

PENGARUH NEGATIVE SKIN FRICTION TERHADAP GRUP TIANG PANCANG

(Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Farmasi UNWAHAS
Semarang)

¹Abdul Rochim, ²Selvia Agustina,
³Muhammad Fairuz Ardhan*, ⁴Ryad Rahmadi

^{1,2,3,4}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

*Corresponding Author:
fairuzardhan10@gmail.com

Abstrak

Keamanan konstruksi bangunan Gedung sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah dasar dan fondasinya. Negative Skin friction perlu dipertimbangkan dalam perencanaan apabila memenuhi salah satu syarat antara lain ketebalan dari lapisan lunak yang kompresibel lebih dari 10 m. Pada data tanah lunak pada kasus ini mencapai 15 m. Untuk itu tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh negative skin friction terhadap grup tiang pancang pada gedung farmasi UNWAHAS Semarang.

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data sekunder yaitu data penyelidikan tanah dan data perhitungan struktur dengan aplikasi SAP2000 gedung farmasi UNWAHAS. Kemudian kedua data dianalisis menggunakan metode Meyerhoff dan metode Vesic. Serta menghitung negative skin friction (Q_{neg}) untuk mengetahui beban gaya gesek dinding negatif tersebut berpengaruh terhadap tiang pancang masih dalam batas aman

Hasil analisa perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang pada kedalaman 15 meter menggunakan metode Meyerhoff diperoleh Q_{ult} 235,02 Ton serta Q_{all} 94,01 Ton, sedangkan hasil analisa perhitungan daya dukung tiang pancang grup diperoleh $Q_{all} = 429,25$ Ton lebih besar dari gaya aksial fondasi tiang pancang sebesar 199,37 Ton. Untuk hasil perhitungan penurunan fondasi tiang pancang bergrup pada tipe PC 06 dengan metode Vesic diperoleh hasil 63,56 mm. Hasil analisa penelitian pada sebuah sistem tiang pancang grup pada pembangunan Gedung Farmasi UNWAHAS, didapat negative skin friction (Q_{neg}) yang bekerja sebesar 187,083 kN dengan hasil tersebut maka dinyatakan aman.

Kata Kunci: *Tiang pancang, Penurunan, Negative skin friction*

Abstract

Building construction safety is significantly impacted by stable subgrade conditions and foundations. The pile foundation is a component of the lower building's construction, which functions to transmit load from the upper structure to the layer of soil underneath. Negative skin friction is a friction between the pile surface and the ground as it descends. The purpose of this study was to analyze the effect of negative skin friction on the pile group at the UNWAHAS Semarang pharmacy building.

This research began with the collection of secondary data, soil investigation data and structural calculation data obtained from the SAP2000 application of the UNWAHAS pharmacy building. Then the two data were analyzed using the Meyerhoff method and the Vesic method. As well as calculating the negative skin friction (Q_{neg}) to find out the negative wall friction load that affects the pile is still within safe limits

The results of the analysis of the calculation of the bearing capacity of the pile foundation at a depth of 15 meters using the Meyerhoff method obtained Q_{ult} 235.02 Tons and Q_{all} 94.01 Tons, while the results of the analysis of the calculation of the bearing capacity of group piles obtained $Q_{all} = 429.25$ Tons greater than the axial force of the foundation pile of 199.37 tons. For the results of calculating the settlement of group pile foundations on type PC 06 with the Vesic method, the result is 63.56 mm. The results of the research analysis on a group pile system in the construction of the UNWAHAS Pharmacy Building, obtained negative skin friction (Q_{neg}) that worked at 187.083 kN with these results declared safe.

Keywords: *Pile, Seduction, Negative skin friction*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Fondasi merupakan salah satu komponen konstruksi yang berkaitan langsung dengan tanah. Fondasi adalah struktur bawah yang memikul beban struktur atas. Saat momen tertentu, yakni saat keadaan tanah gembur separuh atau seluruhnya tanah pada area selimut tiang beranjak ke dalam secara relative kepada tiang, yaitu tiang pasif sedangkan tanah bergeser ke bawah. Akibatnya menimbulkan gaya baru yang disebut *Negative Skin Friction*, *Negative Skin Friction* sendiri adalah gaya gesek yang bekerja ke bawah yang disebabkan oleh kotoran pada dinding tiang pancang.

Kapabilitas daya dukung tiang pancang grup tanpa dipengaruhi gaya gesek dinding negatif lebih besar dibandingkan dengan adanya pengaruh gaya gesek negatif (Fauziyah, 2020). Gedung fakultas farmasi UNWAHAS sebagai bahan studi penulisan ini terdiri dari tanah lempung sampai kedalaman 15m, seperti saat keadaan tanah lempung memungkinkan terjadinya gaya gesek dinding negatif, maka diperlukan adanya perhitungan tambahan terkait *Negative Skin Friction* ini.

Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah dari studi ini:

1. Berapa besar kapasitas dukung aksial dan kemerosotan tanah pada Fondasi tiang pancang pada proyek Gedung Fakultas Farmasi UNWAHAS menggunakan perhitungan manual?
2. Berapa besarnya gaya gesek kemul negatif (Q_{neg} / negative skin friction) yang terjadi pada tiang pancang ?
3. Ketika ada gesekan permukaan negatif, berapa gaya yang diperlukan untuk tahanan fondasi tiang pancang (Q_{neg} / negative skin friction)?

Tujuan

Berikut merupakan rumusan masalah dari studi ini:

1. Mengetahui kapabilitas daya dukung (aksial dan lateral) dan penurunan tanah pada Fondasi dalam proyek pembangunan Gedung Fakultas Farmasi UNWAHAS menggunakan menggunakan perhitungan manual dan software.
2. Mengetahui besarnya gaya gesek permukaan negatif (Q_{neg} / negative skin friction) yang terjadi pada tiang pancang.
3. Mengetahui kekuatan atau keadaan tiang pancang sesudah terjadinya gaya gesekan permukaan negatif (Q_{neg} / negatif skin friction).

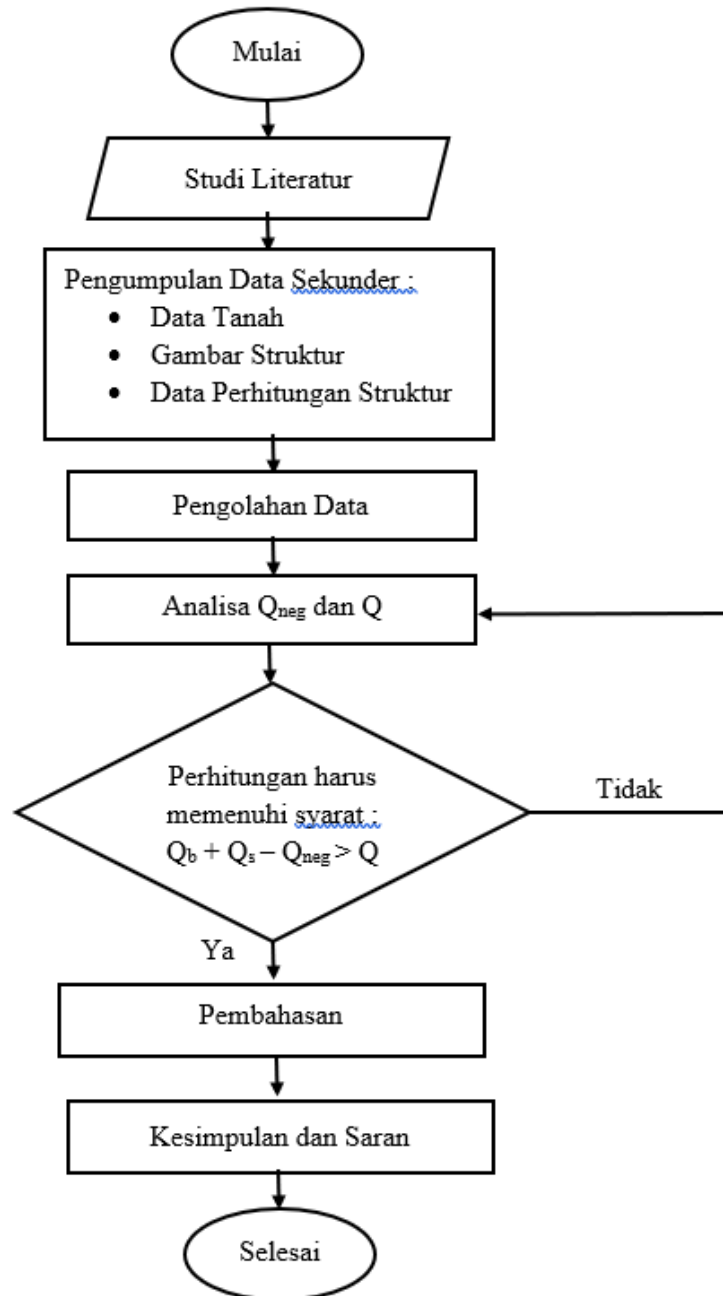
Batasan Masalah

Berikut adalah beberapa masalah yang telah diidentifikasi dengan tugas akhir ini

1. Pembebanan pada bagian atas konstruksi didapatkan dari lokasi penelitian dengan dengan data sekunder.
2. Studi perencanaan hanya membahas substruktur Gedung Farmasi UNWAHAS
3. Melakukan perhitungan beban struktur atas untuk menganalisa beban yang ditumpu oleh pondasi menggunakan SAP 2000 V.20
4. Tidak menganalisa perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya).

2. METODE

Data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini mencakup data sekunder berupa data gambar rencana, dokumen perencanaan dan data *Standart Penetration Test* (SPT) tanah. Studi ini dilakukan dengan tahapan-tahapan yang ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Beban Seismik

Berdasarkan data *Standard Penetration Test* (SPT) kita mencari perhitungan dan analisis daya dukung tiang pancang.

Daya Dukung Aksial Fondasi Metode *Mayerhoff*

Pada perencanaan proyek ini direncanakan menggunakan fondasi tiang pancang dengan dimensi 25x25 cm. besarnya data dukung kapabilitas tiang pancang dicari menggunakan data N-SPT. Adapun data tiang pancang seperti berikut :

Data fondasi tiang pancang :

Dimensi (S) = 0,25 m x 0,25 m

Keliling tiang pancang (P) = 4 x S = 1 m

Luas tiang pancang (Ap) = S x S = 0,0625 m²

Untuk lempengan tanah dengan kedalaman 2 m, perhitungan kapabilitas daya dukung ultimit pada ujung tiang pancang kohesif sebagai berikut:

$$Q_p = 9 \times c_u \times A_p$$

Dimana :

QP = Daya dukung ujung tiang pancang (kN/m²)

cu = Cohesi undrained (kN/m²)

$$= (N - SPT \times \frac{2}{3} \times 10)$$

Ap = Luas Permukaan Tiang Pancang (m²)

❖ Perhitungan Cu

$$c_u = (7 \times \frac{2}{3} \times 10) = 46,67 \text{ kN/ m}^2$$

❖ Daya dukung ultimit (Qp)

$$\begin{aligned} Q_p &= 9 \times c_u \times A_p \\ &= 9 \times 46,67 \times 0,0625 \\ &= 26,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

❖ Untuk tahanan geser kemul tiangi pada tanah kohesif (Qs)

$$Q_s = \alpha \times c_u \times p \times L_i$$

Dimana :

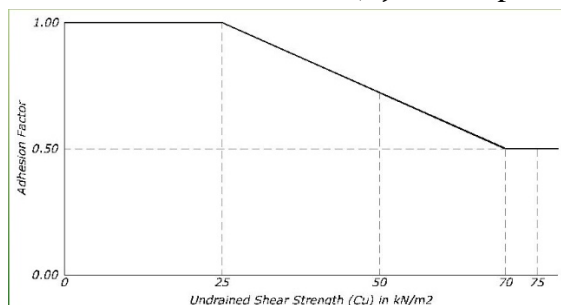
cu = Cohesi undrained (kN/ m²)

$$= (N - SPT \times \frac{2}{3} \times 10)$$

α = faktor adhesi

Li = Tebal lempengan tanah, pengujian SPT dilaksanakan setiap interval kedalaman sampling (m)

Menentukan faktor adhesi (α) terhadap Kuat geser (cu) dapat dilihat pada Gambar



❖ Daya dukung kemul tiang pancang

$$\begin{aligned} Q_s &= \alpha \times c_u \times p \times L_i \\ &= 0,759 \times 46.667 \times 1 \times 2,5 \\ &= 88,58 \text{ kN} \end{aligned}$$

❖ Kapasitas beban ultimit tiang pancang pada tanah kohesif (Qult)

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\ &= 26,250 + 88,58 \\ &= 114,8 \text{ kN} \\ &= 11,48 \text{ ton} \end{aligned}$$

❖ Daya dukung tiang yang diijinkan pada tanah kohesif (Qijin)

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= Q_{ult} / SF \\ \text{Nilai faktor keamanan (SF)} &= 2,5 \\ &= 11,48 / 2,5 \\ &= 4,59 \text{ ton} \end{aligned}$$

Untuk lempengan tanah dikedalaman antara 7,5-10 m, perhitungan kapabilitas daya dukung ultimit ujung tiang pancang non kohesif adalah sebagai berikut :

Tanah Non Kohesif

$$Q_p = 40 \times N - Spt \times \frac{L_i}{D} \times Ap \leq 400 \times N - Spt \times Ap$$

Dimana :

$$Q_p = \text{Daya dukung ujung tiang (kN/ m}^2\text{)}$$

$$A_p = \text{Luas Permukaan Tiang Pancang (m}^2\text{)}$$

L_i = Tebal lempengan tanah, pengujian SPT dilakukan setiap interval kedalaman sampling (m)

❖ Daya dukung ujung tiang pancang pada tanah non kohesif / granular (Q_p)

$$\begin{aligned} Q_p &= 40 \times N - Spt \times \frac{L_i}{D} \times Ap \leq 400 \times N - Spt \times Ap \\ &= 40 \times 18 \times \frac{2,5}{0,25} \times 0,0625 \leq 400 \times 18 \times 0,0625 \\ &= 450 \leq 450 \text{ kN} \end{aligned}$$

Untuk tahanan geser kemul tiangi pada tanah kohesif

(Q_s)

$$Q_s = 2 \times N - SPT \times p \times L_i$$

Dimana :

$$Q_s = \text{Daya dukung kemul tiang untuk tanah non kohesif (} Q_s \text{)}$$

$$P = \text{Keliling Tiang (m)}$$

L_i = Tebal lempengan tanah, pengujian metode SPT dilaksanakan setiap interval kedalaman sampling (m)

❖ Daya dukung kemul tiang pancang

$$\begin{aligned} Q_s &= 2 \times N - SPT \times p \times L_i \\ &= 2 \times 18 \times 1 \times 2,5 \end{aligned}$$

= 90,00 kN

Hasil Perhitungan setiap lempengan tanahdengan metode mayerhoff dapat diperhatikan pada Tabel

Kedalaman (m)	Tebal lempengan	Deskripsi		N-SPT	Cu	α	Skin friction		End Bearing (kN)	Qult (ton)	Qijin (ton)
		Jenis tanah	Kohesif/ Non-kohesif				Local (kN)	Cumm (kN)			
0-2.5	2.5	Lempung Berlanau	Kohesif	7	46.67	0.759	88.58	88.58	26.25	11.48	4.59
2.5-5	2.5			12	80.00	0.5	100.00	188.58	45.00	23.36	9.34
5-7.5	2.5			14	93.33	0.5	116.67	305.25	52.50	35.77	14.31
7.5-10	2.5	Pasir Berlanau	Non Kohesif	18			90.00	395.25	450.00	84.52	33.81
10-12.5	2.5			33			165.00	560.25	825.00	138.52	55.41
12.5-15	2.5			39			195.00	755.25	975.00	173.02	69.21
15-17.5	2.5			43			215.00	970.25	1075.00	204.52	81.81
17.5-20	2.5	Batu Berlempung	Non Kohesif	46			230.00	1200.25	1150.00	235.02	94.01

Perhitungan Penurunan Tiang Pancang Tunggal (single pile)

Menurut metode Vesic (1977), kemerosotan elastis tiang pancang tunggal dapat diperkirakan dengan rumus :

L = 20 m

Dimensi = 0,25 mm

Fc' = 25 MPa

Ap = 0.0625 m

Qwp = 1150.00 kN

Qws = 230.00 kN

❖ Penurunan tiang tunggal (single pile)

Untuk mencari hasil penurunan elastik tiang total digunakan persamaan

Se = Se1 + Se2 + Se3

❖ Menentukan modulus elastisitas dari bahani tiang :

Ep = 4700 √fc

= 4700 √25

= 2350,00 MPa

= 23500000 kN/m2

❖ Untuk nilai penurunan Se(1)

Untuk nilai factor empiric E = 0,67

$$Se1 = \frac{(Qwp + E \times Qws) \times L}{Ap \times Ep}$$

$$= \frac{(1150.00 + 0,67 \times 230.00) \times 20}{0.0625 \times 23500000}$$

$$= 0,01776 \text{ m}$$

$$= 17,76 \text{ mm}$$

❖ Untuk nilai $Se(2)$

Diambil dari Das, 1995 Nilai Koefisien Empiris (cp)

$$Cp = 0,03$$

$$qp = \frac{1150,00}{0,0625} = 18400 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} Se2 &= \frac{150,00 \times 0,3}{25 \times 18400} \\ &= \frac{1150 \times 0,03}{0,25 \times 18400} \\ &= 0,004688 \text{ m} \\ &= 4,6875 \text{ mm} \end{aligned}$$

❖ Analisis nilai penurunan $Se(3)$

$$Se3 = \frac{Qwp \ Cs}{L \ qp}$$

$$\begin{aligned} Cs &= \left(0,93 + 0,16 \sqrt{\frac{20}{0,4}} \right) 0,03 \\ &= 0,0618 \end{aligned}$$

Maka

$$Se3 = \frac{Qws \ Cs}{L \ qp}$$

$$\begin{aligned} Se3 &= \frac{230 \times 0,0618}{20 \times 18400} \\ &= 0,00002576 \text{ m} \\ &= 0,026 \text{ mm} \end{aligned}$$

❖ Total penurunan elastis yang terjadi pada tiang yaitu :

$$\begin{aligned} Se &= Se(1) + Se(2) + Se(3) \\ &= 17,76 + 4,6875 + 0,026 \\ &= 22,471 \text{ mm} \end{aligned}$$

❖ Menurut metode Terzaghi (1969), penurunan yang diperbolehkan

$$\begin{aligned} Sijin &= 10\% \times \text{Dimensi} \\ &= 0,1 \times 250 = 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, penurunan tiang tunggal total lebih kecil dari syarat yang diijinkan yaitu $22,471 < 25 \text{ mm}$, dengan hasil tersebut maka syarat terpenuhi.

Perhitungan Penurunan Tiang Grup (*pile group*)

Metode Vesic dapat digunakan untuk perhitungan penurunan tiang kelompok, dengan rumus sebagai berikut :

$$Se = 22,471 \text{ mm} = \mathbf{0,02247 \text{ m}}$$

$$D = 0,25 \text{ m}$$

$$Bg = 2 \text{ m}$$

❖ Maka kemerosotan grup tiang dapat diketahui menggunakan

$$S_g = S_e \sqrt{\frac{B_g}{D}}$$

Dimana :

S_g = Penurunan grup tiang (m)

S_e = Penurunan fondasi tiang tunggal (m)

B_g = Lebar grup tiang (m)

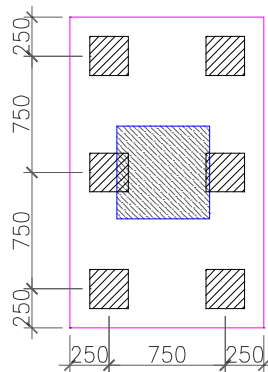
D = Dimensi

$$S_g = 0,02247 \sqrt{\frac{2,00}{0,25}}$$

$$S_g = 0.06356 \text{ m}$$

$$S_g = 63,56 \text{ mm}$$

Menghitung Efisiensi Tiang Pancang Grup



Nilai pengali pada kapabilitas daya dukung ultimit tiang tunggal dengan menilik pengaruh grup tiang disebut efisiensi tiang. Adapun data tiang grup:

$$M = 3$$

$$n = 2$$

$$S = 750 \text{ mm}$$

$$D = 250 \text{ mm}$$

❖ Metode Converse-Labarre

efisiensi grup tiang pancang :

$$E_g = 1 - \Theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n}$$

Dimana :

E_g = Efisiensi Grup Tiang

m = Jumlah tiang dalam satu baris

n = Jumlah baris tiang

Θ = Arc tan $(0,25/0,75) = 18,435$

$$E_g = 1 - (18,435) \frac{(2-1)3 + (3-1)2}{90 \times 3 \times 2}$$

$$= 0,761$$

❖ Metode Los Angeles

Mengacu pada persamaan (2.20) maka efisiensi grup tiang adalah :

$$Eg = 1 - \frac{d}{\pi \cdot s \cdot m \cdot n} [m(n - 1) + n(m - 1) + \sqrt{2(n - 1)(m - 1)}]$$

Dimana :

S = Jarak antar tiang (mm) (as ke as)

$$\begin{aligned} Eg &= 1 - \frac{0,25}{\pi \times 0,75 \times 3 \times 2} [3(2 - 1) + 2(3 - 1) + \sqrt{2(2 - 1)(3 - 1)}] \\ &= 1 - 0,159 \\ &= 0,841 \end{aligned}$$

Berlandaskan kedua efisiensi grup tiang tersebut, kita mengambil nilai paling kecil, yaitu hasil dari metode Converse-Labarre dengan $Eg = 0,761$. Dari data hasil perhitungan, didapati Qall dengan hasil yaitu = 94,01 ton

Maka daya dukung ultimate tiang tekan hidrolik grup yaitu :

Qg = Eg x n x QAll

Qg = 0,761 x 6 x 94,01

= 429,25 Ton > Gaya Aksial Fondasi 199,37 Ton

Daya Dukung Berlandaskan Bahan

Tiang pancang berupa beton bertulang dengan dimensi 25x25 serta mutu beton $f'c=25$ Mpa (kedalaman D = 20 m)

P1 tiang = $A \times f_c - W$

Dimana :

A = Luas permukaan tiang pancang

Fc = Mutu Beton

W = Keliling tiang pancang

❖ Daya dukung tiang

Ap = S x S

$$= 0,25 + 0,25$$

$$= 0,0625 \text{ m}^2$$

F'c = 2500

$$= 7,5 \text{ Mpa}$$

P1Tiang = A x fc - W

$$= 0,0625 \times 7500 - 0,0625 \times 20 \times 24$$

$$= 438,75 \text{ kN}$$

Dari perhitungan diatas didapat P1 Tiang 438,75 kN

Daya Dukung Berlandaskan Data CPT (Cone Penetration Test)

$$Q_u = \frac{q_c \cdot A_p}{S_f} + \frac{JHL \cdot k}{S_f}$$

Dimana :

Q_u = Daya dukung tiang pancang tunggal (kN)

Q_c = Tahanan ujung sondir (ton/ m²)

A_p = Luas permukaan dasar tiang (m²)

JHL = Total friction atau jumlah hambatan lekat

K = Keliling tiang (m)

SF = safety Factor : 3 dan 5

❖ Pada Kedalamn 20 m, Nilai :

q_c = 239 kg/cm² = 23900 kN/m²

JHP = 690 kg/cm = 690 kN/m

Untuk ukuran Dimensi 25x25

$$Q_{Ijin} = \frac{q_c \cdot A_p}{S_f} + \frac{JHL \cdot k}{S_f}$$

$$Q_{Ijin} = \frac{23900 \times 0,0625}{3} + \frac{690 \cdot 4 \times 0,25}{5}$$

$$Q_{Ijin} = 635,917 \text{ kN}$$

❖ Beban Maksimum Tiang

Data pembebanan :

P_u = 1993.711 kN

M_x = 13.002 kN

M_y = 52.417 kN

$$P_{max} = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_x Y_{max}}{\sum y^2} + \frac{M_y X_{max}}{\sum x^2}$$

Dimana :

P_{max} = Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang

$\sum P$ = Jumlah total beban aksial yang bekerja pada tiang (termasuk poer)

M_x = Momen yang terjadi pada arah x

M_y = Momen yang terjadi pada arah y

n = Jumlah tiang dalam grup tiang

X_{max} = Absis terjauh dari titik berat grup tiang

Y_{max} = Ordinat terjauh dari titik berat grup tiang

$\sum x^2$ = Jumlah dari kuadrat absis tiap tiang

$\sum y^2$ = Jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang

Diketahui :

x = 1,25 m

b = 2 m

h = 1 m

$$S_{min} = 2,5 D$$

$$= 2,5 \times 0,25$$

$$= 0,625 \text{ m}$$

$$S_{renc} = 0,75 \text{ m}$$

$$m = n_y = 2 \text{ buah}$$

$$n = n_x = 3 \text{ buah}$$

$$\text{Pondasi} = 1,25 \times 2 \times 1 = 2,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat Pondasi} = 2,5 \times 24 = 60 \text{ kN}$$

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_x Y_{max}}{\Sigma y^2} + \frac{M_y X_{max}}{\Sigma x^2}$$

$$= 364,60 \text{ kN} < P_1 \text{ tiang dalam grup} = 429,25 \text{ kN (Ok)}$$

Menghitung *Negative skin friction* pada tiang pancang

Perhitungan *Negative skin Friction* memakai metode terzagi-Perck. Untuk menaksir besaran *negative skin friction*, kita wajib mencari titik netral.

$$D = 0,75 \times D$$

$$= 0,75 \times 20$$

$$= 15 \text{ m}$$

Untuk mencari nilai Q_{neg} dapat dilakukan menggunakan rumus metode Terzagi – Perck

$$Q_{neg} = \frac{1}{n} [2D(L + B)cu + BLH \gamma]$$

Dengan :

N = Jumlah tiang dalam grupnya

D = kedalaman sampai titik netral (m)

L = Panjang area grup tiang (m)

B = Lebar area grup tiang (m)

c_u = Kohesi tak terdrainase rata-rata pada lempengan D (kN/m²)

H = Tinggi timbunan

γ = Berat volume tanah timbunan

❖ Diketahui PC6 dengan beban aksial terbesar

N = 6 tiang

Dimensi = 0,25 m

L = 2 m

B = 1,25 m

c_u = 11 kN/m²

$$Q_{neg} = \frac{1}{n} [2D(L+B)c_u + BLH \gamma]$$

$$Q_{neg} = \frac{1}{6} [2 \times 15(1,25 + 2) 11 + (1,25 \times 2) 1 \times 20]$$

$$Q_{neg} = 187,083 \text{ kN}$$

❖ Presentase Q_{neg} terhadap Q_{ijin}

$$= 187,083 / 635,917 * 100 = 29,42\%$$

❖ Presentase Q.ijin tanpa Qneg terhadap

$$Q = (635,917 - 429,25) / 635,917 * 100 = 32,5\%$$

$$Q_{ijin} - Q_{neg} > Q \quad 635,917 - 187,083 > 429,25$$

$$448,833 > 429,25 \text{ AMAN !!!!}$$

Dengan hasil tersebut maka proyek pembangunan Gedung farmasi unwahas masih dalam kategori aman terhadap *Negative Skin Friction*

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil analisis pada pembahasan sebelumnya, antara lain:

1. Hasil perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang berdimensi 25x25 pada kedalaman 20m dengan metode Mayerhoff menggunakan data N-Spt (Standard Penetration Test) diperoleh nilai daya dukung ultimate (Q_u) sebesar 235,02 ton, serta daya dukung ijin (Q_{all}) sebesar 94,01 ton, dengan penurunan fondasi tiang tunggal sebesar 22,471 mm dan fondasi tiang pancang bergrup pada tipe PC 06 sebesar 63,56 mm.
2. Hasil analisis dampak negative skin friction terhadap tiang yang bertotal enam tiang pancang pada sebuah system pondasi grup tiang pancang pekerjaan konstruksi Gedung Farmasi Unwahas Semarang, menunjukkan hasil Q_{neg} yang bekerja sebesar **187,083** kN.
3. Hasil menunjukkan setelah terjadinya pengaruh gaya gesek negatif pada grup tiang pancang, kekuatan grup tiang pancang tersebut masih berada pada keadaan aman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Dr. Abdul Rochim, ST, MT. sebagai Dosen Pembimbing I dan Ibu Selvi Agustina, ST, M.Eng sebagai Dosen Pembimbing II pada studi ini sehingga studi ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Akhir, T. (2013). *Analisa Daya Dukung dan Penurunan Elastis Pondasi Tiang Pancang Proyek Pembangunan Gedung Pasca Sarjana Universitas Negeri Medan.*

Fatkhurrohman, T. (2017). *TA Aging Ramadhan & Fatkhurrohman.*

Fauziyah, N. M. (2020). *Evaluasi Penurunan Daya Dukung Tiang Pancang akibat Negative Skin Friction.*

Ifandianto, A. (n.d.). *PENGARUH NEGATIVE SKIN FRICTION PADA SISITIM PONDASI TIANG PACANG BERKELOMPOK (Study Kasus Pembangunan*

Gedung PT . Bahana Line - Surabaya). 1–11.

- Muhshin, M. M., & Ika Putra, A. (2021). Pemetaan Penurunan Elastis Fondasi Tiang Berdasarkan Data Sondir Kota Pekanbaru. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 6(1), 34. <https://doi.org/10.20961/ijcee.v6i1.53689>
- Notohadiprawiro, T. (2006). Tanah dan Lingkungan. *Repro: Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada*, 1–22. <http://faperta.ugm.ac.id>
- Pengantar, K. (2010). *Analisis daya dukung pondasi tiang pancang kelompok pada proyek pembangunan gedung dprd sumatera utara medan.*
- Tjie-liong, G., Kedua, E., Offset, B., Pancang, P. T., & Pancang, P. T. (2012). *Daftar pustaka.*
- UNY. (2018). Pencemaran Tanah. *Hardiatmo*, 6–34. [http://eprints.uny.ac.id/64033403/BAB II.pdf](http://eprints.uny.ac.id/64033403/BAB%20II.pdf)
- Widjaja, B., Lestari, A. S., & Agusman. (2006). Negative Skin Friction Tiang Pancang Pada Tanah Lempung Studi Kasus Pabrik Tekstil Bale Endah. *Jurna Teknik Sipil*, 2 Nomor 1(August), 45–62.