

## PERENCANAAN TEMBOK PENAHAN TANAH STRUKTUR KANTILEVER (Studi Kasus Ruas Jalan Bakalan – Semanding Kecamatan Kapas, Bojonegoro)

Ir. Soegyarto. MM<sup>1</sup> Kukuh Bahtiar<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Sipil / Universitas Bojonegoro

---

### ABSTRAK

Terdapat banyak manfaat pembangunan tembok penahan tanah di wilayah Bojonegoro. Salah satu fungsinya yaitu untuk menstabilkan area tanah di sekitar bahu jalan agar tidak terjadi longsor ataupun penurunan tanah akibat faktor alam (hujan dan banjir) maupun faktor tekanan beban dari atas jalan. contoh yang terjadi dapat kita lihat di jalan raya desa bakalan kecamatan kapas. Jalan beraspal yang sudah diperbaiki mudah sekali rusak kembali. Kerusakan dimulai dari bagian tepi jalan hingga merembet ke tengah jalan. Akibatnya permukaan jalan jadi tidak rata lagi dan berbahaya bagi para penggunanya. Tembok penahan tanah adalah suatu struktur konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah yang mempunyai kemiringan, dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urugan atau tanah asli yang labil akibat kondisi topografinya. Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk mengatasi masalah longsornya tanah dan mengurangi resiko kerusakan jalan dari akibat tersebut. Perhitungan tekanan tanah dihitung dengan menggunakan Teori Rankine serta perhitungan stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah dihitung berdasarkan persamaan Terzaghi berdasarkan data-data karakteristik (c dan  $\phi$ ). Hasil perencanaan dinding penahan tipe kantilever dengan menggunakan data tanah hasil uji laboratorium pada salah satu lokasi di wilayah Bojonegoro dengan Tinggi Tembok Penahan Tanah 2,5 m, lebar alas (L) 1,75 stabil terhadap gaya guling 0,29 ( Aman ), geser 2,10 ( Aman ), dan keruntuhan daya dukung tanahnya dihitung dengan Metode Terzaghi adalah  $4,75 \geq 1,80$  Ok

**Kata kunci :** *Stabilitas Geser, Guling , Daya Dukung Tanah, Tipe Kantileve*

### PENDAHULUAN

Tanah merupakan aspek penting dalam perencanaan sebuah bangunan konstruksi. Karena banyaknya bangunan berdiri di atas tanah. Maka dari itu sangatlah penting untuk memperhatikan kestabilan tanah, Salah satu cara untuk mengendalikan stabilitas dan supaya tidak mengalami kelongsoran adalah membangun Tembok Penahan Tanah.

Tembok Penahan Tanah dibangun Haruslah benar – benar berdasarkan perhitungan kestabilan dan faktor yang terjadi dalam pembangunan tembok penahan tanah dapat berakibat kerugian benda. Salah satu yang terjadi dapat dilihat di jalan raya Desa Bakalan kecamatan kapas. Jalan beraspal yang sudah diperbaiki mudah rusak . Kerusakan dimulai dari bagian tepi jalan hingga merembet ke tengah jalan

Pembangunan Tembok penahan tanah yang ingin dicapai adalah biaya, kualitas, dan waktu pekerjaan yang sesuai dengan apa yang dipersyaratkan dan disetujui. Ketiga sasaran tersebut mempunyai keterkaitan yang erat dalam pelaksanaannya nanti. Mutu yang baik dengan biaya yang sesuai dan waktu pekerjaan yang sesuai akan memberikan nilai tambah dalam pelaksanaannya

## METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian ini adalah dengan cara mendapatkan Data Primer melalui survey dan data sekunder yang diperoleh dari pihak – pihak yang berwenang , buku literatur, atau jurnal maupun peraturan yang menyangkut masalah tembok penahan tanah.

Terdapat dua macam Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam perencanaan tembok penahan tanah tipe kantilever. Pengumpulan data yang dilakukan meliputi data primer diperoleh dengan observasi langsung di lapangan dengan cara mengukur tinggi bangunan tembok penahan tanah yang akan direncanakan berdasarkan kedalaman kemiringan tepi jalan setempat terhadap permukaan jalan. Pengumpulan data observasi dengan kondisi Lingkungan studi. Data hasil observasi: Panjang = 55 m dan Tinggi = 2,50 m

Pengumpulan data yang dilakukan meliputi data sekunder data yang diperoleh dari dokumen- dokumen yang dapat dijadikan acuan dalam penelitian dengan cara mengambil data hasil pengujian tanah yang dilakukan oleh instansi atau (Consultant Constructor Engineering Supplier) di wilayah kabupaten Bojonegoro.

- a. Data hasil tes tanah
  - Kohesi tanah :  $c_1 = 0,05 \text{ kN/m}^2$   
 $c_2 = 0,08 \text{ kN/m}^2$
  - Sudut gesek dalam :  $\phi_1 = 20^\circ$   
 $\phi_2 = 30^\circ$
  - Berat volume tanah :  $\gamma_1 = 16,96 \text{ kN/m}^3$   
 $\gamma_2 = 16,89 \text{ kN/m}^3$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data tanah

Untuk keperluan perencanaan tembok penahan, diperlukan data tanah di lapangan. Dalam penelitian ini digunakan data tanah yang terletak di lokasi kecamatan Sugihwaras dan termasuk wilayah kabupaten Bojonegoro. Kondisi geologi tanah pada sekitar lokasi perencanaan dikategorikan sebagai tanah lempung/berkohesi. Parameter tanah yang perlu diketahui untuk melakukan perencanaan dinding penahan tanah adalah:

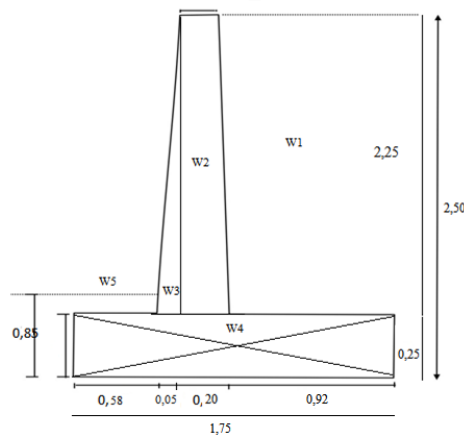
**Tabel 4.1 Data Tanah**

Kedalaman (M)	Deskripsi tanah	Keterangan
0,0 – 3,0	Tanah lempung berlanau	$\gamma t1 = 1,69$ (t/m)
		$\gamma t2 = 1,68$ (t/m)
		$c1 = 0,05$ (kg/cm <sup>2</sup> )
		$c2 = 0,08$ (kg/cm <sup>2</sup> )
		$\Phi 1 = 20^0$
		$\Phi 2 = 30^0$

Sumber : Olah data

### Perencanaan Struktur Tembok Penahan Tanah

1. Dimensi perencanaan tembok penahan tanah

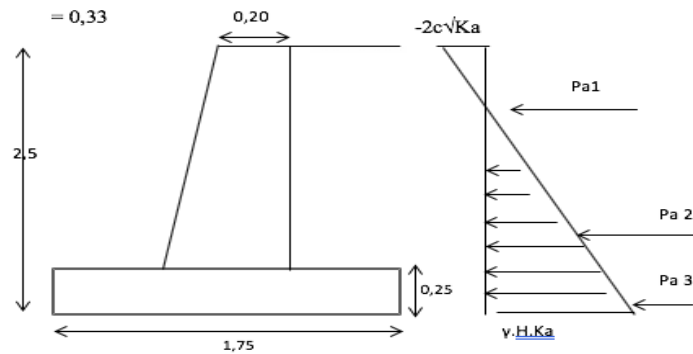


**Gambar 1 Dimensi Tembok Penahan Tanah**

Diketahui data – data sebagai berikut :

1. Berat jenis beton ( $\gamma b$ ) =  $2,50 t/m^3$
  2. Tinggi TPT =  $2,50$  m
  3. Lebar plat =  $1,75$  m
  4. Tebal plat =  $0,20$  m
  5.  $\mu$  =  $0,6$
2. Perhitungan koefisien tanah dan tekanan tanah

a. Koefisien Tekanan Tanah Aktif



Gambar 2. Diagram Tekanan Tanah Aktif

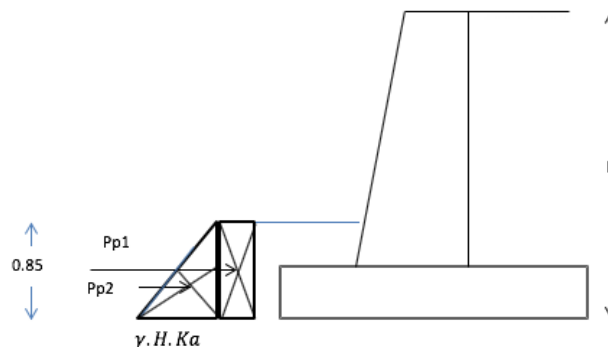
Tabel 1. Tekanan Tanah Aktif

No	Tekanan Tanah Aktif	Jarak (m)	Momen (M)
1	0,34	1,80	0,62
2	0,69	0,75	0,51
3	1,82	0,5	0,91
	$\Sigma Pa$	2,85	$\Sigma Mpa$ 2,40

Koefisien Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned}
 K_{p1} &= \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{20}{2} \right) \\
 &= 2,03
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_{p2} &= \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{30}{2} \right) \\
 &= 3
 \end{aligned}$$



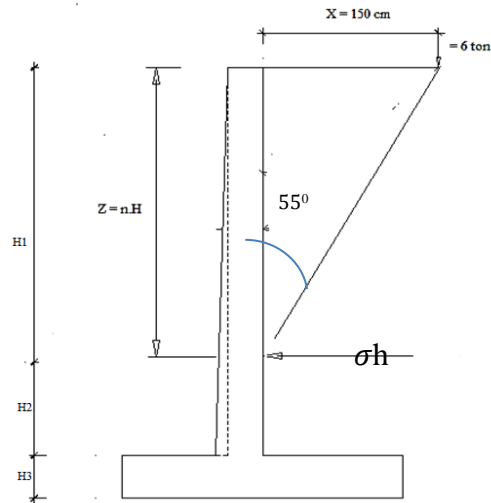
Gambar 3. Diagram Tekanan Tanah Pasif

- Tekanan tanah pasif

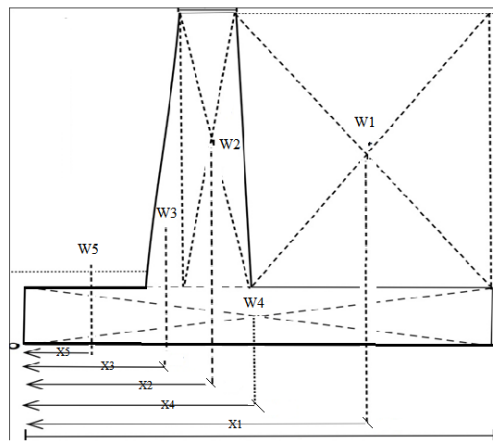


**Beban titik**

$$\begin{aligned}
 X &= 1,50 \text{ p} &= 6 \text{ ton} \\
 H &= 2,50 \text{ X} &= m \times H \\
 m &= X/H \\
 &= 1,50/2,50 = 0,6 \geq 0,4
 \end{aligned}$$



**Gambar 4 Diagram Tekanan beban Titik**



**Gambar 5 Momen Pada Gaya**

**Tabel 4.2 Hitungan Beban**

Bagian	Berat Sendiri (W)	Jarak momen dari titik 0 (X)	Momen terhadap titik 0 (MW)
1	$2,25 \cdot 0,92 \cdot 1,69 = 3,5$	1,29	$3,5 \cdot 1,29 = 4,52$

2	$2,25 \cdot 0,20 \cdot 2,5 = 1,13$	0,73	$1,13 \cdot 0,73 = 1,8$
3	$\frac{1}{2} \cdot 0,20 \cdot 2,25 \cdot 2,5 = 0,56$	0,61	$0,56 \cdot 0,61 = 1,3$
4	$0,85 \cdot 1,75 \cdot 2,5 = 3,72$	0,87	$3,72 \cdot 0,87 = 3,26$
5	$0,6 \cdot 0,58 \cdot 1,69 = 0,59$	0,29	$0,59 \cdot 0,29 = 0,17$
	$\Sigma W = 9,49$		$\Sigma MW = 12,16$

Dimana  $\gamma t = 1,69 \text{ t/m}$

$$\gamma b = 2,5 \text{ t/m}^2$$

#### Stabilitas (keamanan) terhadap guling

Menurut Hasil diatas maka titik Kerja resultante adalah dibawah ini di hitung titik A

$$\Sigma Mo = Mpa + Mph$$

$$= 2,40 + 1,23 = 3,63$$

$$d = \frac{\Sigma Mw - \Sigma Mo}{\Sigma W}$$

$$= \frac{12,16 - 3,63}{9,49}$$

$$= 0,58 \text{ m}$$

Besarnya eksentritas terhitung dari tengah plat lantai ke titik kerja adalah

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

$$= 1,75 / 2 - 0,58 = 0,29 \text{ m} < B/6 = 1,75/6 = 0,3 \text{ m}$$

#### Stabilitas ( keamanan ) terhadap geser

$$\mu = 0,6$$

Dimana  $\mu$  adalah koefisien gesekan antara dasar dinding penahan tanah dan tanah pondasi

$$Fs = \frac{\Sigma W \cdot \mu}{Pa}$$

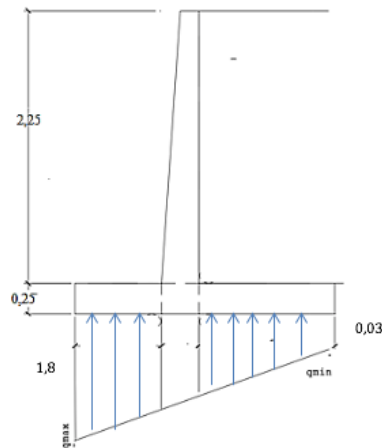
$$Fs = \frac{9,49 \cdot 0,6}{2,85}$$

$$Fs = 2,10 > 2 \text{ (ok)}$$

( Aman, dimensi tidak perlu diperbesar )

**Stabilitas (keamanan) terhadap stabilitas daya dukung tanah Teori Terzaghi**

$$\begin{aligned}
 q_{\max} &= q_{\text{kaki}} &&= \frac{\sum w}{B} \left( 1 + \frac{6 \cdot e}{B} \right) \\
 &&&= \frac{9,49}{1,75} \left( 1 + \frac{6 \cdot 0,29}{1,75} \right) \\
 &&&= 1,80 \text{ t/m}^3 \\
 q_{\min} &= \text{tumit} &&= \frac{\sum w}{B} \left( 1 - \frac{6 \cdot e}{B} \right) \\
 &&&= \frac{9,49}{1,75} \left( 1 - \frac{6 \cdot 0,29}{1,75} \right) \\
 &&&= 0,03 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.6 Daya dukung Tanah**

**Kapasitas daya dukung tanah**

-Kapasitas dukung tanah dihitung dengan menggunakan persamaan Terzaghi :

**Tabel 4.3 Persamaan Terzaghi  $\phi = 20^\circ$**

$\phi$	Nc	Nq	N $\gamma$	$\phi$	Nc	Nq	N $\gamma$
0'	5,70	1,00	0,00	0	5,7	1	0
5'	7,3	1,6	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10'	9,6	2,7	2,7	1,2	8	1,9	0,5
15'	12,9	4,4	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20'	17,7	7,4	7,4	5	11,8	3,9	1,0
25'	25,1	12,7	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2

Sumber : Pengolahan Data

$$\begin{aligned}
 \text{Maka } = Q_u &= c \cdot N_c' + \gamma \cdot D_f \cdot N_q' + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma' \\
 &= (0,05 \cdot 11,8) + 1,69 \cdot 0,56 \cdot 3,9 + \left( \frac{1}{2} \cdot 1,69 \cdot 1,75 \cdot 1,0 \right) \\
 &= 0,59 + 2,69 + 1,47 \\
 &= 4,75 \\
 &= q_{\max} 1,80 \leq Q_u 4,75 \text{ (ok dimensi Tetap)}
 \end{aligned}$$

### Menghitung Tulangan Tembok Penahan tanah

Rencana tulangan dinding

Perencanaan penulangan dinding penahan kantilever ini mengikuti kaidah SNI 2013 dan dengan ketentuan sebagai berikut :

$P_h =$  (asumsi)

Tebal Efektif (d) = 142,00 mm

Kuat beton rencana ( $f'_c$ ) = 25 Mpa

Kuat tarik baja ( $f_y$ ) = 300 Mpa

Tebal Pelat = 0,4 = 400mm

Diambil tebal pelat (t) = 0,2 m (>0,1364 m).

### Hitungan Tulangan Utama Dinding Vertikal

Digunakan Selimut beton 50 mm dan Diameter Tulangan 16 mm

b = 1 m = 1000 m

( $M_u$ ) =  $P_a \cdot \text{Lengan } P + P_h \cdot \text{Lengan } Ph$   
 $= 2,85 \cdot 0,56 + 2,66 \cdot 1,25$   
 $= 49,21$

$\Phi$  = 0,8

$M_n$  =  $M_u / \phi = 4,921 / 0,8 \text{ Mpa} = 6,15 \text{ t/m}$

d = t – selimut beton – 0,5.16  
 $= 200 - 50 - 8$   
 $= 142 \text{ mm}$

$R_n$  =  $\frac{M_n}{b d^2} = \frac{6,15 \times 10^6}{1000 \times 142^2} = 0,30 \text{ Mpa}$

m =  $\frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{300}{0,85 \times 25} = 14,12$

$\rho_{\min}$  =  $\frac{1,4}{300} = 0,0046$

$\rho$  =  $1/m \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n \cdot m}{f_y}} \right) = 0,00094$

$\rho_{\max}$  = 0,75.  $\rho_b$   
 $= 0,75 \cdot 0,00094 = 0,000702$

$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0046 < 0,00094 < 0,000702$

Didapat ratio penulangan ( $\rho$ ) lebih dari  $\rho$  minimum, maka dalam perhitungan

dipakai  $\rho$ .

As perlu =  $\rho_{\min} \times b \times d$



$$\begin{aligned}
 &= 0,0046 \cdot 1000 \cdot 142 \\
 &= 653,2 \text{ mm}^2 \\
 \text{Jumlah tulangan (n)} &= \frac{A_s}{0,25 \pi 16^2} \\
 &= \frac{653,2}{0,25 \pi 16^2} \\
 &= 3,2 \text{ Diambil 5 buah tulangan D16 – 250 mm} \\
 \text{Jarak tulangan} &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### - Hitungan kebutuhan tulangan geser dinding vertikal

Digunakan diameter tulangan 13 mm.

$$\begin{aligned}
 A_v &= 132,73 \text{ mm}^2 \\
 d &= t - \text{selimut beton} - 0,5 \cdot 13 \\
 &= 200 - 50 - 6,5 \\
 &= 143,5 \text{ mm} \\
 V_c &= (1/6 \sqrt{f'c}) \cdot b \cdot d \\
 &= 119,58 \text{ kN} \\
 \phi V_n &= \phi V_c = 0,75 \cdot 119,58 \\
 &= 89,685 \text{ kN} \\
 S_{\text{maks}} &= \frac{3 \times A_v \times F_y}{200} = \frac{3 \times 132,73 \times 300}{200} \\
 &= 597,285 \text{ mm (Maka tulangan geser yang digunakan adalah D13-250 mm.)}
 \end{aligned}$$

#### - Hitungan tulangan bagi pada dinding vertikal

Digunakan diameter tulangan 13 mm.

$$\begin{aligned}
 A_{sb} &= 20\% \cdot A_{s \text{ min}} \\
 &= 20\% \times 653,2 \\
 &= 130,64 \text{ mm} \\
 \text{Jarak antar tulangan :} \\
 s &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot b \cdot \theta^2}{A_{sb}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 132 \cdot 2500}{130,64} \\
 &= 2540,04 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan D13 -250 mm.

#### - Hitungan tulangan utama pada pelat kaki

$$\begin{aligned}
 t &= 500 \text{ mm} \quad \text{Selimut beton} = 75 \text{ mm} \\
 M_u &= \frac{1,7}{6} \times \gamma \cdot z^3 \cdot K_a \cdot C \cdot \cos a \\
 &= 4,629 \text{ kN/m} \\
 \phi &= 0,8 \\
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 4,629 / 0,8 \text{ Mpa} = 5,786 \text{ Mpa} \\
 b &= 1 \text{ m} = 1000 \text{ m} \\
 d &= t - \text{selimut beton} - 0,5 \cdot 19 \\
 &= 500 - 75 - 9,5 \\
 &= 415,5 \\
 R_n &= M_n / b d^2 \\
 &= 0,119 \text{ Mpa} \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = 14,12
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = 0,00094 \\ \rho &= 1 / m \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_{tcm}}{f_y}} \right) \\ &= 1 / 14,12 \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,119 \times 14,12}{300}} \right) = 0,849 - 0,708 \\ &= 0,141\end{aligned}$$

Karena ratio penulangan ( $\rho$ ) kurang dari  $\rho$  minimum, maka dalam perhitungan, dipakai  $\rho$  minimum.

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\min} \times b \times d \\ &= 1385 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$n = \frac{1385}{0,25 \cdot \pi \cdot 19} = 4,89 \text{ buah atau } 5 \text{ buah tulangan D16 - 200 mm.}$$

### Hitungan kebutuhan tulangan geser pelat kaki

Digunakan diameter tulangan 13 mm.

$$\begin{aligned}A_v &= 132,73 \text{ mm}^2 \\ d &= t - \text{selimut beton} - 0,5 \cdot 13 \\ &= 418,5 \text{ mm} \\ V_c &= (1/6 \sqrt{f'c}) \cdot b \cdot d \\ &= 348,75 \text{ kN} \\ \phi V_n &= \phi V_c = 0,75 \cdot 119,58 \\ &= 261,56 \\ \text{Karena } \phi V_n &= \phi V_c \\ S_{\max} &= \frac{3 \times A_v \times F_y}{b_w} \\ &= 334,49 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka, tulangan geser yang digunakan adalah D13-250 mm.

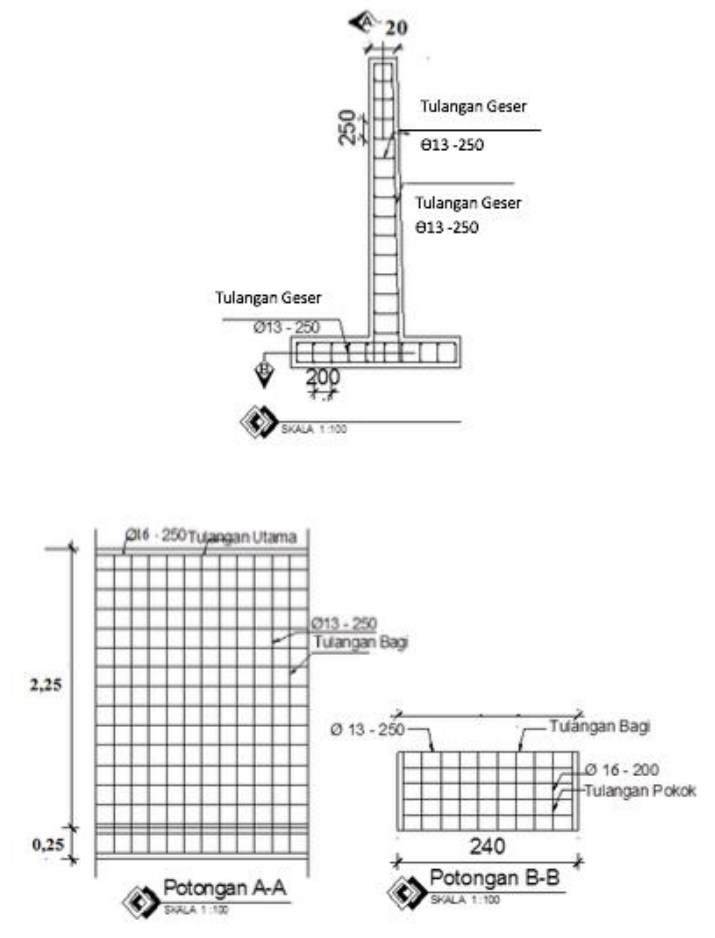
### Hitungan tulangan bagi pelat kaki

$$\begin{aligned}A_s &= 20\% \times A_{s \min} \\ &= 20\% \times 1385 \\ &= 277 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jarak antar tulangan : 277mm

$$\begin{aligned}s &= \frac{0,25 \pi b 13^2}{277} \\ &= \frac{0,25 \pi 2500 13^2}{277} \\ &= 2540,04 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$n = \text{Maka dipakai tulangan D13 -250}$$



Gambar 7 Dimensi Tulanan

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di lapangan di dapat tinggi tembok penahan tanah (H) adalah 2,50 m. Dan setelah dipadukan dengan contoh hasil uji laboratorium tanah di wilayah Bojonegoro serta data terkait dengan lokasi perencanaan tembok penahan tanah di Desa Bakalan kecamatan Kapas maka didapat kesimpulan :

1. Pada perencanaan tembok penahan tanah type kantilever dengan tinggi (H) = 2,50 m dan dengan lebar alas (L) = 1,75
2. Terhadap daya geser : 2,10 ( Aman )
3. Terhadap daya guling : 0,29 (Aman)
4. Dengan Kohesi tanah Sebesar ( $c_1 = 0,05$ .  $c_2 = 0,08$ ), sudut gesek tanah ( $\phi_1 = 20^0$ .  $\phi_2 = 30^0$ ), berat jenis tanah, ( $\gamma_{t1} = 1,69$   $\gamma_{t2} = 1,68$ ) maka kapasitas daya dukung tanah dihitung dengan metode terzaghi adalah 4,75

5. Dari hasil perhitungan penulangan struktur tembok penahan tanah , disimpulkan untuk menahan momen yang terjadi pada dinding vertikal dipakai tulangan utama D16 – 250 mm, tulangan geser D13 – 250 mm dan tulangan bagi D13 – 250 mm. sedangkan untuk menahan momen yang terjadi pada bagian kaki tembok penahan tanah dipakai tulangan utama D16 – 200 mm, tulangan geser D13 – 250 mm dan tulangan bagi D13 – 250 mm.

### REFERENSI

- Das, B.M., Noor, E dan Mochtar, IB., 1983, Mekanika Tanah Jilid 2, Penerbit Erlangga.
- Hakam, Abd, dan Mulya, R.P , 2011, study Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever pada Ruas jalan Silang Padang Bukittinggi KM64+500, Jurnal Rekayasa sipil Vol 7 Februari 2011, Universitas Andalas, Padang.
- Dr.ir Suyono sosrodarsono & Kazuto Nakazawa, 2000, Mekanika Tanah 2& Pondasi”
- Jaky (1994), Tekanan Tanah Dalam Keadaan Diam Dapat Diwakili Oleh Hubungan Empiris
- Terzaghi, (1993), Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah.
- SNI-2487-2002 *tentang Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung*
- KP-02 (1986), Perencanaan Bendung