

PERENCANAAN PONDASI TAPAK DENGAN TIANG PANCANG PADA DINDING PENAHAN TANAH

Bangun Pasaribu, Gunawan Tarigan, Muhammad Ridho Alazzmi

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara
bangun@ft.uisu.ac.id; gunawan@ft.uisu.ac.id; ridhoalazzmi@gmail.com

Abstraks

Dinding penahan tanah merupakan salah satu teknik pengendalian tanah yang sangat diperlukan untuk menggurangi kelongsoran. Pembangunan dinding penahan tanah yang tergolong sederhana perlu mempertimbangkan model, analisis material dan perhitungan longsoran yang akan jatuh pada dinding penahan tanah, perencanaan ini menggunakan metode pemodelan dinding penahan tanah tipe Kantilever dengan tinggi 5 m, lebar atas 0,75 m, dengan lebar bawah 4 m, dinding penahan tanah ini juga menggunakan pondasi tiang pancang agar stabilitas tanah dan keseluruhan bangunan dapat memenuhi SF bangunan yang diinginkan. pondasi tiang pancang ini menggunakan kedalaman 7 m dibawah permukaan tanah dan menggunakan dimensi 65 x 65 cm. Analisis perencanaan ini menggunakan metode Terzaghi yang memperhitungkan stabilitas dinding penahan tanah terhadap faktor keamanan guling, geser dan daya dukung tanah. Berdasarkan hasil perencanaan menunjukkan bahwa dinding penahan tanah tipe Kantilever tinggi 5 meter, tidak aman terhadap bahaya guling, geser, dan daya dukung tanah. Masing masing angka keamanannya yaitu : $SF_{gl} = 0,021 > 1,5$, $SF_{gs} = 0,0471 > 1,5$, Terhadap daya dukung tanah $1.060,352 \text{ t/m}^2 < 55,4536 \text{ t/m}^2$. Dikarenakan angka keamanan tidak tercapai, maka perencanaan dinding ditambahkan pondasi tiang pancang pada dinding penahan tanah tersebut dengan spesifikasi tiang : Dimensi = 65 x 65cm, Panjang 7m, Kebutuhan tiang pancang 45 buah tiang pancang dan ditanam sedalam 7 m.

Kata Kunci : Dinding Penahan Tanah, Pondasi, Tiang Pancang, Tarzaghi

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan dunia Teknik sipil menuntut bangsa Indonesia untuk dapat menghadapi segala kemajuan dan tantangan. Hal itu dapat terpenuhi apabila sumber daya yang dimiliki oleh bangsa Indonesia dapat menghasilkan kualitas pendidikan yang tinggi, Karena Pendidikan merupakan sarana utama bagi kita untuk semakin siap menghadapi perkembangan masa kini. Dalam hal ini bangsa Indonesia telah menyediakan berbagai sarana guna memenuhi sumber daya manusia yang berkualitas. Sehingga Universitas Islam Sumatera Utara jurusan Teknik sipil sebagai salah satu Lembaga Pendidikan dalam merealisasikan hal tersebut dengan memberikan skripsi sebuah perhitungan Kombinasi Pondasi tapak dengan tiang pancang dengan maksud agar dapat menghasilkan tenaga ahli dalam bidang kontruksi di dunia pekerjaan nanti.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang diambil dalam skripsi ini adalah :

1. Bagaimana cara menganalisis kombinasi pondasi tapak dengan tiang pancang pada kondisi tanah lempung ?
2. Bagaimana cara mengkombinasikan pondasi tapak dengan menggunakan tiang pancang dengan perhitungan yang tepat?
3. Bagaimana cara menentukan daya dukung tanah menggunakan metode tarzaghi?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, skripsi ini memiliki beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kestabilan dinding penahan tanah terhadap factor ke amanan stabilitas geser?
2. Mengetahui kestabilan dinding penahan tanah terhadap factor ke amanan stabilitas guling, geser dan daya dukung tanah ?
3. Mengetahui kestabilan keseluruhan pondasi dengan tambahan tiang pancang?

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dari perencanaan ini adalah sebagai bahan untuk Analisa terhadap factor keamanan/stabilitas dinding penahan tanah tipe gravitasi (*Retaining Wall Gravitation*) dan mendisain dimensi yang aman terhadap beban statis dan dinamis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban diatasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (solid).

2.2 Metode Terghazi

Metode dari Terghazi adalah yang paling sering digunakan, analisis daya dukung berdasarkan kondisi dari general shear failure, dengan anggapa bahwa pondasi berbentuk memanjang tak terhingga dengan lebar B dan terletak diatas tanah homogen dikemukakan oleh Terzaghi.

Kapasitas dukung ultimit (qu) untuk pondasi memanjang menggunakan cara Terzaghi dinyatakan sebagai berikut:

$$qu = c.Nc + Df.\gamma.Nq + 0,5.B.\gamma.N\gamma$$

dengan:

- qu = Kapasitas dukung ultimit (kN/m2)
- qa = Kapasitas dukung tegangan ijin (kN/m2)
- c = Kohesi tanah dasar (kN/m2)
- Df = Kedalaman fondasi (m)
- γ = Berat volume tanah (kN/m3)
- B = Lebar fondasi (m)
- Nc, Nq, Nγ = faktor kapasitas tanah dukung (fungsi φ)

Untuk menentukan besarnya tegangan pada dinding sama seperti menentukan tegangan pada dasar dimana tegangan vertikal dihitung dengan rumus :

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

Menghitung tegangan geser lintang dengan rumus :

$$\tau = \frac{H}{B.1} \leq \text{kuat geser izin bahan dinding}$$

dengan,

- V=Komponengayavertikal
- H=Komponengayahorisontal
- B=Lebar bagian potongangyang ditinjau
- 1 = Panjangdinding tiap 1 meter
- e =Eksentrisitas

2.3 Kekuatan Geser Tanah

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah. Tanah yang dibebani akan mengakibatkan tegangan geser yang menahan terjadinya keruntuhan pada tanah. Jika tegangan geser sudah mencapai batas maka akan cenderung untuk terjadi keruntuhan. Pada suatu bidang lereng jika tegangan geser tanah tersebut mencapai batas maka akan berpotensi terjadi longsor.

Kekuatan geser tanah (τf) pada suatu bidang tertentu dikemukakan oleh Coulom sebagai suatu fungsi linear terhadap tegangan normal (σf) pada bidang tersebut, sebagai berikut:

$$\tau f = c + \sigma f \tan \phi$$

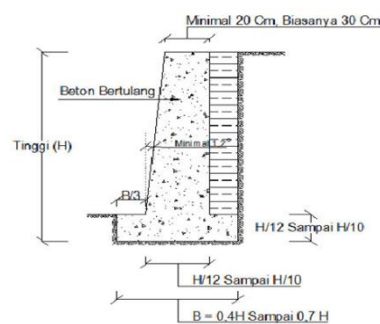
Keterangan :

τf : Kekuatan geser

- c : Kohesi
- σf : Tegangan Normal
- tan φ : Faktor geser diantara butir-butir yang bersentuhan
- φ : sudut geser dalam tanah

2.4 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan adalah suatu bangunan yang dibangun untuk menahan keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun ditempat dimana kemantapan tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri, dipengaruhi oleh kondisi gambaran topografi tempat itu, bila dilakukan pekerjaan tanah seperti penanggulangan atau pemotongan tanah terutama dinding penahan itu dibangun untuk melindungi kemiringan tanah dan melengkapi kemiringan dengan pondasi kokoh.



Gambar 1. Dinding penahan tanah tipe kantilever

Untuk menghitung *safety factor* pada dinding penahan tanah digunakan rumus :

$$SF = \frac{\text{Gaya Lawan}}{\text{Daya Dorong}} = \frac{\sum V.f}{\sum H}$$

SF ≥ 1,5 digunakan untuk jenis tanah non-kohesif, misal tanah pasir.

Keterangan :

SF = *safety factor* (angka keamanan)

V = gaya vertikal

f = koefisien gesek antara dinding beton dan tanah dasar pondasi.

H = gaya horizontal

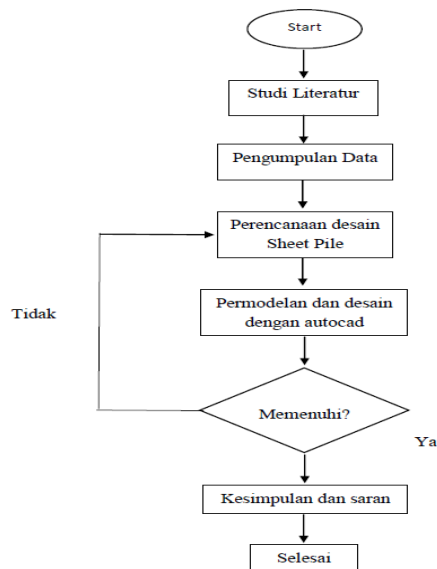
III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dimana penelitian ini bersifat umum, fleksibel, dan dinamis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kekuatan dinding penahan tanah pada kondisi tanah lempung dan juga menggunakan tambahan tiang pancang pada dinding penahan tanah.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian adalah sejumlah kerangka dasar yang membentuk tahapan kerja dan berfungsi sebagai pedoman umum dalam penyusunan Studi Kasus.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

IV. PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

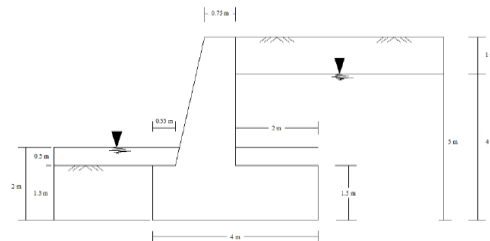
4.1 Pembahasan

- Langkah-langkah untuk menganalisa stabilitas guling yaitu :
 - Masukkan data momen guling akibat gaya aktif ($Ma_1, Ma_2, Ma_3, Ma_4, Ma_5$) dan momen perlawanan akibat berat sendiri (Mg_1, Mg_2, Mg_3, Mg_4).
 - Hitung momen guling (M_{guling}) dan momen tahanan (M_{tahan}) kemudian hitung faktor guling (S.F. guling).
 - Analisa hasil faktor guling, jika faktor guling lebih besar dari Stability Factor (S.F = 1,5) maka analisa stabilitas gaya guling dinyatakan AMAN dan jika sebaliknya, analisa stabilitas gaya guling dinyatakan TIDAK AMAN.
- Langkah-langkah untuk menganalisa stabilitas geser yaitu:
 - Masukkan data data beban total konstruksi (G_{total}), derajat kemiringan (ϕ_2) serta tekanan tanah aktif dan pasif (P_{ah}, P_{p}).
 - Hitung gaya geser akibat total gaya normal vertikal (V_f) kemudian hitung faktor geser (S.F. geser).
 - Analisa hasil faktor geser, jika faktor geser lebih besar dari Stability Factor (S.F = 1,5) maka analisa stabilitas gaya geser dinyatakan AMAN dan jika sebaliknya, analisa stabilitas gaya geser dinyatakan TIDAK AMAN
- langkah-langkah untuk menganalisa stabilitas daya dukung yaitu :
 - Masukkan data luas penampang pondasi (L), momen guling (M_{guling}) dan momen perlawanan (M_{tahan}), beban total konstruksi (G_{total}), derajat kemiringan (ϕ_2) dan besar daya dukung tanah (Q_u).

- Hitung nilai eksentrisitas (eks), daya dukung tanah yang diijinkan (Q_{ijin}) serta daya dukung tanah maksimal dan minimal ($Q_{max, min}$).
- Menganalisa daya dukung, jika $0 \leq Q_{max} \leq Q_{ijin}$ ($=Q_u/5$) dan $0 \leq Q_{min} \leq Q_{ijin}$ ($=Q_u/5$) maka analisa stabilitas terhadap daya dukung tanah dinyatakan AMAN, dan jika $Q_{max} > Q_{ijin}$ ($=Q_u/5$) dan $Q_{min} < Q_{ijin}$ ($=Q_u/5$) maka analisa stabilitas terhadap daya dukung tanah dinyatakan TIDAK AMAN.

4.2 Perhitungan

4.2.1 Perencanaan Dinding Penahan Tanah



Gambar 3. Perencanaan dinding penahan tanah

- Dinding penahan tanah di buat pada kedalaman 10 m di permukaan tanah asli.
- Lebar pelat dasar (B) = 4 m
- $C_1 = C_2 = 1,5$ m
- Tebal pelat ujung = 1 m
- Tebal pelat tumit = 1,5 m
- $B' = 0,75$ m
- $\gamma_{tanah} = 14,446$ gr/cm³
- γ_{tanah} timbunan diasumsikan dengan γ_{tanah}
- Maka air tanah diasumsikan $B =$ berkisar pada kedalaman 1 m dari muka tanah
- Kohesi tanah (C) = 0,35
- Sudut geser (ϕ) = $13^\circ 42' 0'' = 13,7^\circ$
- Dari tabel factor daya dukung tanah sebelumnya, dengan metode interpolasi Didapat, $N_c = 12,042$
 $N_q = 3,958$
 $N_\gamma = 2,162$
- Kemiringan dinding longitudinal = 1:5
- Beban abutment jembatan dengan berat sendiri abutment total 400 ton.

Beban abutment jembatan diperhitungkan bekerja sebagai beban titik yang bekerja 2 m dari sisi dinding penahan bagian atas.

4.2.2 Perhitungan Gaya yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah

- Menghitung nilai K_a, K_p , dan ϕ_{critis}

$$\begin{aligned} \phi &= 13,7^\circ \\ \phi_{critis} &= (45^\circ + \phi/2) \\ &= 45^\circ + 13,7^\circ / 2 \\ &= 51,85^\circ \end{aligned}$$

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \phi/2)$$

$$= \tan^2(45^\circ - 13,7^\circ/2)$$

$$= 0,617$$

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$= \tan^2(45^\circ + 13,7^\circ/2)$$

$$= 1,621$$

b. Tekanan Aktif(semua gaya ditinjau 1 m lebar pias)

- Akibat beban titik P sejarak L

$$E_{a1} = p \cdot \sqrt{K_a}$$

$$= 400 \sqrt{0,617}$$

$$= 314,197 \text{ ton}$$

Lengan momen terhadap titik A

$$BM = L' \cdot \tan \phi$$

$$= 2 \cdot \tan 13,7^\circ$$

$$= 0,488$$

$$BN = L' \cdot \tan(45^\circ + 1/2 \cdot \phi)$$

$$= 2 \cdot \tan(45^\circ + 13,7^\circ/2)$$

$$= 2,546$$

$$MN = BN - BM$$

$$= 2,546 - 0,488$$

$$= 2,058$$

$$\text{Lengan momen} = H1 - (BM + 1/3 \cdot MN)$$

$$= 5 - (0,488 + 1/3 \cdot 2,058)$$

$$= 3,833 \text{ m}$$

$$\text{Momen} = 3,833 \times 314,197$$

$$= 1.204,31 \text{ tm}$$

- Akibat beban merata q

$$E_{a3} = q \cdot K_a \cdot H$$

$$= 0,5 \times 0,617 \times 5$$

$$= 1,5425 \text{ ton}$$

$$\text{Lengan momen akibat titik A} = H/2$$

$$= 5/2 = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Momen} = 2,5 \times 1,5425$$

$$= 3,857 \text{ tm}$$

- Akibat tekanan tanah diatas muka air tanah (mat)

$$E_{a3} = 1/2 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a$$

$$= 1/2 \cdot 14,446 \cdot 1^2 \cdot 0,617$$

$$= 4,457 \text{ ton}$$

$$\text{Lengan momen terhadap titik A}$$

$$= H2 + 1/3 \cdot H1$$

$$= 4 + 1/3 \cdot 1$$

$$= 4,333 \text{ m}$$

$$\text{Momen} = 4,457 \times 4,333$$

$$= 19,313 \text{ tm}$$

- Akibat beban tanah (merata) diatas muka air tanah

$$E_{a4} = \gamma \cdot H2 \cdot K_a \cdot H1$$

$$= 14,446 \cdot 4 \cdot 0,617 \cdot 1$$

$$= 35,653 \text{ ton}$$

$$\text{Lengan momen terhadap titik A}$$

$$= H2/2$$

$$= 4/2 = 2 \text{ m}$$

$$\text{Momen} = 2 \times 35,653$$

$$= 71,3 \text{ tm}$$

- Akibat tekanan tanah di bawah muka air tanah

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$= 14,446 - 1$$

$$= 13,446$$

$$E_{a5} = 1/2 \cdot \gamma' \cdot H^2 \cdot K_a$$

$$= 1/2 \cdot (13,446) \cdot 4^2 \cdot 0,617$$

$$= 66,370 \text{ ton}$$

Lengan momen terhadap titik A

$$= 1/3 \cdot H2$$

$$= 1,333 \text{ m}$$

$$\text{Momen} = 66,370 \times 1,333$$

$$= 88,471 \text{ tm}$$

- Akibat tekanan hidrostatik

$$Ph1 = 1/2 \cdot H^2 \cdot \gamma_w$$

$$= 1/2 \cdot 4^2 \cdot 1$$

$$= 8 \text{ ton}$$

Lengan momen terhadap titik A

$$= 1/3 \cdot H2$$

$$= 1/3 \cdot 4$$

$$= 1,333 \text{ m}$$

$$\text{Momen} = 1,333 \times 8$$

$$= 10,664 \text{ tm}$$

Gaya geser dan Momen guling total

Tabel 1. Gaya geser dan momen guling total

Beban	Gaya Geser(ton)	Momen Guling (tm)
Ea1	314,197	1.202,1177
Ea2	1,5425	3,857
Ea3	4,457	19,313
Ea4	35,653	71,3
Ea5	66,370	66,370
Ph	8	10,664
Jumlah	430,2195	1.373,6217

c. Tekanan Pasif

- Akibat tekanan tanah

$$E_{p1} = 1/2 \cdot \gamma' \cdot H^2 \cdot K_p$$

$$= 1/2 \cdot 14,446 \cdot 1,5 \cdot 1,621$$

$$= 17,563 \text{ ton}$$

Lengan momen terhadap titik A

$$= 1/3 \cdot H5$$

$$= 1/3 \cdot 1,5$$

$$= 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Momen} = 0,5 \times 17,563$$

$$= 8,781 \text{ tm}$$

- Akibat tekanan hidrostatik

$$Ph2 = 1/2 \cdot H^2 \cdot \gamma_w$$

$$= 1/2 \cdot 2^2 \cdot 1$$

$$= 2 \text{ ton}$$

Lengan Momen terhadap titik A.

$$= 1/3 \cdot H3$$

$$= 1/3 \cdot 2$$

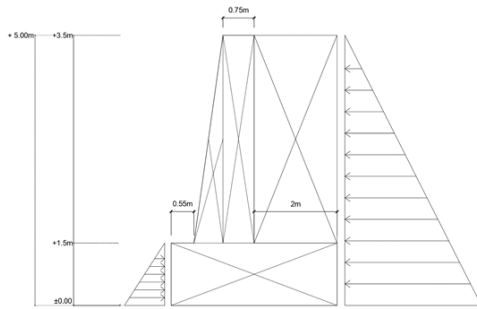
$$= 0,667 \text{ m}$$

$$\text{Momen} = 2 \times 0,667$$

$$= 1,334 \text{ tm}$$

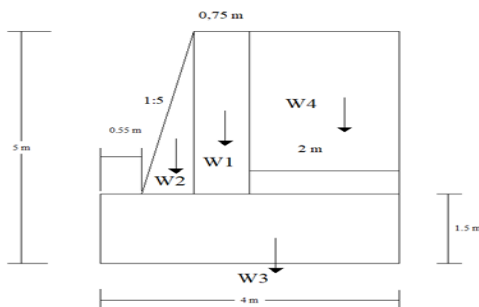
Tabel 2. Gaya geser dan momen penahan akibat tekanan pasif

Beban	Gaya Geser (ton)	Momen Guling (tm)
Ep1	17,563	8,781
Ph2	2	1,334
Jumlah	19,563	10,115



Gambar 4. Tekanan tanah aktif dan Tekanan tanah pasif

d. Akibat Berat Sendiri



Gambar 5. Akibat beban sendiri

Tabel 3. Akibat beban sendiri

Beban	Beban (ton)	Lengan Momen Terhadap Titik A (m)	Momen (tm)
W1	$(3,5 \times 0,75) \times 2,5 = 6,563$	$0,55 + 0,7 + (0,75/2) = 1,625$	10,665
W2	$(1/2 \times 0,75 \times 3,5) \times 2,5 = 3,0625$	$0,55 + (2/3 \times 0,7) = 1,017$	3,115
W3	$(4 \times 1,5) \times 2,5 = 15$	$1/2 \times 4 = 2$	30
W4	$(2 \times 3,5) \times 1,658 = 11,606$	$0,55 + 0,7 + 0,75 + (2/2) = 3$	34,818
Total	$\Sigma V = 36,2315$ ton		$\Sigma MV = 78,598$

- Data – data Gaya dan Momen
 - Gaya Geser dari tekana tanah aktif = 430,219 ton
 - Momen guling = 1.378,6217 tm
 - Gaya geser penahan dari tekanan pasif = 19,563 ton
 - Momen penahan tambahan = 10,115 tm
 - Gaya vertical total (ΣV) dari berat sendiri dinding penahan tanah sebesar :
 - $\Sigma V = 36,2315$ ton
 - Momen penahan : $\Sigma MV = 78,598$ tm.

4.2.3 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Rumus Terzaghi

$$\begin{aligned} \sigma_{ult} &= C.N_c + \gamma, Df. N_q + 0,5 \gamma. B. N_{\gamma} \\ &= 0,35.12,042 + 14,446.10^{-3} .500.3,958 + 0,5. \\ &14,446.100.2,162 \\ &= 1.594,415 \text{ kg/cm}^2 \\ \Sigma_{ult} &= \sigma_{ult}/SF \\ &= 1.594,415/3 = 531,471 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

4.2.4 Perhitungan Stabilitas

a. Terhadap guling

$$F_s = \frac{\text{momen pn hm}}{\text{momen guling}} = \frac{78,598 + 10,115}{1.373,6217} = 0,0646 < 1,5 \text{ (tidak memenuhi)}$$

b. Terhadap geser

Koefisien gesekan antara dasar dinding penahan dengan tanah pondasi (μ) adalah 0,6

$$F_s = \frac{\text{Gaya penahan}}{\text{Gaya geser}} = \frac{\mu \cdot \Sigma V + \Sigma H_p}{\Sigma H} = \frac{0,6 \times 36,2315 + 2,383}{430,219} = 0,0561 < 1,5 \text{ (tidak memenuhi)}$$

c. Terhadap daya dukung tanah

Letak pusat titik berat :

$$X = \frac{\Sigma M_v}{\Sigma V} = \frac{78,598}{36,2315} = 2,169 \text{ m}$$

$$\Sigma M = 58,181 + 10,115 - 1.373,6217 = - 1.284,9087 \text{ t/m}^2$$

Letak gaya vertikal total :

a. $= \Sigma M / \Sigma V$

$$= - 1.284,9087 / 36,2315 = -35,4639 \text{ m}$$

Eksentrisitas (e) = x – a

$$= 2,169 - (- 35,4639) = 37,6329 \text{ m}$$

Mbaru = $\Sigma V \cdot e$

$$= 36,2315 \times 37,6329 = 1.363,497 \text{ tm}$$

$$\sigma_{max} = \frac{\Sigma V}{BL} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) = \frac{36,2315}{4 \times 1} \times \left(1 + \frac{6 \times 37,6329}{4} \right) = 520,370 \text{ t/m}^3 > 55,4536 \text{ t/m}^3 \text{ (memenuhi)}$$

Tegangan yang terjadi sangat besar bila dibandingkan dengan tegangan ijin.

$$\sigma_{min} = \frac{\Sigma V}{BL} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) = \frac{36,2315}{4 \times 1} \times \left(1 - \frac{6 \times 37,6329}{4} \right) = - 511,249 \text{ t/m}^3 < 0 \text{ (tidak memenuhi)}$$

4.3 Revisi Perencanaan dinding penahan tanah dengan penambahan tiang pancang

a. Perhitungan daya dukung tiang terhadap kekuatan tanah

- Akibat tahanan ujung

Pada kedalaman 7 m data tanah yang dipakai adalah data sondir yaitu dengan nilai konus P = 165 kg/cm²

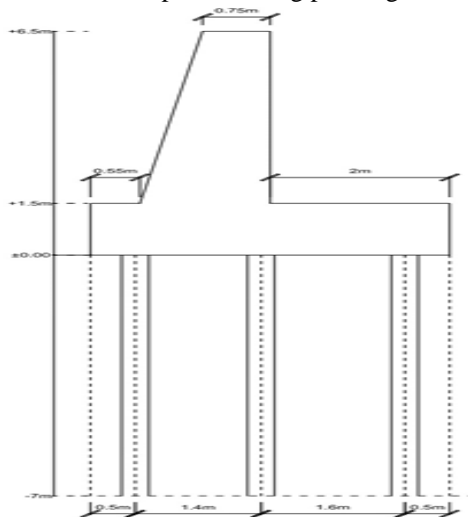
Maka, daya dukung keseimbangan tanah adalah :

- \bar{Q} = daya dukung tiang
- A = luas penampang tiang
- P = nilai konus dari hasil sondir

Maka,

$$\bar{Q} = \frac{A \cdot P}{3} = \frac{65.65.165}{3} = 232.375 \text{ kg}$$

b. Perencanaan pondasi tiang pancang



Gambar 6. Perencanaan pondasi tiang pancang

c. Kapasitas Dukung Ijin Tiang Pancang Terhadap Gaya Desak

- Tahanan gesek (Qs) untuk tahanan gesek menggunakan persamaan : $Q_s = \sum A \cdot K_d \cdot \tan \delta \cdot p_o$

Dimana :

- As = luas penampang selimut
- Kd = koefisien tekanan tanah yang bergantung pada kondisi tanah
- $\delta = 2/3 \times \phi =$ sudut gesek antara dinding tiang dan tanah
- po = tekanan vertical efektif rerata di sepanjang tiang overburden efektif untuk $z \leq Z_c$

Tabel 4. Kapasitas dukung ijin tiang pancang terhadap gaya desak

Lapisan	Kedalaman(D ₀)	Kd	Φ	δ (tiang beton)	Kd tan δ
1	0-2	1	5	3,333	0,05823
2	2-12	1	18	12	0,2126
3	12-30	1	13	8,6667	0,1524

Lapisan	As (m ²)	Po (kN/m ²)	As.Kd tanδ.Po (kN)	Fs (kN/m ²)
1	3,768	14	3,0717	0,2194
2	18,84	88	352,47	4,0054
3	33,912	148	764,8919	5,1682
Q _s			1120,4373	5,1682

- Tahanan Ujung (Qb) Tahanan Ujung dihitung menggunakan persamaan :

- Qb = A_b x P_b x N_q dengan :
- Qb = tahanan ujung tumpit (Kn)
- Pb = tekanan vertical efektif pada ujung tiang (kN/m²)
- N_q = faktor kapasitas dukung
- Ab = luas dasar tiang (m²)

Jadi :

$$Q_b = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2 \times 148 \times 1,568$$

$$= 65,5813 \text{ kN}$$

Daya dukung ijin tiang terhadap daya desak (Qa) adalah :

$$Q_a = \frac{Q_b}{SF_1} + \frac{Q_s}{SF_2} - W_{\text{tiang}}$$

Dimana :

$$W_{\text{tiang}} = \gamma \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times L$$

$$= 25 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2 \times 30$$

$$= 212,14 \text{ kN}$$

Maka

$$Q_a = \frac{65,5813}{3} + \frac{1120,4373}{1,5} - 212,14$$

$$= 556,6768 \text{ kN/tiang}$$

- d. Kapasitas dukung terhadap gaya Tarik Untuk menghitung kapasitas Tarik tiang digunakan metode *coyle* dan *castello* (1981).

$$T_a = \frac{Q_s}{5} + (0,9 \times W_{\text{tiang}})$$

$$= \frac{1120,4373}{5} + (0,9 \times 212,14)$$

$$= 415,01346 \text{ kN/tiang}$$

- e. Kapasitas dukung ijin terhadap gaya lateral Kapasitas tanah pendukung didasarkan pada rumus berikut ini:

$$M_{\text{max}} = \gamma' \times d \times L^3 \times K_p$$

$$= 14 \times 0,6 \times 30^3 \times 1,621$$

$$= 367.642,8 \text{ kNm}$$

Untuk tiang ujung jepit yang kaku keutuhan tiang akan berupa translasi beban lateral ultimit dinyatakan oleh :

$$H_u = \frac{3}{2} \times \gamma' \times d \times L^2 \times K_p$$

$$= \frac{3}{2} \times 14 \times 0,6 \times 30^2 \times 1,621$$

$$= 18382,14 \text{ kN}$$

- f. Kebutuhan tiang pancang Jumlah tiang digunakan atau dibutuhkan:

$$n = \frac{\sum V}{Q_a} = \frac{25.599}{556,6786} = 45,98524 = 45 \text{ tiang}$$

Dalam perencanaan digunakan 45 tiang dengan ketentuan

- Jarak antar tiang (S_{horizontal}) = 1 m
- Jarak antar tiang (S_{vertikal}) = 1 m
- Jarak tiang tepi poer (horizontal) = 0,75
- Jarak tiang tepi poer (vertical) = 0,5

Sehingga jumlah tiang pancang dalam arah :
Horizontal = 15
Vertikal = 3

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari perhitungan stabilitas, dinding penahan tanah menggunakan perencanaan kebutuhan tiang pancang 45 tiang, dengan jumlah *Horizontal* 15 dan *Vertical* 3
2. Tegangan ijin tanah (dengan menggunakan rumus Terzaghi) sebagai berikut :
 $Q_{all} = 55,4536 \text{ t/m}^2$
3. Dengan adanya tambahan tiang pancang pada dinding penahan tanah tipe *kantilever* membuat dinding penahan tanah tersebut menjadi stabil terhadap gaya guling, geser maupun daya dukung tanah.

5.2 Saran

1. Ketika merencanakan dinding penahan tanah, data data tanah harus lengkap dan akurat agar mendapatkan hasil yang presisi.
2. Perlu dilakukan perhitungan kembali pada kondisi tanah glanular (butiran).
3. Pada perencanaan dimensi ini perlu dibuatkan alternatif-alternatif lain sehingga nantinya dapat direncanakan dimensi yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Bowles, Joseph E. 1992. *Analisis dan Desain Pondasi*, Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- [2]. Bowles, Joseph E. 1999. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: Erlangga.
- [3]. Craig, R. F. 1994. *Mekanika Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- [4]. Das, Braja M. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 1. Jakarta : Erlangga.
- [5]. Das, Braja M. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 2. Jakarta : Erlangga.
- [6]. Hardiyatmo, Hary Christady. 2014. *Analisis dan Perancangan Pondasi 1*. Yogyakarta: Gadjadara University Press.
- [7]. Hardiyatmo, Hary Christady. 2015. *Analisis dan Perancangan Pondasi, 2*. Yogyakarta: Gadjadara University Press.
- [8]. Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. *Teknik Pondasi 1*. Yogyakarta : Gadjadara University Press.
- [9]. Sosrodarsono, Suyono dan Kazuto Nakazawa. 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta : PT. Pradya Paramita.
- [10]. L.D. Wesley. 1973. *Mekanika Tanah* terjemahan : Ir.A.M.Luthfi, Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [11]. Mario Paz. *Dinamika Struktur, Teori dan Perhitungan*, Penerbit Erlangga Jakarta, Edisi Kedua.
- [12]. Oscar, F. N., & Abdul, H. 2010. *Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall) Akibat Beban Dinamis Dengan Simulasi Numerik*. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 6(2), 41-53.
- [13]. Pedoman Penyusunan Dan Penulisan Skripsi Program Studi (S1) Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara 2021
- [14]. Wesley, Laurence D., 2012, *Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [15]. Zhohirin. Suhudi., & Kiki Frida Sulistyani. 2018. *Perencanaan Dinding Penahan Tanah Type Gravitasi di Perumahan De Salvia, Kelurahan Tanjungrejo, Kecamatan Sukun, Kota Malang*. *Eureka : Jurnal Penelitian Mahasiswa Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 2(1), 75-80.