

**ANALISA STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH PADA
KEGIATAN PEMBANGUNAN JALAN POROS TRANS KALIMANTAN
STA 08 + 470 KABUPATEN KUTAI BARAT**

Zainal Abidin ¹⁾
Dr. Ir. Yayuk Sri Sundari., MT. ²⁾
Musrifah Tohir, ST., MT. ³⁾

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

ABSTRACK

The presence of several landslide points on the trans Kalimantan has caused the transportation facilities to be slightly obstructed, and the risk of interruption of roads which can cripple transportation facilities. to realize safe, comfortable, and durable construction on the slope area, an analysis of the level of slope security in its planning is needed.

The level of safety of a slope is influenced by several factors, including the slope factor and the load acting on it. Slope conditions with large loads and steep slopes can cause landslides.

Building slope reinforcement construction, Soil strengthening on slopes that is often used as a solution to avoid landslides is the construction of retaining walls.

In general there are several methods in analyzing slope stability, in this case the author uses the rankine and coulomb methods to calculate the soil support stability and active and passive soil pressure. because this method can be applied to land with geographical conditions on the island of Kalimantan which has many steep cliffs and cliffs.

Keywords: Landslides, retaining walls, stability of soil carrying capacity.

INTISARI

Adanya beberapa titik longsor pada jalan poros trans kalimanan mengakibatkan sarana transportasi sedikit terhambat, dan berisiko terputusnya jalan yang dapat melumpuhkan sarana transportasi. Untuk mewujudkan transportasi yang aman, nyaman, dan memiliki konstruksi yang awet pada daerah lereng, diperlukan sebuah analisis terhadap tingkat keamanan lereng dalam perencanaannya.

Tingkat keamanan suatu lereng dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah faktor kemiringan dan beban yang bekerja di atasnya. Kondisi lereng dengan beban yang besar dan kemiringan yang curam dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran.

Membangun konstruksi perkuatan pada lereng, Perkuatan tanah pada lereng yang sering dipergunakan sebagai solusi untuk menghindari terjadinya longsor adalah dengan dibangunnya dinding penahan tanah.

Pada umumnya ada beberapa metode dalam melakukan analisis stabilitas lereng, dalam hal ini penulis menggunakan metode Rankine dan Coulomb untuk menghitung Stabilitas daya dukung tanah serta tekanan tanah aktif dan pasif. Karena metode ini dapat diaplikasikan pada tanah dengan kondisi geografis di pulau Kalimantan yang memiliki banyak tebing dan jurang yang cukup curam.

Kata kunci : Tanah Longsor, Dinding penahan tanah, Stabilitas daya dukung tanah.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kabupaten Kutai Barat merupakan salah satu Kabupaten yang memiliki peranan penting bagi perkembangan perekonomian Provinsi Kalimantan Timur terutama pada sektor pertanian, perkebunan, kehutanan, serta industri. Namun akibat adanya beberapa titik longsor pada jalan poros trans kalimantan maka sarana transportasi sedikit terhambat, dan berisiko terputusnya jalan yang dapat melumpuhkan sarana transportasi

Tingkat keamanan suatu lereng dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah faktor kemiringan dan beban yang bekerja di atasnya. Kondisi lereng dengan beban yang besar dan kemiringan yang curam dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran.

Ruas jalan Trans Kalimantan terletak di wilayah perbukitan yang memiliki kondisi geografis terdiri dari tebing dan jurang yang cukup curam, sehingga rawan mengalami kelongsoran. Hal ini tentunya sangat membahayakan bangunan dan pengguna jalan di sekitar lereng sehingga diperlukan solusi yang bisa menjadi alternatif untuk menjadikan lereng tersebut aman dari bahaya longsor. Salah satunya adalah dengan membangun konstruksi perkuatan pada lereng tersebut. Perkuatan tanah pada lereng yang sering dipergunakan sebagai solusi untuk menghindari terjadinya longsor adalah dengan dibangunnya dinding penahan tanah.

Pada umumnya ada beberapa metode dalam melakukan analisis stabilitas lereng, dalam hal ini penulis menggunakan metode rankine dan coulomb untuk menghitung tekanan

tanah aktif dan pasif karena metode ini dapat diaplikasikan pada tanah dengan kondisi geografis di pulau kalimantan yang memiliki banyak tebing dan jurang yang cukup curam.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perencanaan dinding penahan terhadap guling (*Overturing*), geser (*Shear/Slidding*) dan keruntuhan (*Downfall*) ?
2. Bagaimana analisa stabilitas daya dukung tanah yang terjadi pada jalan trans kalimantan ?

Maksud dan Tujuan

Maksud

maksud dari penulisan skripsi ini adalah untuk menganalisa dan merencanakan stabilitas dinding panahan tanah pada jalan trans kalimantan STA 08 + 470 yang mampu menahan tekanan tanah lateral dan mampu bertahan terhadap daya gerusan air pada bagian bawah dinding penahan.

Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah :

1. Merencanakan dinding panahan terhadap guling (*Overturing*), geser (*Shear/Slidding*) dan keruntuhan (*Downfall*)
2. Menganalisa stabilitas daya dukung tanah yang terjadi pada jalan trans kalimantan.

TINJAUAN PUSTAKA

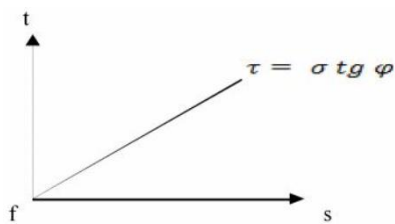
Tanah

Tanah, di dalam terdiri dari campuran butiran-butiran mineral padat atau tanpa kandungan bahan organik.

Butiran-butiran dengan mudah dipisahkan satu sama lain dengan kocokan air.

Tanah Granuler

Tanah granuler mempunyai tahanan geser yang berupa gesekan. Tahanan gesernya merupakan fungsi dari tegangan normal. Jika tegangan normal besar, tahanan geser besar juga besar.



Tanah Kohesif

Apabila beban diterapkan pada tanah kohesif yang jenuh, maka pertama kali beban tersebut akan didukung tekanan air dalam rongga pori tanah. Pada kondisi ini, butiran-butiran lempung tidak dapat mendekat satu sama lain untuk mengembangkan tahanan geser selama air di dalam rongga pori tidak meninggalkan rongga tersebut.

Tekanan Tanah Lateral

Besar dan distribusi tekanan tanah pada dinding penahan tanah sangat bergantung pada regangan lateral tanah relatif terhadap dinding. Dalam beberapa hal, hitungan tekanan tanah lateral ini didasarkan pada kondisi regangannya.

Tekanan tanah aktif dan pasif

Mula-mula dinding dan tanah urug di belakangnya pada kondisi diam, sehingga tanah pada kedudukan ini masih dalam kondisi elastis. Pada kondisi ini tekanan tanah pada dinding akan berupa tekanan tanah saat diam

(*earth pressure at rest*) dan tekanan tanah lateral (horizontal) pada dinding.

Kapasitas Dukung Ultimit Tanah

Kapasitas dukung ultimit tanah untuk fondasi dangkal sangat dipengaruhi oleh pola keruntuhan tanah.

Persamaan Kapasitas Dukung Tanah

Teori yang dikembangkan oleh Terzaghi (1943) berasal dari pengembangan Prandtl dan Reissner untuk fondasi telapak menerus yang selanjutnya oleh Terzaghi, dinyatakan bahwa prinsip kesetimbangan batas gaya dan tekanan arah vertikal untuk tinjauan tegak lurus bidang gambar sama dengan $1m^2$.

ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_{c^*}	N_{q^*}	N_{γ^*}
0°	5,71	1,00	0	3,81	1,00	0
5°	7,32	1,64	0	4,48	1,39	0
10°	9,64	2,70	1,20	5,34	1,94	0
15°	12,8	4,44	2,40	6,46	2,73	1,2
20°	17,7	7,43	4,60	7,90	3,88	2,0
25°	25,1	12,7	9,20	9,86	5,60	3,3
30°	37,2	22,5	20,0	12,7	8,32	5,4
35°	57,8	41,4	44,0	16,8	12,8	9,6
40°	95,6	81,2	114,0	23,2	20,5	19,1
45°	172	173	320	34,1	35,1	27,0

Teori Kapasitas Dukung

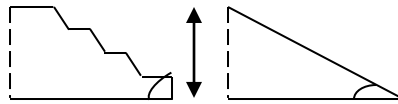
Analisis kapasitas dukung tanah mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban fondasi dari struktur yang terletak di atasnya.

1. Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah harus dipenuhi. Dalam hitungan kapasitas dukung, umumnya digunakan faktor aman 3
2. Penurunan fondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan. Khususnya penurunan yang tidak seragam (*differential settlement*) harus tidak mengakibatkan kerusakan pada struktur.

Faktor Terjadinya longsor Kestabilan Lereng

Yaitu sudut suatu lereng harus cukup landai, sehingga lereng tersebut

dapat stabil atau lereng tersebut dibuat berlapis-lapis sehingga dapat menjamin tidak terjadinya kelongsoran.



Keadaan alam terganggu

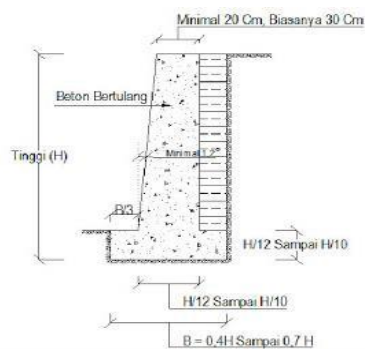
Penggundulan/pemotongan pohon menyebabkan gunung-gunung menjadi gundul, sehingga keseimbangan alam terganggu.

Dinding Penahan Tanah

Bangunan dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil.

Dinding Penahan Tipe Kantilever

Dinding penahan dengan balok kantilever tersusun dari suatu dinding memanjang dan suatu plat lantai masing-masing berlaku sebagai balok kantilever dan kemandapan dari dinding didapatkan dengan berat badanya sendiri dan berat tanah diatas tumit plat lantai.

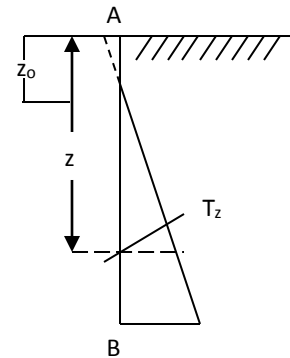


Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan meliputi :

1. Berat sendiri dinding penahan (w).
2. Gaya tekanan tanah aktif total tanah urug (Pa)

3. Gaya tekanan tanah pasif total di depan dinding (Pp)
4. Tekanan air pori di dalam tanah (Pw)
5. Reaksi Tanah Dasar



Keadaan aktif :

Menurut Rankine :

$$\sigma_z = \rho \cdot z \cdot \tan^2 (45^\circ - \phi/2)$$

Menurut Coulumb :

$$\sigma = \rho \cdot z \cdot K_a - 2c \sqrt{K_a}$$

Keadaan pasif :

Menurut Rankine :

$$\sigma_z = \rho \cdot z \cdot \tan^2 (45^\circ + \phi/2) + 2c \cdot \tan (45^\circ + \phi/2)$$

Menurut Coulumb :

$$\sigma_z = \rho \cdot z \cdot K_p + 2c \cdot \sqrt{K_p}$$

Stabilitas terhadap Penggeseran

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

1. Gesekan antara tanah dengan dasar fondasi.
2. Tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan terhadap tanah timbunan.

$$Fgs = \frac{Q_u}{\sum P_h} \geq 1,5$$

Stabilitas terhadap penggulingan

Faktor aman terhadap penggulingan (Fgl), didefinisikan sebagai :

$$Fgl = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}}$$

Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah

Beberapa persamaan kapasitas dukung tanah telah digunakan untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah

$$F = \frac{\quad}{q} \geq 3$$

daya dukung tiang pancang

Terhadap kekuatan bahan tiang

$$P_{\text{tiang}} = \sigma_{\text{bahan}} \times A_{\text{tiang}}$$

Terhadap kekuatan tanah

Berdasarkan tekanan konus

$$Q_{\text{tiang}} = \frac{A_{\text{tiang}} \times P}{3}$$

Berdasarkan jumlah hambatan lekat

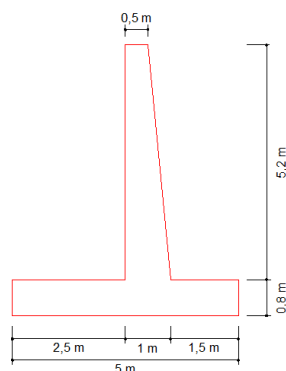
$$Q_{\text{tiang}} = \frac{A_{\text{tiang}} \times P}{3} + \frac{JHL \times \text{Kel.tiang}}{5}$$

METODE PENELITIAN

Perencanaan dinding penahan pada penelitian ini bertempat pada jalan poros trans-kalimantan STA 08+470 Kabupaten Kutai Barat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dinding penahan tanah di desain sepanjang 30 m, dengan tinggi 6 m, dengan tipe kantilever serta menggunakan material beton bertulang.

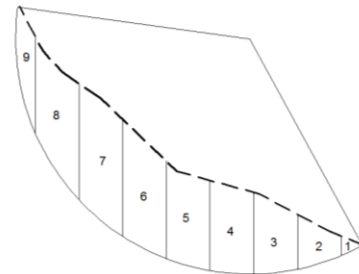


Data tanah dari lokasi :

Kohesi (C) : 0,165 t/m², Sudut geser (φ) : 10,19 °, Bobot isi tanah (γ s) : 2,472 t/m³, Bobot isi beton (γ c) : 2,400 t/m³,

Beban merata (q) : 10 t/m, Sudut kemiringan Tanah atas (□) : 5°, Sudut kemiringan tanah timbunan (□) : (2/3) x 10,19 = 6,8°, Sudut Kemiringan dinding penahan tanah (□) : 90°

Stabilitas Lereng



$$F = \frac{C.L + \tan \phi \cdot \sum W \cdot \text{Cos} \alpha}{\sum W \cdot \text{Sin} \alpha}$$

$$F = \frac{2,021 \times 27,43 \times 0,178}{-7,488}$$

$$F = \frac{5,299}{-7,488}$$

$$F = -0,707 < 1 \quad \text{Lereng labil}$$

Koefisien Tekanan Tanah Aktif

Koefisien Tanah Aktif Menurut Rankine

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \tan^2 \left(45 - \frac{10,19}{2} \right) \\ &= 0,70 \end{aligned}$$

Koefisien Tanah Aktif Menurut Coulomb

$$K_a = \frac{\sin^2(a + \phi)^2}{\sin^2 a \cdot \sin(a - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\sin(a - \delta) \cdot \sin(a + \beta)}} \right]^2}$$

$$= \frac{0,969}{0,993 \left[1 + \sqrt{\frac{0,292 \times 0,177}{0,993 \times 1}} \right]^2}$$

$$\frac{0,969}{0,993x[1+0,228]^2}$$

$$\frac{0,969}{1,498} = 0,647$$

Koefisien Tanah Pasif Menurut Rankine

$$\begin{aligned} Kp &= \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \tan^2 \left(45 + \frac{10,19}{2} \right) \\ &= 0,959 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_0 &= \frac{2c}{\gamma s \sqrt{Ka}} \\ &= \frac{2x1,65}{2,470\sqrt{0,7}} = 1,597 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pp &= \frac{1}{2} \cdot 2.c.\sqrt{Kp.Z_0} \\ &= 0,5 \times 2 \times 1,65 \sqrt{0,959 \times 1,598} \\ &= 2,042 \end{aligned}$$

Koefisien Tanah Pasif Menurut Coulomb

$$\begin{aligned} Kp &= \frac{\sin(a - \phi)^2}{\sin^2 a \cdot \sin(a + \delta) \left[1 - \frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + \beta)}{\sin(a + \delta) \cdot \sin(a + \beta)} \right]^2} \\ &= \frac{0,969}{0,993 \left[1 - \frac{0,292 \times 0,177}{0,993 \times 1} \right]^2} \\ &= \frac{0,969}{0,993x[1-0,228]^2} \\ &= \frac{0,969}{0,591} = 1,64 \end{aligned}$$

$$Z_0 = \frac{2c}{\gamma s \sqrt{Ka}}$$

$$= \left(\frac{2x1,65}{2,470\sqrt{0,647}} \right) = 1,660$$

$$\begin{aligned} Pp &= \frac{1}{2} \cdot 2.c.\sqrt{Kp.Z_0} \\ &= 0,5 \times 2 \times 1,65 \sqrt{1,64 \times 1,662} \\ &= 2,721 \end{aligned}$$

Koefisien dinding penahan tanah desain			
Rankine		Coulomb	
Ka	Kp	Ka	Kp
0,70	0,959	0,647	1,64

Perhitungan Gaya Horizontal

Menurut Rankine

Perhitungan tekanan tanah pasif menurut rankine

$$\begin{aligned} Pp &= 1/2 \times H^3 \times Kp \\ &= 0,5 \times 0,8 \times 0,959 \\ &= 0,384 \text{ ton} \end{aligned}$$

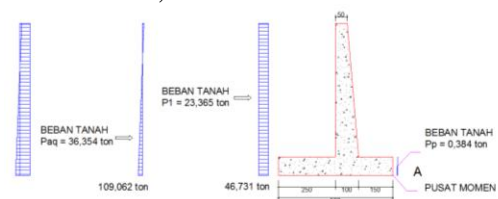
Perhitungan tekanan tanah aktif menurut rankine

$$\begin{aligned} P1 &= 1/2 \times H^2 \times (\gamma s) \times Ka \\ &= 0,5 \times 27,04 \times 2,47 \times 0,70 \\ &= 23,365 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan tinggi kritis (Hc) akibat kohesi :

$$\begin{aligned} HC &= \frac{2C}{\gamma s \sqrt{Ka}} \\ &= \frac{2x1,65}{2,470\sqrt{0,7}} \\ &= \frac{2,065}{3,3} = 1,597 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Paq &= q \times H \times Ka \\ &= 10 \times 5,2 \times 0,7 \\ &= 36,354 \text{ ton} \end{aligned}$$



Menurut Coulomb

Perhitungan Tekanan Tanah Pasif menurut Coulomb

$$Pp = 1/2 \times H^3 \times Kp$$

$$= 0,5 \times 0,8 \times 1,64$$

$$= 0,655 \text{ ton}$$

Perhitungan Tekanan Tanah Aktif

$$P1 = 1/2 \times H^2 \times (gs) \times Ka$$

$$= 0,5 \times 27,04 \times 2,472 \times 0,647$$

$$= 21,608 \text{ ton}$$

Perhitungan tinggi kritis (Hc) akibat kohesi :

$$HC = \frac{2C}{\gamma s \sqrt{Ka}}$$

$$= \frac{2 \times 1,65}{2,472 \sqrt{0,647}}$$

$$= \frac{3,3}{1,987} = 1,660 \text{ m}$$

$$Paq = q \times H \times Ka$$

$$= 10 \times 5,8 \times 0,647$$

$$= 33,620 \text{ ton}$$



Perhitungan lengan panjang terhadap titik 0

$$Pp = 1/3 \times H^3$$

$$= 0,333 \times 0,8$$

$$= 0,267 \text{ m}$$

$$Paq = 1/2 \times H$$

$$= 0,5 \times 6$$

$$= 3 \text{ m}$$

$$Pa1 = 1/3 \times H$$

$$= 0,333 \times 6 = 2 \text{ m}$$

$$Pa1 = 1/3 \times H$$

$$= 0,333 \times 6 = 2 \text{ m}$$

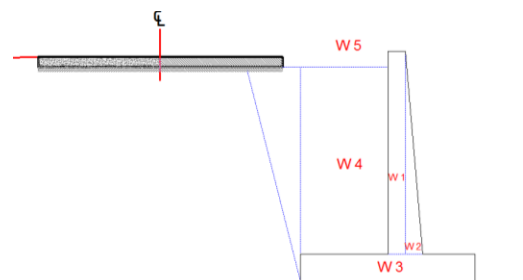
Dari hasil dari perhitungan diatas dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.3. Perhitungan Tekanan tanah aktif dan pasif Rankine

No	Tekanan Tanah (t)	Lengan Terhadap Alas (M)	Momen (t.m)	Arah Gaya
1	P1 23,365	2	46,731	+
2	Paq 36,354	3,000	109,062	+
3	Pp 0,384	0,267	0,102	+
	ΣPH 59,719	ΣMha	155,792	

No	Tekanan Tanah (t)	Lengan Terhadap Alas (M)	Momen (t.m)	Arah Gaya
1	P1 21,608	2	43,216	+
2	Paq 33,620	3,000	100,859	+
3	Pp 0,655	0,267	0,175	+
	ΣPH 55,227	ΣMha	144,074	

Perhitungan Gaya Vertikal



Perhitungan Beban Struktur dan Tanah

$$W1 = L1 \cdot t \cdot \square \text{beton}$$

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

$$= 6,24 \text{ ton}$$

$$W2 = 0,5 \cdot L2 \cdot t \cdot \square \text{beton}$$

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

$$= 3,12 \text{ ton}$$

$$W3 = L3 \cdot t \cdot \square \text{beton}$$

$$= 5 \times 0,8 \times 2,4$$

$$= 9,6 \text{ ton}$$

$$W4 = L4 \cdot t \cdot \square \text{tanah}$$

$$= 2,5 \times 5,2 \times 2,470$$

$$\begin{aligned}
 &= 32,1 \text{ ton} \\
 W5 &= q \cdot L5 \cdot \square \text{ tanah} \\
 &= 10 \times 2,5 \\
 &= 25 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

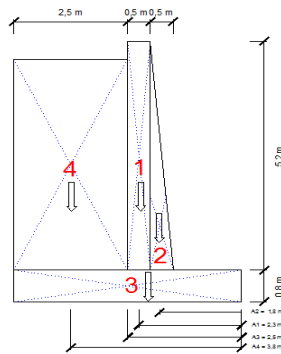
Tabel 4.5 Gaya vertikal dinding

No	Berat W (kN)	Jarak Terhadap Titik A (M)	Momen (Wx m) (k/N)
1	W1	2,75	17,16
2	W2	2,03	6,34
3	W3	2,50	24,00
	$\Sigma V =$	$\Sigma Mx =$	47,50

Tabel 4.6 Gaya vertikal Tanah

No	Berat W (kN)	Jarak Terhadap Titik A (M)	Momen (Wx m) (k/N)
5	W4	3,75	120,51
6	W5	3,75	93,75
	$\Sigma V =$	$\Sigma Mx =$	214,26

Perhitungan titik berat terhadap Titik A :



$$\begin{aligned}
 A1 &= 0,5 / 2 + 2,5 = 2,75 \text{ m} \\
 A2 &= 2/3 \times 0,8 + 1,5 = 2,03 \text{ m} \\
 A3 &= 5 / 2 = 2,5 \text{ m} \\
 A4 &= 2,5 / 2 + 0,5 + 0,5 + 1,5 = 3,75 \text{ m} \\
 A5 &= 2,5 / 2 + 0,5 + 0,5 + 1,5 = 3,75 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Cek Stabilitas

Terhadap Penggulingan
Stabilitas Guling Menurut Rankine

$$\begin{aligned}
 F \text{ guling} &= \frac{\Sigma M_v}{\Sigma M_h} = \frac{261,76}{155,792} \\
 &= 1,817 > 1,5 \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

Stabilitas Guling Menurut Coulomb

$$\begin{aligned}
 F \text{ guling} &= \frac{\Sigma M_v}{\Sigma M_h} = \frac{261,76}{144,074} \\
 &= 1,517 > 1,5 \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

Terhadap Penggeseran

Stabilitas Geser Menurut Rankine

$$\begin{aligned}
 F \text{ geser} &= \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} = \frac{21,942}{59,719} \\
 &= 0,397 < 1,5 \text{ (Tidak Aman)}
 \end{aligned}$$

Stabilitas Geser Menurut Coulomb

$$\begin{aligned}
 F \text{ geser} &= \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_h} = \frac{21,94}{55,227} \\
 &= 0,367 < 1,5 \text{ (Tidak Aman)}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.7 Faktor Keamanan Terhadap Stabilitas Guling dan Geser

Stabilitas	Metode		Keterangan faktor aman 1,5	
	Rankine	Coulomb	Rankine	Coulomb
Guling	1,817	1,517	Aman	Aman
Geser	0,397	0,367	Tidak Aman	Tidak Aman

Karena konstruksi tidak aman terhadap syarat stabilitas pergeseran, maka konstruksi perlu ditambah dengan pondasi tiang pancang untuk menahan gaya geser atau gaya horizontal.

Cek Keruntuhan Kapasitas Daya Dukung

Menurut Rankine

Letak resultan gaya dari titik O
Terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung

$$\begin{aligned}
 X_e &= \frac{\Sigma M_v - \Sigma M_h}{\Sigma P_v} \\
 &= \frac{261,76 - 155,792}{76,096} = 1,393 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{B}{2} - X \\
 &= \frac{5}{2} - 1,393 > \frac{5}{6} \\
 &= 1,107 > 0,833 \text{ OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A' &= B' \times 1 \\
 &= 2,785 \times 1 \\
 &= 2,785 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Menurut Coulomb

Letak resultan gaya dari titik O Terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung

$$X = \frac{\sum M_v - \sum M_h}{\sum P_v}$$

$$= \frac{261,76 - 144,074}{76,096}$$

$$= 1,574 \text{ m}$$

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

$$= \frac{5}{2} - 1,574 > \frac{5}{6}$$

$$= 0,953 > 0,8 \quad \text{OK}$$

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

$$= 3,093 \times 1 = 3,093 \text{ m}^2$$

Keruntuhan Kapasitas Daya Dukung Maksimal

Menghitung Qmaks :

$$q \text{ maks} = \frac{\sum P_v}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right)$$

Menurut Rankine

$$q \text{ maks} = \frac{\sum P_v}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right)$$

$$= \frac{76,096}{5} \times \left(1 + \frac{6 \times 1,107}{5}\right)$$

$$= 35,444 \text{ ton/m}^2$$

Menurut Coulomb

$$q \text{ maks} = \frac{\sum P_v}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right)$$

$$= \frac{76,096}{5} \times \left(1 + \frac{6 \times 0,953}{5}\right)$$

$$= 32,631 \text{ ton/m}^2$$

Perhitungan Lebar Efektif pondasi (Mayerhof)

Menurut Rankine

$$B' = B - 2e$$

$$= 5 - 2 \times 1,107$$

$$= 2,785 \text{ m}$$

Menurut Coulomb

$$B' = B - 2e$$

$$= 5 - 2 \times 10,953$$

$$= 3,093 \text{ m}$$

Menghitung Kapasitas Daya Dukung Ultimit Pada

Untuk menghitung kapasitas daya dukung ultimit pada pondasi lajur memanjang digunakan rumus Terzaghi yaitu :

$$q_{ult} = C.N_c + \gamma_b.N_q.D_f + 0,5 \cdot \gamma_b.B'.N_\gamma$$

ϕ	N_c	N_q	N_γ	N'_c	N'_q	N'_γ
0°	5,71	1,00	0	3,81	1,00	0
5°	7,32	1,64	0	4,48	1,39	0
10°	9,64	2,70	1,2	5,34	1,94	0
15°	12,8	4,44	2,4	6,46	2,73	1,2
20°	17,7	7,43	4,6	7,90	3,88	2,0
25°	25,1	12,7	9,2	9,86	5,60	3,3
30°	37,2	22,5	20,0	12,7	8,32	5,4
35°	57,8	41,4	44,0	16,8	12,8	9,6
40°	95,6	81,2	114,0	23,2	20,5	19,1
45°	172	173	320	34,1	35,1	27,0

Sumber : Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, hal : 52)

Dari Tabel diatas dicari nilai N_c , N_q , Dan N_γ , dari Sudut geser (ϕ) sebesar 10,19 , maka digunakan cara interpolasi.

- $N_c = 9,76$
- $N_q = 2,766$
- $N_\gamma = 1,246$

Untuk meningkatkan daya dukung tanah.

$$q_{ult} = C.N_c + \gamma_b.N_q.D_f + 0,5 \cdot \gamma_b.B'.N_\gamma$$

$$= (0,165 \times 9,76) + (2,472 \times 2,766 \times 10) + (0,5 \times 2,472 \times 5 \times 1,246)$$

$$= 90,066 \text{ t/m}^2$$

Menurut Rankine

$$q' = \frac{Pv}{B'} \\ = \frac{76,096}{2,785} \\ = 27,321$$

Faktor aman

$$F = \frac{qult}{q'} \\ = \frac{90,066}{27,321} \\ = 3,296 > 3 \quad \text{Aman}$$

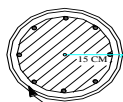
Menurut Coulomb

$$q' = \frac{Pv}{B'} \\ = \frac{76,096}{3,093} \\ = 24,601$$

Faktor aman

$$F = \frac{qult}{q'} \\ = \frac{90,066}{24,601} \\ = 3,661 > 3 \quad \text{Aman}$$

Analisa Perhitungan Tiang Pancang



TIANG PANCANG Ø 300mm

Diameter (d)	= 0,3 m
Tebal (t)	= 0,009 m
Luas Luar (Ao)	= 0,071 m ²
Luas Dalam (Ai)	= 0,067 m ²

$$\text{Keliling (Ak)} = 0,943 \text{ m}$$

$$\text{Berat Baja (Ws)} = 0,644 \text{ KN/m}$$

$$\text{Mutu Baja (Fs)} = 540 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Panjang Pancang (L)} = 10 \text{ m}$$

$$\gamma_s = 0,25 \text{ T/m}^3$$

Analisa Daya Dukung Tiang Pancang

$$Q_c = 215,41 \text{ kg/cm}^2$$

$$JHL = 193,96 \text{ kg/cm}$$

$$P \text{ tiang} = \frac{A_o \times q_c}{sf} + \frac{Ak \times JHL}{sf} \\ = \frac{707,143 \times 215,41}{3} + \frac{94,286 \times 193,96}{5} \\ = 79820,353 \text{ kg} > 798,204 \text{ KN}$$

$$P \text{ netto} = P \text{ tiang} - Wp \\ = 798,204 - 10,580 \\ = 78,762 \text{ KN} > 7,88$$

Daya dukung tiang pancang dalam 1 tiang adalah : 798,204 Kn

$$\text{Kontrol : } F = 8.D + 4.D = 2,4 + 1,2 \\ = 3,6$$

Kontrol keamanan diambil dari 4 baris tiang pancang

$$= \frac{78,76 \times 4}{76,10}$$

$$= \frac{315,05}{76,10}$$

$$= 4,14 > 3,6 \quad \text{Aman}$$

Konstruksi dinding penahan sepanjang 30 meter dan Beban vertikal yang bekerja untuk tinjauan 1 meter adalah (Pv) = 76,10 kN, Maka gaya vertikal menjadi :

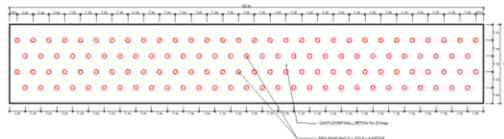
$$\begin{aligned}
P_v \text{ total} &= P_v \times \text{panjang dinding} \\
&= 76,10 \times 30 \\
&= 2282,88
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan jumlah pancang dapat menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
n \text{ tiang pancang} &= \frac{P_v \text{ Total}}{P \text{ Tiang}} \\
&= \frac{2282,9}{78,762} \\
&= 28,984 \text{ buah} > 29 \text{ buah}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jumlah Pancang} &= 4 \times 29 \\
&= 116 \text{ buah}
\end{aligned}$$

Perletakan tiang adalah 4 baris memanjang, masing – masing baris berisi 29 tiang (untuk tiang pancang tegak), maka total tiang pancang yang di gunakan adalah 116 buah.



Perletakan :

$$\begin{aligned}
M &= \text{Jumlah baris} = 4 \text{ baris} \\
N &= \text{Jumlah tiang dalam 1 baris} = 29 \text{ buah} \\
\Theta &= \arcsin \frac{t_s}{d/s} = 10,1 \\
D &= \text{diameter tiang} = 0,3 \text{ m} \\
S &= \text{jarak antar tiang (as ke as)} = 1 \text{ m} \\
QU \text{ Tiang} &= E_g \times P_{\text{tiang}} \times \text{Jumlah Pancang} = 81 \times 78,762 \times 116
\end{aligned}$$

$$= 7428,21 > 2282,88$$

$$\begin{aligned}
P \text{ maks} &= \frac{\Sigma P_v}{n} + \frac{M_y \times X_{maks}}{n y \times \Sigma x^2} + \frac{M_x \times Y_{maks}}{n x \times \Sigma y^2} \\
&= \frac{2282,88}{116} + \frac{21,76 \times 29,5}{4 \times 34810,36} + \frac{155,792 \times 0,5}{29 \times 14,5} \\
&= 19,68 + 0,055 + 0,185 \\
&= 19,921 < 78,762 \text{ Ok}
\end{aligned}$$

Perhitungan tulangan dinding penahan tanah arah vertikal

Diketahui :

$$\begin{aligned}
K_a &= 0,7 \\
q &= 1 \text{ T/m} \\
y &= 5,2 \text{ m} \\
c &= 0,117 \text{ T/m}^2 \\
f_c &= 25 \text{ Mpa} \\
f_y &= 400 \text{ Mpa} \\
D &= 22 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Tebal beton = 80 cm

Selimut beton = 5 cm

Tabel 4.10 Momen pada dinding penahan

	Tinggi dinding (m)	Beban (t.m)	Mu (t.m)
M _{1/4}	4,316	10,936	17,498
M _{1/3}	4,020	11,883	19,013
M _{1/2}	3,340	13,099	20,958
M _{3/4}	2,545	14,922	23,876
M ₁	1,660	16,746	26,793

$$\begin{aligned}
\text{Digunakan Mutu beton } f_c &= 24 \text{ Mpa} \\
\text{Mutu baja } f_y &= 400 \text{ Mpa} \\
\text{diameter tulangan utama} &= 22 \text{ mm} \\
\text{Tebal beton (a)} &= 80 \text{ cm} \\
\text{Selimut beton} &= 5 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Lebar berguna beton :

$$d = a - p - \frac{1}{2} \phi \text{ tul. Ut}$$

$$= 80 - 5 - (\frac{1}{2} \times (2,2))$$

$$= 73,9 \text{ cm}$$

Diambil Mu yang paling besar :
174,987 tm = 1749,870 knm

$$\frac{Mu}{bd^2} = \frac{174,987}{1 \times 0,739^2}$$

$$= 320,418$$

Mu/bd ²	f _y = 240 Mpa		f _y = 400 Mpa		c / d	z / d
	ρ	a _u	ρ	a _u		
100	0,0005	0,192	0,0003	0,319	0,006	0,998
200	0,0010	0,191	0,0006	0,318	0,012	0,995
300	0,0016	0,191	0,0009	0,318	0,017	0,993
400	0,0021	0,190	0,0013	0,317	0,023	0,990
500	0,0026	0,190	0,0016	0,316	0,029	0,988
600	0,0032	0,189	0,0019	0,315	0,035	0,985
700	0,0037	0,189	0,0022	0,314	0,041	0,983
800	0,0043	0,188	0,0026	0,314	0,047	0,980
900	0,0048	0,188	0,0029	0,313	0,053	0,977
1000	0,0053	0,187	0,0032	0,312	0,059	0,975
1100	0,0059	0,187	0,0035	0,311	0,065	0,972
1200	0,0064	0,186	0,0039	0,310	0,071	0,970
1300	0,0070	0,186	0,0042	0,309	0,078	0,967
1400	0,0076	0,185	0,0045	0,309	0,084	0,964
1500	0,0081	0,185	0,0049	0,308	0,090	0,962
1600	0,0087	0,184	0,0052	0,307	0,096	0,959
1700	0,0093	0,184	0,0056	0,306	0,103	0,956
1800	0,0098	0,183	0,0059	0,305	0,109	0,954
1900	0,0104	0,183	0,0062	0,304	0,115	0,951
2000	0,0110	0,182	0,0066	0,303	0,122	0,948
2200	0,0122	0,181	0,0073	0,302	0,135	0,943
2400	0,0133	0,180	0,0080	0,300	0,148	0,937

Dari tabel diperoleh

$$\frac{Mu}{bd^2} = 300 \dots\dots\dots \rho = 0,0009$$

$$\frac{Mu}{bd^2} = 400 \dots\dots\dots \rho = 0,0013$$

Dari interpolasi diperoleh

$$\frac{Mu}{bd^2} = 320,418 \dots\dots\dots \rho = 0,0010$$

$$\rho \text{ maks} = 0,0013$$

$$\rho \text{ min} = 0,0009$$

Syarat

$$\rho \text{ min} \leq \rho \leq \rho \text{ maks}$$

$$0,0009 \leq 0,0010 \leq 0,0013$$

Luas tulangan utama

$$As = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0010 \times 100 \times 73,9$$

$$= 7,255 \text{ cm}^2$$

Dari tabel penampang baja polos untuk pelat selebar 1 m didapat :

Tulangan utama digunakan $\Phi 22 - 20$; dengan luas (A) = 73,9 cm², Jumlah batang tiap satu meter 7,255 buah. > 8 buah

Tulangan pembagi

Untuk tulangan bagi diambil 50% dari tulangan pokok

$$As' = 50\% \times As$$

$$= 50\% \times 7,255$$

$$= 3,63$$

Dari tabel penampang baja polos untuk pelat selebar 1 m didapat :

Tulangan digunakan $\Phi 14 - 17$; dengan luas (A) = 7,255 cm²

jumlah batang tiap satu meter 3,64 buah > 4 buah

Perhitungan tulangan dinding penahan arah horizontal

Untuk alasan keamanan berat telapak tidak ikut diperhitungkan karena akan mengurangi besar momen yang bekerja Karena jarak antar tiang pancang > 1 meter maka momen menjadi

$$M_{2-2} = (P1 \times X1 + X2) \times n$$

$$= 79,820 \times 1 + 0,52 \times 29$$

$$= 2329,870$$

Dan besar momen per meter

$$M' = \frac{M_{2-2}}{\text{panjang pondasi}}$$

$$= \frac{2329,870}{29,5}$$

$$= 78,979 \text{ T/m}$$

$$M_u = 1,2 \times M'$$

$$= 1,2 \times 78,979$$

$$= 94,774 > 947,744 \text{ KNm}$$

Digunakan Mutu beton $f'c = 25 \text{ Mpa}$

Mutu baja $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Direncanakan diameter tulangan utama
= 19

Tebal beton (a) = 80

Selimut beton = 5

Lebar berguna beton :

$$D = a - p - \frac{1}{2} f \text{ tul. Ut}$$

$$= 80 - 5 - (0,5 \times 1,9)$$

$$= 74,05$$

$$\frac{M_u}{bd^2} = \frac{94,774}{1 \times 0,740^2} = 315,2$$

Dari tabel diperoleh

$$\frac{M_u}{bd^2} = 300 \dots\dots\dots \rho = 0,0009$$

$$\frac{M_u}{bd^2} = 400 \dots\dots\dots \rho = 0,0013$$

Dari interpolasi diperoleh

$$\frac{M_u}{bd^2} = 315,2 \dots\dots\dots \rho = 0,0010$$

$$\rho \text{ maks} = 0,0013$$

$$\rho \text{ min} = 0,0009$$

$$\text{Syarat } \rho \text{ min} \leq \rho \leq \rho \text{ maks}$$

$$0,0009 \leq 0,0010 \leq 0,0013$$

Karena keadaan diatas dipakai rasio tulangan minimum (ρ_{min})

Luas tulangan utama

$$A_s = \rho_{\text{min}} \times b \times d$$

$$= 0,0009 \times 100 \times 74,05$$

$$= 6,664 \text{ cm}^2$$

Tulangan utama digunakan $\Phi 19 - 10$; dengan luas (A) = 74,05 cm², Jumlah batang tiap satu meter 6,664 buah.

Tulangan pembagi

Untuk tulangan bagi diambil 50% dari tulangan pokok

$$A_s' = 50\% \times A_s$$

$$= 50\% \times 6,664$$

$$= 4,813$$

Dari tabel penampang baja polos untuk pelat selebar 1 m didapat :

Tulangan digunakan $\Phi 16 - 10$; dengan luas (A) = 6,664 cm²

Jumlah batang tiap satu meter 4,813 buah > 5 buah

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perhitungan dinding penahan tanah tipe kantilever dapat diambil kesimpulan :

Metode Rankine

Stabilitas guling dengan hasil 1,817 > 1,5 dinyatakan aman.

Stabilitas geser dengan hasil 0,3997 < 1,5 dinyatakan tidak aman.

Daya dukung tanah dengan hasil 3,296 > 3 dinyatakan aman

Metode Cuolomb

Stabilitas guling dengan hasil 1,517 > 1,5 dinyatakan aman.

Stabilitas geser dengan hasil 0,3567 < 1,5 dinyatakan tidak aman.

Daya dukung tanah dengan hasil 3,661 > 3 dinyatakan aman

Karena kontruksi terlalu kecil dari syarat stabilitas terhadap pergeseran, maka kontruksi perlu ditambah dengan pondasi tiang pancang untuk menahan gaya geser atau gaya horizontal.

Saran

Dalam menghitung dinding penahan tanah hendaknya selalu memperhatikan beban yang ditopang diatasnya, karena akan sangat berpengaruh dalam menentukan dimensi serta stabilitas dari konstruksi tersebut.

Dalam perencanaan pondasi tiang pancang, hendaknya data yang digunakan tidak hanya berua hasil test sondir saja, tetapi juga menggunakan hasil uji boring agar dapat diperoleh perbandingan perhitungan yang akan digunakan dalam merancang pondasi tiang pancang.

DAFTAR PUSTAKA

Das,B.M. 1998, *Mekanika Tanah* (Prinsip –prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid2, Terjemahan Dalam BahasaIndonesia, Erlangga, Jakarta.

Djatmiko Soedarmono, Edy Purnomo (1993) *Mekanika Tanah 2*. Kanisius. Yogyakarta.

Hary crustady Hardiyatmo (2010) *Mekanika Tanah 2*. Gajah Mada University press. Yogyakarta.

Herlien Indrawahjuni (2011) *Mekanika Tanah II*. Bargie Media, Malang.

Hardiyatmo, H. C (2003) *Mekanika Tanah II*, Edisi Ketiga, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Hardiyatmo,H.C. 2002, *Teknik Fondasi I*, Edisi Kedua. PT. Gramedia. Jakarta. Yogyakarta.

L. D. Wesley (1977) *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.

R.F. Craig (1987) *Mekanika Tanah*. Erlangga, Jakarta.