left(1.00 - \frac{13.71}{4.90} \right)$$

$$q_{\min} = 61.78$$

Kapasitas Daya Dukung Tanah

Berdasarkan Tabel dengan $\phi = 4,80^\circ$

Tabel 4.5. Nilai-nilai faktor kapasitas dukung tanah terzaghi

σ	N_c	N_q	N_γ	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5.7	1.0	0	5.7	1	0.0
5	7.3	1.6	0.5	6.7	1.4	0.2
10	9.6	2,7	1.2	8.0	1.9	0.5
15	12.9	4.4	2.5	9.7	2.7	0.9
20	17.7	7.4	5	11.8	3.9	1.7
25	25.1	12.7	9.7	14.8	5.6	3.2

$$N'_c = 6.70$$

$$N'_q = 1.4$$

$$N'_\gamma = 0.20$$

$$q = 316.45$$

$$\begin{aligned} q_u &= \left(\frac{2}{3} \cdot C_3 \cdot N'_c \right) + (\gamma_2 \cdot D \cdot N'_q) + \left(\frac{1}{2} \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N'_\gamma \right) \\ &= \left(\frac{2}{3} \times 0,67 \times 6,7 \right) + \left(17,40 \times 1,00 \times 1,4 \right) + \left(\frac{1}{2} \times 17,40 \times 4,9 \times 0,2 \right) \\ &= 294.80 + 24.85 + 8.70 \\ &= 328.35 \end{aligned}$$

$$q' = 64.58$$

$$F = 5.08 > 3 \text{ (Aman, dimensi tidak perlu diperbesar)}$$

Perhitungan Pembesian

Mencari Berat (W)

$$\begin{aligned} W_5 &= H_1 \times B_1 \times \gamma_{t1} \\ &= 2.50 \times 3.60 \times 19.15 \\ &= 172.35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_6 &= H_2 \times B_1 \times \gamma_{t2} \\ &= 1.20 \times 3.60 \times 17.75 \\ &= 76.68 \end{aligned}$$

Penulangan Pot A-A

$$\begin{aligned} \sigma_{a1} &= K_{a1} \times \gamma_{t1} \times H_1 \\ &= 0.87 \times 19.15 \times 0.65 \\ &= 10.82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{a1} &= 0.33 \times \sigma_{a1} \times H_1 \\ &= 0.33 \times 10.82 \times 0.65 \\ &= 2.32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_1 &= 0.33 \times H_1 + H_2 \\ &= 0.33 \times 0.65 + 1.20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 1.42 \\ \text{MU1} &= M1 \times Y1 \\ &= 2.32 \times 1.42 \\ &= 3.29 \end{aligned}$$

Penulangan Pot B-B

$$\begin{aligned} \sigma a1 &= K a2 \times \gamma t2 \times HB \\ &= 0.85 \times 17.75 \times 1.20 \\ &= 18.14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa2 &= \sigma a2 \times HB \\ &= 18.14 \times 1.20 \\ &= 21.77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma a3 &= K a2 \times \gamma t2 \times HB \\ &= 0.85 \times 17.75 \times 1.20 \\ &= 18.14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa3 &= 0.33 \times \sigma a3 \times HB \\ &= 0.33 \times 18.14 \times 1.20 \\ &= 7.19 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y2 &= 0.5 \times H2 \\ &= 0.5 \times 1.20 \\ &= 0.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y3 &= 0.33 \times D \\ &= 0.33 \times 0.30 \\ &= 0.10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MU2} &= M2 \times Y2 \\ &= 21.77 \times 0.60 \\ &= 13.06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MU3} &= M3 \times Y3 \\ &= 7.19 \times 0.10 \\ &= 0.72 \end{aligned}$$

Penulangan Pot C-C

$$\begin{aligned} a &= p \times l \\ &= 3.6 \times 0.61 \\ &= 2.196 \end{aligned}$$

$$b = c = \sqrt{(a^2) + b^2}$$

$$c = \sqrt{[(3.60)]^2 + [0.04]^2}$$

$$c = \sqrt{12.96 + 0.016}$$

$$c = \sqrt{12.98}$$

$$c = 0.13$$

$$\begin{aligned} Pa4 &= 2.20 + 0.13 \\ &= 2.32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X1 &= 0.5 \times 3.60 \\ &= 1.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MU4} &= 2.32 \times 1.8 \\ &= 4.18 \end{aligned}$$

Penulangan Pot D-D

$$\begin{aligned} a &= p \times l \\ &= 0.8 \times 0.65 \\ &= 0.52 \end{aligned}$$

$$b = c = \sqrt{(a^2) + b^2}$$

$$c = \sqrt{[(0.80)]^2 + [0.02]^2}$$

$$\begin{aligned}
 c &= 0.64 + 0.0004 \\
 c &= \sqrt{0.64} \\
 c &= 0.80 \\
 &= 0.5 \times 0.80 \times 0.80 \\
 &= 0.32 \\
 Pa5 &= 0.52 + 0.32 \\
 &= 0.84 \\
 X2 &= 0.5 \times 0.80 \\
 &= 0.4 \\
 MU5 &= 0.84 \times 0.4 \\
 &= 0.34
 \end{aligned}$$

Penulangan Utama didinding (TPT) POT A-A

Selimut beton 50 mm

Diameter tulangan D10 mm

$F_y = 210.00 \text{ Mpa}$

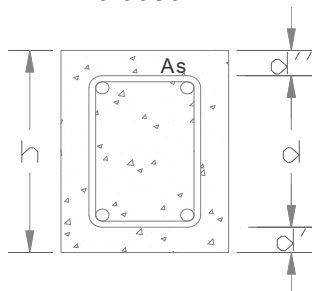
$F'_c = 24 \text{ Mpa}$

$M_u = 3.29 \text{ KN/m}$

$\phi = 0.8$

$M_n = M_u / \phi$
 $= 3.29 / 0.8$
 $= 4.11 \text{ KN/m}$

$a = (A_s \cdot F_y) / (0.85 \cdot F_c \cdot b + A_s' \cdot F_y')$
 $= 78.5 \cdot 210 / (0.85 \cdot 2400 \cdot 1000 + 132 \cdot 210)$
 $= 0.00802 \text{ mm}$



$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s \cdot F_y \cdot (d - a/2) + A_s' \cdot F_y' \cdot (d - d'') \\
 &= 0.78 \times 210 \times (3.70 - 0.008) + 0.78 \times 210 \times (3.7 - 0.14) \\
 &= 0.78 \times 210 \times 3.69 + 0.78 \times 210 \times 3.7 \times 0.14 \\
 &= 604 + 163 \times 0.518 \\
 &= 767 \times 0.518 \\
 &= 397 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0.85 \cdot F_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot F_y' \\
 &= 327 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan D10 → A

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 10^2 \\
 &= 78.5
 \end{aligned}$$

$$A_s / AD10 = 327 / 78.50 = 4.17 \text{ (4.2 buah)}$$

4,2 Buah atau 4 buah tulangan D10-250mm

Penghitungan tulangan bagi pada dinding vertikal

$$A_{sb} = 20\% \times A_s \text{ min}$$

$$= 0.20 \times 327.00$$

$$= 65.40$$

S = 1.20 Maka dipakai tulangan D10-250 mm

Penulangan Utama didinding (TPT) POT B-B

Selimut beton 50 mm

Diameter tulangan D10 mm

$F_y = 210.00$ Mpa

$F'_c = 24$ Mpa

$M_u = 13.78$ KN/m

$\Phi = 0.8$

$$M_n = M_u / \phi$$

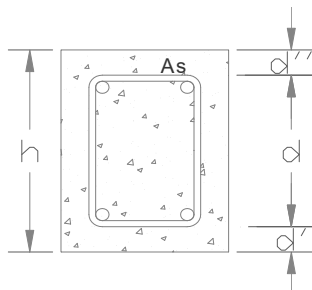
$$= 13.78 / 0.8$$

$$= 17.23 \text{ KN/m}$$

$$a = (A_s \cdot F_y) / (0.85 \cdot F_c \cdot b + A_s' \cdot F_y')$$

$$= 78.5 \cdot 210 / (0.85 \cdot 2400 \cdot 1000 + 132 \cdot 210)$$

$$= 0.00802 \text{ mm}$$



$$M_n = A_s \cdot F_y \cdot (d - a/2) + A_s' \cdot F_y' \cdot (d - d'')$$

$$= 397 \text{ kN/m}$$

$$A_s = 0.85 \cdot F_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot F_y'$$

$$= 327 \text{ m}^2$$

Digunakan D10 → A

$$= 1/4 \pi D^2$$

$$= 78.5$$

$$A_s / A_{D10} = 327 / 78.50$$

$$= 4.17 \text{ (4.2 buah)}$$

4,2 Buah atau 4 buah tulangan D10-250 mm

Penghitungan tulangan bagi pada dinding vertikal

$$A_{sb} = 20\% \times A_{s \text{ min}}$$

$$= 65.40$$

S = 1.20 Maka dipakai tulangan D10-250 mm

Penulangan Utama didinding (TPT) POT C-C

Selimut beton 50 mm

Diameter tulangan 13 mm

$F_y = 210.00$ Mpa

$F'_c = 24$ Mpa

$M_u = 4.18$ KN/m

$\phi = 0.75$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 4.18 / 0.75$$

$$= 5.57 \text{ KN/m}$$

$$\begin{aligned}a &= (As.Fy)/(0.85.Fc.b+As'.Fy') \\ &= 0.00802 \text{ mm} \\ Mn &= As.Fy.(d-a/2) + As'.Fy'.(d-d'') \\ &= 103 \text{ kN/m} \\ As &= 0.85.Fc.a.b.+As'.Fy' \\ &= 327 \text{ m}^2 \\ \text{Digunakan D10} &\rightarrow A \\ &= 1/4 \pi D^2 \\ &= 78.5 \\ As/AD10 &= 327/78.50 = 4.17 \text{ (4,2 buah)} \\ &4,2 \text{ Buah atau 4 buah tulangan D10-250mm}\end{aligned}$$

Penghitungan tulangan bagi pada dinding horisontal

$$\begin{aligned}Asb &= 20\% \times As \text{ min} \\ &= 65.40 \\ S &= 1.20 \text{ Maka dipakai tulangan D10-250 mm}\end{aligned}$$

Penulangan Utama didinding (TPT) POT D-D

Selimut beton 50 mm
Diameter tulangan D10 mm
Fy = 210.00 Mpa
F'c = 24 Mpa
Mu = 0.34 KN/m
 ϕ = 0.75
Mn = Mu / ϕ
= 0.45 KN/m
$$\begin{aligned}a &= (As.Fy)/(0.85.Fc.b+As'.Fy') \\ &= 0.00802 \text{ mm} \\ Mn &= As.Fy.(d-a/2)+As'.Fy'.(d-d'') \\ &= 103 \text{ kn/m} \\ As &= 0.85.Fc.a.b.+As'.Fy' \\ &= 327 \text{ m}^2 \\ \text{Digunakan D10} &\rightarrow A \\ &= 1/4 \pi D^2 \\ &= 78.5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}As/AD10 &= 327/78.50 = 4.17 \text{ (4.2 buah)} \\ &4,2 \text{ Buah atau 4 buah tulangan D10-250mm}\end{aligned}$$

Penghitungan tulangan bagi pada dinding horisontal

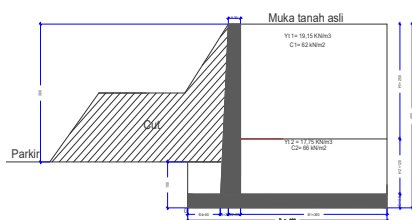
$$\begin{aligned}Asb &= 20\% \times As \text{ min} \\ &= 65.40 \\ S &= 1.20 \text{ Maka dipakai tulangan D10-250 mm}\end{aligned}$$

5 Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

Dari hasil analisis di BAB IV dapat disimpulkan beberapa hal mengenai perencanaan tembok penahan tanah yang berada di belakang pasar Desa Sidomukti Kecamatan Kenduruan Kabupaten Tuban. Dapat di simpulkan sebagai berikut:

- 1) Hasil perencanaan stabilitas tembok penahan tanah aman terhadap geser, guling dan daya dukung tanah menggunakan teori terzaghi, Sehingga direncanakan tembok penahan tanah seperti gambar di bawah.



2) Dari perencanaan tpt di atas untuk perhitungan terhadap geser, guling dan daya dukung tanah sebagai berikut:

- a) Stabilitas terhadap gaya geser = $3,36 > 2$
- b) Stabilitas terhadap gaya guling = $2,16 > 2$
- c) Stabilitas terhadap daya dukung tanah = $5,08 > 3$

Dari hasil perhitungangeser, guling dan daya dukung tanah dapat dinyatakan aman karena nilai di atas sudah lebih besar dari nilai *Safety Factor*.

3) Dari analisis perencanaan tpt di gunakan penulangan dengan di ameter tulangan utama D10-250mm untuk tulangan sengkang dengan diameter D10 dengan jarak 25 cm.

B. Saran

Hasil perencanaan tembok penahan tanah yang berada di belakang pasar kenduruan Desa Sidomukti Kecamatan Kenduruan Kabupaten Tuban dan hasil control gaya-gaya dalam pada konstruksinya dengan simulasi tembok penahan tanah kantilever. Maka disrankan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Karena dalam perencanaan gaya guling jenis tanah berlanau ini, perhitungan gaya gulingnya kurang optimal, Maka saran untuk peneliti selanjutnya agar menghitung gaya guling yang lebih optimal lagi.
- 2) Dalam penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan perhitungan RAB, untuk mengeyahui besaran estimasi biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani dan Asrulfa, 2016 .Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah dan Rembesan, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, 2003:391Mekanika Tanah II. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Hariyatmo 2003:326 Mekanika Tanah II, Edisi Ketiga, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Indrawahjuni 2011:93 .Mekanika Tanah II. Malang: Penerbit Bargie Media.
- Sumber: Das, 1993.Mekanika Tanah(Prinsip –prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid2, Terjemahan Dalam Bahasa Indonesia, Erlangga,Jakarta
- Terzaghi 1950. Mekanika Tanah dalam Praktik Rekayasa,Erlanga, Jakarta
- Terzaghi, K, & peck, R. B, 1993, “Mekanika Tanah dalam Praktik Rekayasa”,Penerbit Erlanga, Jakarta.
- Wesley 1977 : 461. Mekanika Tanah. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Wicaksono 2016. “Pengaruh Kondisi Ekstrim Terhadap Stabilitas Internaldan Eksternal Dinding Penahan Tanah Menggunakan Program Plaxis 8.2”, Jurnal Teknisia, Volume XXI No.1, 189-200.