

Artikel Penelitian (Teknik Sipil)

Analisis Perencanaan Daya Dukung Pondasi Borepile Bangunan Dinding Penahan Tanah pada Proyek Pengelolaan Irigasi Kecamatan Binjai Utara

Darlina Tanjung, Jupriah Sarifah, Ayu Sri Murti Ningrum *

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Sumatera Utara, Medan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 08 September 2024
Revisi Akhir: 13 Oktober 2024
Diterbitkan Online: 15 Oktober 2024

KATA KUNCI

Dinding Penahan Tanah
Pondasi Bore Pile
Analisa Daya Dukung Pondasi
Sondir

KORESPONDENSI (*)

Phone: +62 822-8461-5578
E-mail: ayusrimurti100@gmail.com

A B S T R A K

Pembangunan dinding penahan tanah pada sungai Bingai kota Binjai merupakan salah satu pekerjaan pengendalian banjir di kota Binjai yang dimana dapat memperlancar aliran air yang mengalir. berdasarkan fungsinya dinding penahan tanah menjadi pencegah longsor pada daerah aliran sungai karena akibat erosi yang disebabkan aliran sungai. Oleh sebab itu mengetahui jenis pondasi yang digunakan dan kapasitas daya dukung pondasi tersebut diperlukan. Pondasi bore pile menjadi pilihan yang tepat dalam pembangunan dinding penahan tanah dikarenakan faktor-faktor yang mempengaruhinya dan juga pondasi bore pile direncanakan berdasarkan fungsinya untuk menjaga daerah aliran sungai tidak longsor oleh pengaruh aliran sungai. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui daya dukung pondasi borepile terhadap dinding penahan tanah. Setelah penyelidikan tanah berdasarkan data sondir dan uji Laboratorium dihasilkan sudut geser (ϕ) = 27,99° dan berat isi beton (γ_c) = 24 KN/m³, berat isi tanah (γ_s) = 17,25 KN/m³. Berdasarkan hasil analisis di dapat menunjukkan bahwa daya dukung ijin borepile tunggal pada kedalaman 13 m, diameter 50 cm, jumlah borepile 2 adalah 3601 < 9121,15 kg, nilai tahanan ujung sondir (q_c) rata-rata sebesar 6,95 kg/cm² dan beban-beban yang bekerja pada masing-masing tiang sebesar (p) 37115,7 kg.

PENDAHULUAN

Pembangunan dalam bidang transportasi darat baik konstruksi utama maupun sarana pendukung lainnya merupakan salah satu program utama pemerintah untuk mendorong pertumbuhan ekonomi suatu wilayah. Pertumbuhan ekonomi yang disertai peningkatan jumlah penduduk, peningkatan jumlah kendaraan, peningkatan lalu lintas angkutan barang/jasa dan sebagainya, perlu diimbangi dengan penambahan dan perbaikan sarana prasarana.

Kota Binjai Kota Binjai dikenal sebagai salah satu daerah dari 33 Kabupaten / Kota di Provinsi Sumatera Utara. Kondisi lahan persungai-an di Kota Binjai membuat banyak bahu jalan dan badan jalan yang mengalami longsor. Pemerintah Kota Binjai memiliki daerah rawan longsor pada beberapa ruas jalan kec.binjai, terutama pada jalan didataran tinggi seperti di wilayah Kecamatan Binjai Utara. Geografis Binjai Utara terletak pada 3°03'40" LU dan 98°27'3" BT. Jalan tersebut melalui punggung bukit dengan jurang di tepi kiri dan kanan. Rawan longsor disebabkan tergerusnya daerah milik jalan (DMJ) oleh kikisan air sungai Bingai atau saluran drainase saat musim hujan atau curah hujan tinggi, sehingga menyebabkan erosi atau setengah dari badan jalan tersebut amblas. Terjadinya kelongsoran pada ruas jalan kabupaten ini tentu sangatlah berakibat pada kelancaran lalu lintas jalur transportasi, perekonomian masyarakat bahkan berdampak terhadap sosial dan keamanan masyarakat.

Longsoran pada umumnya terjadi jika tanah sudah tidak mampu menahan berat lapisan tanah di atasnya, karena ada penambahan beban pada permukaan lereng dan berkurangnya daya ikat antara butiran tanah (Syahwaner, et al., 2019). Kelongsoran lereng terjadi akibat peningkatan tekanan air pori pada lereng, penurunan kuat geser tanah (c), dan sudut

geser dalam (ϕ). Oleh karena itu diperlukan suatu struktur tembok penahan yang berfungsi untuk menahan tanah longsor tersebut.

Penentuan tipe pondasi yang relevan dengan beban dan kondisi lapisan tanah di bawahnya. 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. Pembangunan dinding penahan tanah di kecamatan sitoluori menggunakan pondasi utama yaitu pondasi *bored pile*. Jenis pondasi yang digunakan ini dipilih berdasarkan kondisi lapisan tanah yang ada di daerah tersebut. Pondasi *bored pile* yang digunakan untuk memikul dinding penahan tanah perlu dilakukan Analisa kapasitasnya supaya dapat diketahui apakah pondasi tersebut aman untuk digunakan.

Analisis kapasitas pondasi yang aman terhadap beban-beban yang bekerja di atasnya. Pondasi merupakan struktur bagian bawah dari konstruksi bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi sebagai pemikul beban bangunan dari atas dan akan menyalurkannya ke dalam tanah. Pondasi yang kuat adalah pondasi yang mampu menahan beban di atasnya baik beban vertical maupun horizontal dan menyalurkan beban ke dalam tanah serta mampu untuk menahan gaya-gaya yang berasal dari luar seperti angin maupun gempa bumi (Hulu, 2015).

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Dinding Penahan Tanah

Dinding 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.

Pengertian Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi menahan seluruh beban baik beban hidup ataupun beban mati yang berada di atasnya dan gaya-gaya luar. Pondasi juga berfungsi meneruskan beban menuju lapisan tanah pendukung di bawahnya. Menurut (Bowles, 1997) menyatakan bahwa pondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan ke dalam tanah atau batuan yang terletak di bawahnya.

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya.

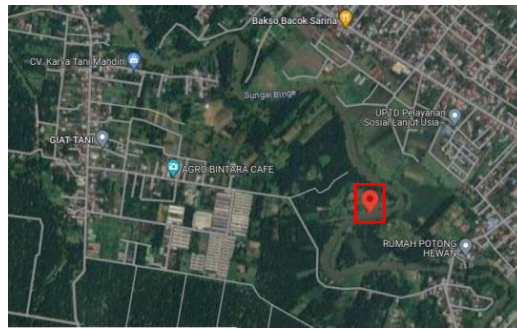
Perencanaan pondasi yang baik harus memenuhi kriteria berikut:

1. Pondasi harus cukup dalam sehingga tidak terganggu oleh perubahan musim, kerusakan oleh pembangunan di sekitarnya, atau juga kerusakan oleh aliran air permukaan tanah.
2. Pondasi harus kuat menahan patah / bearing capacity failure.
3. Penurunan pada struktur harus berada pada batas-batas yang diizinkan.

METODOLOGI

Lokasi

Lokasi Proyek Perencanaan Daya Dukung Pondasi Bored Pile Dinding Penahan Tanah Pada Pengelolaan Irigasi Wampu Besitang di Jalan Kelurahan Cengkeh Turi, Kecamatan Binjai Utara Kabupaten Langkat. Provinsi Sumatera Utara dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Pelaksanaan Proyek

Data Teknis Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Data teknis perencanaan dinding penahan tanah yang diperoleh adalah dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Panjang dinding penahan tanah = 90 m
2. Lebar dinding penahan tanah = 3,5 m
3. Tinggi dinding penahan tanah = 5,0 m
4. Diameter dinding penahan tanah = 75 cm
5. Diameter Tulangan = D16, dan D13
6. Mutu Beton = K 300 (300 Kg/cm^3) $F'_c = 24,9 \text{ Mpa}$

Metode Pengumpulan Data

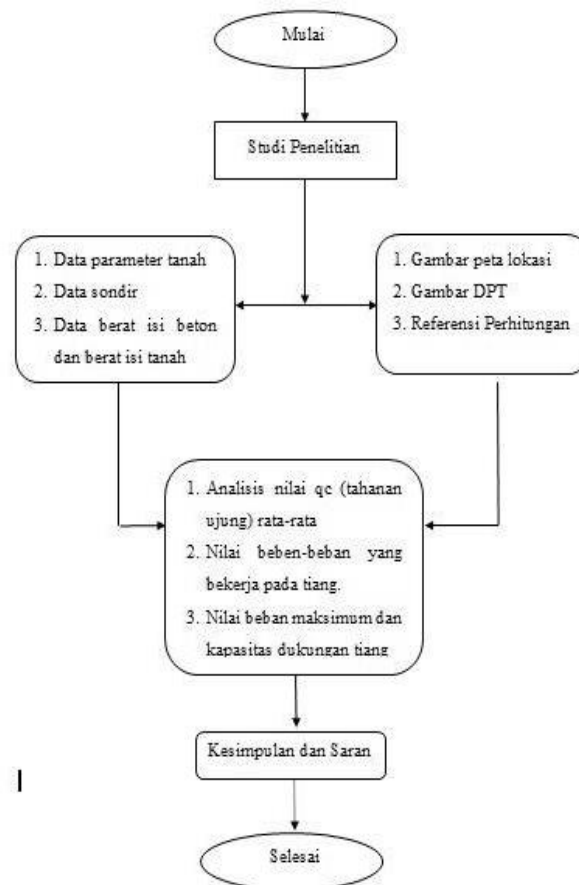
Untuk melakukan analisis kapasitas daya dukung pondasi bored pile pada perencanaan dinding penahan tanah, dilakukan pengumpulan data pada Proyek perencanaan kapasitas daya dukung pondasi pada dinding penahan tanah pada pengelolaan irigasi wampu besitang di Jalan Kelurahan Cengkeh Turi, Kecamatan Binjai Utara, Kabupaten Langkat.

Untuk menyelesaikan dan menyempurnakan penulisan skripsi ini dilakukan beberapa metode pengumpulan data antara lain:

1. Pengambilan Data
Pengambilan data diperoleh dari CV. Permata Demban Consultant selaku penanggung jawab proyek, data yang diambil meliputi:
 - a. Gambar lengkap (denah, layout rencana, potongan, detail – detail)
 - b. Data perhitungan dinding penahan tanah (*retaining wall*)
 - c. Data penyelidikan tanah yaitu data sondir.
2. Metode Analisa
Setelah data yang diperlukan secara keseluruhan maka data yang ada tersebut dikumpulkan. Kemudian dengan literature yang sudah didapatkan maka data tersebut diolah dan dianalisa dengan menggunakan data yang diperoleh dilapangan. Menggunakan formula yang ada pada landasan teori.
3. Tahap Pengolahan Data
Untuk mempermudah proyek akhir ini agar hasil yang diperoleh maksimal dengan perancangan yang matang, maka digunakan pengolahan data dengan cara pengelompokkan data sesuai dengan metode yang digunakan meliputi metode pengumpulan data, data ini selanjutnya dipakai untuk menganalisa proyek agar diperoleh hasil yang matang.

Alur Skema Diagram Penulisan

Alur skema diagram penulisan skripsi terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Diagram Penulisan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dimensi Rencana Dinding Penahan Tanah

Penampang dinding penahan tanah terlihat pada gambar 3, data tanah dan dimensi dinding penahan tanah adalah sebagai berikut:

Data Tanah:

Tanah pengisi = tanah lempung

Sudut geser (ϕ) = $27,99^\circ$

Berat isi beton (γ_c) = 24 kN/m^3

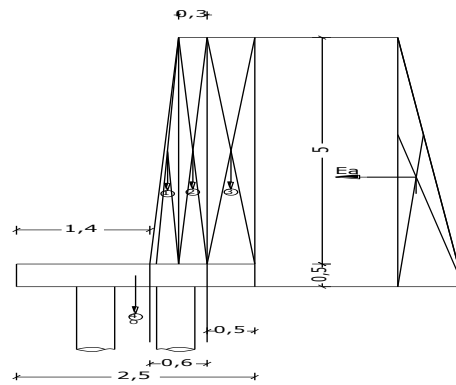
Berat isi tanah (γ_s) = $17,25 \text{ kN/m}^3$

Dimensi dinding penahan tanah:

Lebar poer = $2,5 \text{ m}$

Tinggi dinding penahan tanah = 5 m

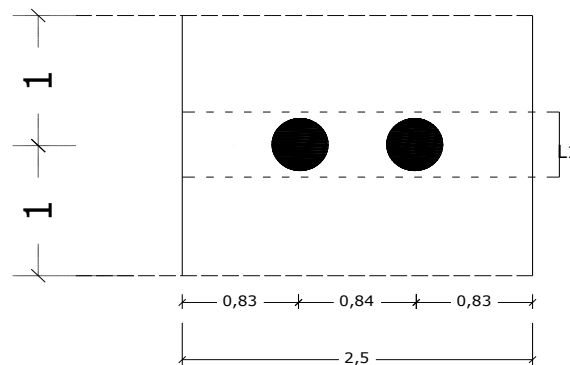
Tinggi poer = $0,5 \text{ m}$.



Gambar 3..Penampang Dinding Penahan Tanah

Analisis Rencana Dinding Penahan Tanah

Pada analisis stabilitas konstruksi dinding penahan tanah dengan pondasi *bored pile* digunakan susunan tiang seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Denah Susunan Tiang

Untuk Lebar Satuan Panjang (L_1) = 2 m

Jumlah tiang (n) = 2 tiang

Mencari pusat kelompok tiang terhadap baris 1 = X_0 maka,

Jumlah tiang . X_0 = (jumlah tiang baris 1) . 0 m + (jumlah tiang baris 2) . 0,84 m

$$\text{Didapat } X_0 \text{ (terhadap baris 1)} = \frac{1.0 + 1.0 \cdot 0.84}{2} \\ = 0.42 \text{ m, atau}$$

$$\text{Dari tepi kiri poer} = 0.42 \text{ m} + 0.83 \text{ m} \\ = 1.25 \text{ m}$$

Muka tanah mendatar K_a

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\theta}{2} \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{27.99}{2} \right) \\ = 0.361$$

H (tinggi dinding penahan tanah + poer) = 5,5 m.

Tekanan tanah aktif (E_a)

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \gamma_s \cdot K_a$$

$$E_a = \frac{1}{2} (5.5\text{m})^2 \cdot 17.25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0.361 \\ = -94.18 \text{ kN (arah kekiri)}$$

M_{E_a} (Momen terhadap pusat kelompok tiang)

$$h_a = \frac{1}{3} \cdot (\text{Tinggi tembok penahan tanah} + \text{tinggi poer})$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{3} \cdot 5,5 \text{ m} \\
 &= 1,83 \text{ m} \\
 M_{Ea} &= Ea \cdot ha \\
 &= -94,18 \text{ kN} \cdot 1,83 \text{ m} \\
 &= -172,35 \text{ kNm (arah kekiri)}
 \end{aligned}$$

Tekanan Pasif terdiri dari berat sendiri konstruksi.

Analisis beban yang bekerja pada dinding penahan tanah dan momen terhadap pusat kelompok tiang dapat di lihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Data Beban dan Momen Keseluruhan

No	Beban yang bekerja (kN)		Lengan terhadap 0 (m)		Momen Terhadap 0 (kNm)
1	1/2 . 0,3 . 5 . 24	18,00	1,4 + (2/3) . 0,3 - 1,25	0,33	5,94
2	0,3 . 5 . 24	36,00	1,4 + 0,3 + (0,3/2) - 1,25	0,60	21,60
3	0,5 . 5 . 17,25	43,13	1,4 + 0,3 + 0,3 + (0,5/2) - 1,25	1,00	43,13
4	0,5 . 2,5 . 24	30,00	(2,5/2) - 1,25	0,00	0,00
V = 127,125			Mv =		70,67

Besarnya momen yang bekerja pada kostruksi $\sum M$

$$\begin{aligned}
 \sum M &= \sum M_{Ea} + \sum M_v \\
 \sum M &= -172,35 \text{ kNm} + 70,67 \text{ kNm} \\
 \sum M &= -101,68 \text{ kNm (per 1 m bidang gambar)}
 \end{aligned}$$

Untuk analisis gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tiang, diambil lebar pondasi $L_f = 2 \text{ m}$, maka diperoleh:

$$\begin{aligned}
 V &= L_f \cdot V = 2 \cdot 127,125 = 254,25 \text{ kN} \\
 H &= L_f \cdot Ea = 2 \cdot -94,18 = 188,36 \text{ kN} \\
 \sum M &= L_f \cdot \sum M = 2 \cdot (-101,68 \text{ kNm}) = -203,36 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Dicari absis baris terhadap pusat tiang kelompok

$$\begin{aligned}
 x &= -0,42 \text{ m} \\
 \sum x^2 &= 1 (x)^2 + 1 (x)^2 \\
 &= 1 (-0,42 \text{ m})^2 + 1 (-0,42 \text{ m})^2 \\
 \sum x^2 &= 0,35 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Beban yang bekerja pada masing-masing tiang

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{V}{n} + \frac{\sum M \cdot x}{\sum x^2} \\
 &= \frac{254,25 \text{ kN}}{2} + \frac{-203,36 \text{ kNm} \cdot (-0,42 \text{ m})}{0,35 \text{ m}^2} \\
 &= 371,157 \text{ kN} \\
 &= 37115,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Analisis Rencana Kapasitas Tiang Pondasi

Dari hasil uji yang didapatkan dilapangan dilakukan analisis kapasitas terhadap tiang tunggal sebagai berikut:

Data pondasi:

Perancangan pondasi *bored pile* = diameter 50 cm

Kapasitas Ultimit *bored pile* (Q_u) = menggunakan data sondir

Rencana kedalaman pondasi *bored pile* (L) = 9,80m Berdasarkan data sondir didapatkan:

$$\begin{aligned}
 L_{qc1} &= 8 \times \text{diameter } \textit{bored pile} \\
 &= 8 \times 0,5 \text{ m} \\
 &= 4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \text{kedalaman pondasi} - L_{qc1} \\
 &= 9,80 \text{ m} - 4 \text{ m} \\
 &= 05,80 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Nilai rata-rata qc 1 dihitung dari kedalaman 5,80 m sampai kedalaman pondasi 9,80 m.

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata qc 1} &= \frac{6+8+5+7+5+8+10+6+5+8+7+10+6+8+7+5+8+6+5+7+8}{21} \\
 &= \frac{145}{21} \\
 &= 6,9 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{qc2} &= 4 \times \text{diameter bored pile} \\
 &= 4 \times 0,5 \text{ m} \\
 &= 2 \text{ m} \\
 &= \text{kedalaman bored pile} + L_{qc2} \\
 &= 09,80 \text{ m} - 2 \text{ m} \\
 &= 7,8 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Nilai rata-rata qc 2 dihitung dari kedalaman 07,80 m sampai kedalaman pondasi 09,80 m

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata qc 2} &= \frac{7+10+6+8+7+5+8+6+5+7+8}{11} \\
 &= \frac{77}{11} \\
 &= 7 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata qc keseluruhan} &= \frac{qc 1 + qc 2}{2} \\
 &= \frac{6,9 \text{ kg/cm}^2 + 7,8 \text{ kg/cm}^2}{2} \\
 &= \frac{13,9}{2} \\
 &= 6,95 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

JHP adalah nilai TSF dari data sondir = 188 kg/cm

Diameter pondasi *bored pile*

$$\begin{aligned}
 d &= 0,5 \text{ m} \\
 &= 0,5 \text{ m} \times 100 \\
 d &= 50 \text{ cm} \\
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times (d)^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (50)^2 \\
 &= 1962,5 \text{ cm}^2 \\
 &= 0,19625 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat tiang} &= A \cdot L_{\text{bore pile}} \cdot \text{berat volume beton} \\
 &= 0,1962 \text{ m}^2 \cdot 13 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 6121,44 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= \pi \times d \\
 &= 3,14 \times 50 \\
 &= 157 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat } \frac{L}{d} &> 10 \\
 \frac{L}{d} &= \frac{13}{0,5} \\
 &= 26 > 10 \text{ (Memenuhi syarat)}
 \end{aligned}$$

Maka kapasitas ultimit tiang adalah

$$Q_u = \frac{1}{3} \times q_c \times A + \frac{1}{2} \times K \times \text{JHP}$$

$$= \frac{1}{3} \times 6,95 \text{ kg/cm}^2 \times 6121,44 \text{ cm}^2 + \frac{1}{2} \times 157 \text{ cm} \times 188 \text{ kg/cm}$$

$$= 28939,33 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{net}} = Q_u - \text{berat tiang}$$

$$= 28939,33 \text{ kg} - 6121,44 \text{ kg}$$

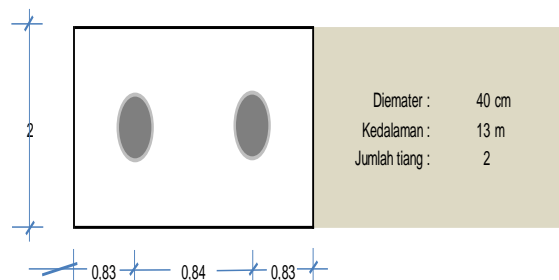
$$= 22817,89 \text{ kg}$$

$$Q_a = \frac{Q_{\text{net}}}{2,5}$$

$$= \frac{22817,89}{2,5}$$

$$= 9127,15 \text{ kg}$$

Kontrol akibat beban maksimum



$$\text{Lebar poer} = 0,83 + 0,84 + 0,83$$

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

$$\text{Panjang poer} = 2 \text{ m}$$

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

$$P_{\text{poer}} = \text{tinggi} \times \text{lebar} \times \text{panjang} \times \gamma_c$$

$$= 0,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 400 \text{ kg/m}^3$$

$$= 6000 \text{ kg}$$

$$P_{\text{total}} = V + P_{\text{poer}}$$

$$= 25425 \text{ kg} + 6000 \text{ kg}$$

$$= 31425 \text{ kg}$$

My diambil dari data $\sum M$ tembok penahan tanah

$$M_y = -20336 \text{ kgm}$$

Jumlah tiang minimum

$$n = \frac{V}{Q_a}$$

$$= \frac{25425 \text{ kg}}{9127,15 \text{ kg}}$$

$$= 2,78 \text{ tiang}$$

$$n_{\text{rencana}} = 2 \text{ tiang}$$

x (letak pusat kelompok tiang) dari data Tembok penahan tanah = -0,42 m

$$\sum x^2 = 4 \times \left(\frac{0,84}{2}\right)^2$$

$$= 0,706 \text{ m}$$

$$P_{\text{max}} = \frac{P_{\text{total}}}{n} + \frac{M_y \cdot x}{\sum x^2}$$

$$= \frac{31425 \text{ kg}}{2} + \frac{-20347,2 \text{ kgm} \cdot -0,42 \text{ m}}{0,706 \text{ m}}$$

$$P_{\text{max}} = 3,601 \text{ kg}$$

$$P_a = \text{Nilai } Q_a = 9127,15 \text{ kg}, \text{ Jadi}$$

$$P_{\text{max}} < P_a$$

$$3601 \text{ kg} < 9121,15 \text{ kg} \text{ (memenuhi).}$$

Tahap Olah Data Yang Bekerja pada Perencanaan Dinding Penahan Tanah

1. Dimensi Data-Data Dinding Penahan Tanah Yaitu :
 - a. Tinggi (H) = 5,5 m
 - b. Tebal plat (Tp) = 0,5 m
 - c. Tebal dinding (Td) = 0,6 m
 - d. Lebar plat belakang (Lpb) = 0,5 m
 - e. Plat depan = 1,4 m
 - f. Beban merata = 15 kN/m²
 - g. Daya dukung tanah (Q_{ult}) = 700 kN/m³
 - h. $\gamma_s = 17,25$ kN/m³
 - i. $\gamma_c = 24$ kN/m³
 - j. Sudut geser tanah (ϕ) = 27,99°
 - k. Kemiringan tanah di belakang tembok (β) = 10°
 - l. Koefisien geser = 0,8
 - m. Untuk dinding penahan tanah kantilever (α) alpa = 0 karena titik A dibelakang dari plat, dan (δ) delta = 10° koefisien gesek antara bagian konstruksi dengan tekanan tanah belakang berhimpit sama-sama dengan tanah. Maka dari itu (α) = 0°, (δ) = 10°, (β) = 10°, (ϕ) = 30°.

2. Mencari koefisien tanah aktif.

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

- a. $A = \cos^2(\phi + \alpha)$
 $A = \cos^2(27,99^\circ + 0) = 0.959$
- b. $B = \sin(\phi + \delta) \times \sin(\phi - \beta)$
 $B = \sin(27,99^\circ + 10^\circ) \times \sin(30^\circ - 10^\circ) = 0.210$
- c. $C = \cos(\delta - \alpha) \times \cos(\alpha + \beta)$
 $C = \cos(10^\circ - 0) \times \cos(0^\circ + 10^\circ) = 0.970$
- d. $D = \cos^2 \alpha \times \left(1 + \left(\frac{B}{C} \right) \right)^2$
 $D = \cos^2 0 \times \left(1 + \left(\frac{0,210}{0,970} \right) \right)^2 = 2,175$
- e. $K_a = \frac{A}{D} = 0,344$

$$K_a = \frac{\cos^2(30+0)}{\cos^2 \left[1 + \frac{\sin(30+10) \sin(30-10)}{\cos(10-0) \cos(0+10)} \right]^2} = 0,440$$

3. Mencari gaya-gaya yang bekerja dalam bentuk diagram tanah.

Diagram tekanan tanah akibat beban $Q = 15 \text{ kN/m}^2$ yaitu bentuk diagram segi empat, sedangkan tekanan tanah setinggi dari titik A ke alas plat diagram adalah segi tiga, karena dari atas 0 lalu terus makin ke bawah makin besar akibat tegangan geosef nya. Selanjutnya (h) yaitu dari titik A ke alas plat lebih besar dari tinggi tembok sendiri dengan sudut (β) 10°.

- a. Mencari gaya horizontal
 - h (tinggi dari tembok)
 $h = 5,5 + 2 \tan 10^\circ = 5,852 \text{ m}$
 - h_1 (lengan dari gaya pa)
 $h_1 = \frac{1}{3} \times h$
 $h_1 = \frac{1}{3} \times 5,852 = 1,950 \text{ m}$
 - h_2 (lengan dari gaya pq)
 $h_2 = \frac{1}{2} \times h$
 $h_2 = \frac{1}{2} \times 5,852 = 2,926 \text{ m}$
 - komponen gaya pq
 $pq = Q \times K_a$
 $pq = 15 \times 0,440 = 6,6 \text{ kN/m}^2$

- Komponen gaya akibat tekanan tanah aktif (p_a)
 $p_a = \gamma_s \times h \times K_a h$
 $p_a = 17,25 \times 5,852 \times 0,440 = 44,41 \text{ KN/m}^2$
- Akibat dari beban q (PQ)
 $p_q = p_q \times h$
 $p_q = 6,6 \times 5,852 = 38,62 \text{ KN}$
- Akibat tekanan tanah setinggi h (PA)
 $p_a = \frac{1}{2} \times p_a \times h$
 $p_a = \frac{1}{2} \times 44,41 \times 5,852 = 129,94 \text{ KN}$

Tiga dari diagram tekanan tanah telah di dapat kan yaitu:

- a. Akibat beban = 38,62 KN
- b. Akibat tekanan tanah setinggi h = 129,94 KN
 - Total gaya horizontal (ΣH)
 $\Sigma H = P_Q + P_A$
 $\Sigma H = 38,62 + 129,94 = 168,56 \text{ KN}$
 - Gaya yang di dapat dari hasil tekanan horizontal (PV)
 $PV = \Sigma H \tan 10^\circ = 70,85 \text{ KN}$

Maka telah didapat semua gaya akibat dari tekanan tanah, kemudian lanjut mencari gaya yang menahan tekanan tanah yaitu berat dari tembok tersebut, sebagai konstruksi kantilever berat dari tembok dihitung, ditambah berat tanah yang dibelakang serta beban yang di atas. Karena membatasi antara konstruksi sebelah kiri dan tekanan tanah sebelah kanan, untuk mendapatkan berapa berat seluruh dinding ini.

- b. Mencari gaya vertikal.
 - Berat plat (V_1)
 $V_1 = T_p \times (P_d + T_d + L_{pb}) \times \gamma_c$
 $V_1 = 0,5 \times (1,4 + 0,6 + 0,5) \times 24 = 30 \text{ KN}$
 - Berat dinding (V_2)
 $V_2 = T_p \times (h - T_p) \times \gamma_c$
 $V_2 = 0,5 \times (5,5 - 0,5) \times 24 = 60 \text{ KN}$
 - Berat tanah di belakang tembok di atas plat yang di belakang (V_3)
 $V_3 = L_{pd} \times (h - T_p) \times \gamma_s$
 $V_3 = 0,5 \times (5,5 - 0,5) \times 17,25 = 43,12 \text{ KN}$
 - Berat tanah segitiga di bawah beban (V_4)
 $V_4 = \frac{1}{3} L_{pd} \times (\text{tinggi } h - \text{tinggi tembok penahan}) \times \gamma_m$
 $V_4 = \frac{1}{3} \times 0,5 \times (5,852 - 5,5) \times 17,25 = 1,01 \text{ KN}$
 - Berat beban merata. (V_5)
 $V_5 = Q \times L_{pd}$
 $V_5 = 15 \times 2 = 30 \text{ KN}$
 - $PV = 70,85 \text{ KN}$
 - Jumlah gaya vertikal (Σv)
 $\Sigma V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + PV$
 $\Sigma V = 30 + 60 + 43,12 + 1,01 + 30 + 70,85 = 234,98 \text{ KN}$

Maka di dapat jumlah gaya vertikal = 234,98 KN

- c. Mencari Momen yang Menggulingkan
 - Lengan momen gaya V_1 D1
 $D_1 = \frac{1}{3} \times (P_d + T_p + L_{pd})$
 $D_1 = \frac{1}{3} \times (1,4 + 0,5 + 0,5) = 0,8 \text{ m}$
 - Lengan momen gaya V_2 D2
 $D_2 = (P_d + \frac{1}{2} \times T_p)$

- $D2 = (1,4 + \frac{1}{2} \times 0,5) = 1,65 \text{ m}$
- Lengan momen gaya V3 D3 = D5
 $D3 = D5 = (Pd + Tp + \frac{1}{2} \times Lpd)$
 $D3 = D5 = (1,4 + 0,5 + \frac{1}{2} \times 0,5) = 2,15 \text{ m}$
 - Lengan momen gaya V4 D4
 $D4 = (Pd + Tp + \frac{2}{3} \times Lpd)$
 $D4 = (1,4 + 0,5 + \frac{2}{3} \times 0,5) = 2,23 \text{ m}$
 - Lengan momen gaya PV PDV
 $DPV = Pd + Tp + Lpd$
 $DPV = 1,4 + 0,5 + 0,5 = 2,4 \text{ m}$
- d. Mencari momen yang menahan
- $Mt 1 = V1 \times D1$
 $Mt 1 = 30 \times 0,8 = 24 \text{ KNm}$
 - $Mt 2 = V2 \times D2$
 $Mt 2 = 60 \times 1,65 = 99 \text{ KNm}$
 - $Mt 3 = V3 \times D3$
 $Mt 3 = 43,12 \times 2,15 = 92,70 \text{ KNm}$
 - $Mt 4 = V4 \times D4$
 $Mt 4 = 1,01 \times 2,23 = 2,25 \text{ KNm}$
 - $Mt 5 = V5 \times D5$
 $Mt 5 = 30 \times 2,4 = 72 \text{ KNm}$
 - $MtPV = PV \times DPV$
 $MtPV = 12,503 \times 2,5 = 31,25 \text{ KNm}$
- e. Mencari total momen tahan (Mt)
 $\Sigma Mt = Mt 1 + Mt 2 + Mt 3 + Mt 4 + Mt 5 + MtPV$
 $\Sigma Mt = 24 + 99 + 92,70 + 2,25 + 72 + 31,25 = 321,2 \text{ KNm}$
- f. Mencari total momen yang menggulingkan (Mg).
 $\Sigma Mg = PQ \times h2 + PA \times h1$
 $\Sigma Mg = 38,62 \times 2,926 + 129,24 \times 1,950 = 365,02 \text{ KNm}$
- g. Mencari faktor keamanan geser
- $$Fk \text{ geser} = \frac{\Sigma v \times Koef \text{ Ges}}{\Sigma H} = \frac{234,98 \times 0,8}{168,56} = 1,11 > 1,5 \text{ tidak aman OK}$$
- h. Mencari faktor keamanan guling
- $$Fk \text{ guling} = \frac{\Sigma Mt}{\Sigma Mg} = \frac{321,2}{365,02} = 0,87 > 2 \text{ tidak aman OK}$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis didapatkan di simpulkan sebagai berikut: Nilai q_c rata – rata keseluruhan adalah 6,95kg/cm², didapatkan dari nilai qc_1 dan qc_2 , untuk hasil kapasitas ultimate tiang (Q_u). Beban – beban yang bekerja pada masing-masing tiang adalah 37115,7 kg, didapatkan untuk mencari nilai beban maksimum (P_{max}). Kapasitas tiang tunggal pondasi bored pile memenuhi, karna $P_{max} < P_a = 3601 \text{ kg} < 9121,15 \text{ kg}$, pondasi dapat memikul beban maksimum sehingga struktur dapat dikatakan kuat (aman).

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam menganalisa kapasitas pondasi bored pile dengan beban tembok penahan tanah yaitu: Data tanah yang dipergunakan sangat berpengaruh pada hasil yang diperoleh. Oleh karena itu disarankan menggunakan data tanah yang lengkap dan teliti. Selain itu untuk kepentingan hasil perhitungan yang benar perlu adanya data laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bowles, J. E., 1997. Analisis dan Desain Pondasi. Jakarta: Erlangga.
- [2] Syahwaner, Y., Yusa, . M. & Satibi, . S., 2019. Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Tiang Menggunakan Metode Elemen Hingga (Studi Kasus Jakan Diponegoro KM. 2 Pasir Pengaraian). Jurnal APTEK, pp. 49-58 Vol. 11 No.1.
- [3] Bowles, J. E., 1984. Analisa Dan Disain Pondasi Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- [4] Dharmayasa, I. G. N. P. & Eratodi, . I. G. L., 2016. Analisis Dinding Penahan Tanah dengan Pondasi Tiang Bor (Studi Kasus Tower PLN SUTT 150KV NO. 71 di Jalan Gatot Subroto Barat Denpasar)). Dinamika Rekayasa, pp. 71-78.
- [5] Hardiyatmo, H. C., 2010. Analisa dan Perancangan Fondasi I, Edisi kedua,. Yogyakarta: Gadjah Mada University..
- [6] Hardiyatmo, H. C., 2011. Analisis dan Perencanaan Fondasi II. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [7] Hardiyatmo, H. C., 2012. Tanah Longsor & Erosi Kejadian dan Penanganan. Yogyakarta: Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- [8] Hardiyatmo, H. C., 2015. Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press,.
- [9] Hulu, H. B., 2015. Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Dengan Menggunakan Metode Analitis (Studi Kasus Proyek Manhattan Mall Dan Condominium). Jurnal Teknik Sipil Usu Vol. 4 NO. 1.
- [10] Pamungkas, A. & Harianti, E., 2013. Desain Pondasi Tahan Gempa. Yogyakarta: s.n.
- [11] S. 8., 2017. Persyaratan Perancangan Geoteknik. s.l.:s.n.
- [12] Pedoman Penyusunan Dan Penulisan Skripsi Program Studi (S1) Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara 2021
- [13] Siregar, A. N. D., Yunus, Y. & Abdullah, F., 2019. Analisis Stabilitas Pondasi Bored pile Sebagai Retaining Wall Pada Underpass Beurawe Banda Aceh. Jurnal Sipil Sains Terapan, p. 01.
- [14] Waruwu, A., Hardiyatmo, H. C. & Rifa'i, A., 2019. The Performance of the Nailed Slab System-Supported Embankment on Peat Soil. International Review of Civil Engineering (I.RE.C.E.), 10(5), pp. 243-248.