

PENGARUH NEGATIVE SKIN FRICTION PADA SISITIM PONDASI TIANG PACANG BERKELOMPOK

(Study Kasus Pembangunan Gedung PT.
Bahana Line - Surabaya)

Ahmad Ifandianto

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata 49, Jember 68121, Indonesia
e-mail : ifan.dianto@gmail.com

Hardiyanto, FOUNDATION ENGINEERING Volume 2. The results showed that Negative Skin Friction what happens to the grouped pile foundation system is the same because of the soil and structural load that work together and redesign the existing piles.

Keywords: *Negative Skin Friction , Soft Soil, Pile.*

ABSTRACT

One of the constraints experienced in the installation of the pile end bearing is the Negative Skin Friction (Swipe Style Wall Negative). Negative Skin Friction it is the force that pulls the pole down because the pole drops relative to the pole. This is often experienced in poles that are placed in soft soil layers with embankments . This lowland is easily decreased due to embankment, decrease in ground water level and due to the piling process. Negative Skin Friction can cause damage to the pile foundation, such as the destruction of the end of the pole or the release of the pole from the pile cap and even the decline in the foundation of the pile . The purpose of this research is to find out how big the Negative Skin Friction is on a group pile foundation system, and to redesign the pile foundation system in groups so that the ponds remain safe despite Negative Skin Friction . This research was carried out on a pile foundation system in groups in the construction of PT. Bahana Line - Surabaya. Negative Skin Friction the work is 525.96 kN the condition of the pile is unsafe and has to be re-designed, both for 6 piles and 4 piles by changing the dimensions of the pile to 50 cm and widening the poer to 370 cm so that the pile is safe, and for the 4 piles designed also became 6 stakes in groups . Research carried out by Terzaghi-Peck method which litelatur paint a mixed picture using the book Harry Christiady

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Negative Skin Friction merupakan gaya yang menarik tiang ke bawah karena tiang turun relatif terhadap tiang. Hal ini sering dialami pada tiang yang dipancang pada lapisan tanah lunak disertai timbunan. Tanah lunak ini mudah mengalami penurunan akibat timbunan, penurunan muka air tanah dan akibat proses pemancangan. Negative Skin Friction dapat menyebabkan kerusakan pada pondasi tiang, misalnya hancurnya ujung tiang atau lepasnya tiang dari pile cap bahkan terjadinya penurunan pada pondasi tiang pancang. Tanah selalu mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan, atau kadang-kadang sebagai sumber penyebab gaya luar pada bangunan, seperti tembok/dinding penahan tanah, jadi tanah itu selalu berperan pada setiap pekerjaan teknik sipil. (Suyono Sosrodarsono and Kazuto Nakazawa Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi). Yang mana keadaan tanah pada pembangunan gedung PT Bahana Line terdiri dari tanah lunak samapai kedalaman 40 m yang mana pada keadaan tanah ini sering terjadi gaya gesek negatif. Bangunan bertingkat tinggi didukung oleh pondasi dalam, seperti pondasi tiang pancang, pada pemasangan pondasi tiang pancang terdapat beban (Q) yang di terapkan pada tiang, maka tiang akan bergerak kebawah, sedang tanah relatif diam. Pada keadaan ini baik tahanan ujung tiang (Q_b) dan tahanan tiang (Q_s) akan bekerja ke atas, yaitu sebagai gaya perlawanan beban Q yang bekerja pada tiang.

Pada kondisi tertentu, yakni pada kondisi tanah lunak sebagian atau seluruh tanah di sepanjang dinding tiang bergerak ke bawah relatif terhadap tiang artinya tanah bergerak kebawah sedang tiang diam. Akibatnya, arah gaya gesek dinding tiang menjadi ke bawah, sehingga menjadi gaya tambahan yang harus di dukung oleh tiang. Gaya gesek oleh tanah pada dinding tiang yang bekerja ke bawah ini, disebut gaya gesek dinding negatif (Q_{neg} / negatif skin friction). Sehinnga gaya ini bisa menambah beban (Q) yang bekerja pada portal, dalam analisa pondasi tiang pancang.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Berapa gaya gesek dinding negatif (Q_{neg} / negatif skin friction) yang terjadi pada tiang pancang ?
2. Bagaimana kekuatan pondasi tiang pancang setelah adanya gaya gesek dinding negatif (Q_{neg} / negatif skin friction)

1.3.Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya pembahasan, perencanaan gedung perkantoran PT Bahana Line ini dibatasi pada masalah – masalah berikut :

1. Pembebaan konstruksi bagian atas diperoleh dari data sekunder dilokasi penelitian.
2. Studi perencanaan hanya membahas struktur bawah Gedung PT Bahana Line Surabaya tentang Negative Skin Friction.
3. Melakukan pembahasan beban perencanaan struktur atas seperti (kolom, balok, tangga, plat lantai, dan atap) jika di perlukan.
4. Tidak melakukan perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya).

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan dalam penelitian pembangunan gedung perkantoran PT Bahana Line ini adalah :

1. Mengetahui perhitungan gaya gesek dinding negatif (Q_{neg} / negatif skin friction) yang terjadi pada tiang pancang.
2. Mengetahui keadaan atau kekuatan tiang pancang setelah terjadi gaya gesek dinding negatif (Q_{neg} / negatif skin friction).

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil pada perencanaan ini dapat ditinjau dari dua segi yaitu :

1. Secara teoritis, perencanaan gedung PT Bahana Line ini diharapkan dapat

- menambah pengetahuan di bidang perencanaan struktur bawah, khususnya dalam pengaruh negative skin friction pada tiang pancang berkelompok.
2. Secara praktis, perencanaan gedung PT Bahana Line ini diharapkan dapat dipakai sebagai referensi bagi perencana yang lain

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daya dukung tiang pancang menurut kekuatan bahan

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang beton bertulang ukuran 40x40 dengan mutu beton $f'c=40$ MPa (kedalaman D = 18 m)

$$P_1 \text{ tiang} = A * f_c * W \quad (2.1)$$

A = Luas penampang tiang pancang

f_c = Mutu beton

W = Keliling tiang pancang

2.2. Daya dukung tiang pancang menurut data Cpt (cone penetrasion test)

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ini di tentukan oleh dua hal

yaitu : unsur perlawanan tanah di ujung iang dan unsur letakan lateral tanah di sekeliling tiang. Pondasi di letakkan pada suatu kedalaman tanah keras. Disamping itu daya dukung suatu tiang harus di tinjau berdasarkan kekuatan bahan dan kekuatan tanah tempat tiang di pancang. Hasil daya dukung yang menentukan yang di pakai sebagai daya dukung izin tiang.

$$Q_{ijin} = \frac{A_p \cdot q_c}{SF} + \frac{K_a \cdot JHP}{SF} \quad (2.2)$$

A_p = Luas penampang tiang pancang cm^2

K_a = keliling tiang pancang cm

q_c = nilai conus (kg/cm^2)

JHP = Jumlah hambatan Pelekat

SF = safety Faktor : 3 dan 5

2.3. Efisiensi Kelompok tiang

Daya dukung kelopok tiang pancang, yang diikat menjadi satuan kesatuan oleh pile cap, lebih kecil daripada daya dukung 1 tiang di kalikan jumlah tiang seluruhnya dapat di hitung menggunakan rumus :

$$Eg = 1 - \frac{\operatorname{Arc} \tan \left(\frac{D}{S} \right)}{90^\circ} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{mn} \right] \quad (2.3)$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = Jarak antar as tiang dalam suatu group

$S < 1,57 * D * m * n / (m+n-2) = 1,26 \text{ m}$ (Oke)

m = Jumlah baris tiang

n = Jumlah baris tiang

2.4. Daya dukung Tiang Pancang dalam kelompok Tiang

Daya dukung satu tiang dalam kelompok (P) didapat dari daya dukung satu tiang yang berdiri sendiri dikalikan dengan suatu faktor efisiensi (Ce), Yang dihitung dengan rumus :

$$P_1 \text{ tiang kelompok} = P_1 \text{ tiang bebas} \times Eg$$

2.5. Beban maksimum Tiang

Beban maksimum yang bekerja pada suatu tiang dalam kelompok tiang, di hitung berdasarkan gaya aksial dan momen – momen yang bekerja pada tiang.

Perumusan yang dipakai :

$$P_{\max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_x Y_{\max}}{\Sigma y^2} + \frac{M_y X_{\max}}{\Sigma x^2} \quad (2.4)$$

Diamana :

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

ΣP = 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 kelompok tiang

X_{\max} = Absis terjauh dari titik berat kelompok tiang

Y_{\max} = Ordinat terjauh dari titik berat kelompok tiang

Σx^2 = Jumlah dari kuadrat absis tiap tiang

Σy^2 = Jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang.

2.6. Negative Skin Friction

Untuk mencari nilai Q_{neg} dapat dilakukan menggunakan rumus metode Terzaghi- Perck

$$Q_{\text{neg}} = 1/n [2D (L + B)^{-} c_u + BLH\gamma] \quad (2.5)$$

Dengan,

Q_{neg} = gaya gesek dinding negatif masing-masing tiang dalam kelompok tiang(kN)
 n = jumlah tiang dalam kelompoknya
 D = kedalaman tiang sampai titik netral (m)
 L = panjang area kelompok tiang (m)
 B = Lebar area kelompok tiang (m)
 C_u = kohesi tak terdrainase rata-rata pada lapisan D (Kn/m^2)
 H = tinggi timbunan
 γ = berat volume tanah timbunan

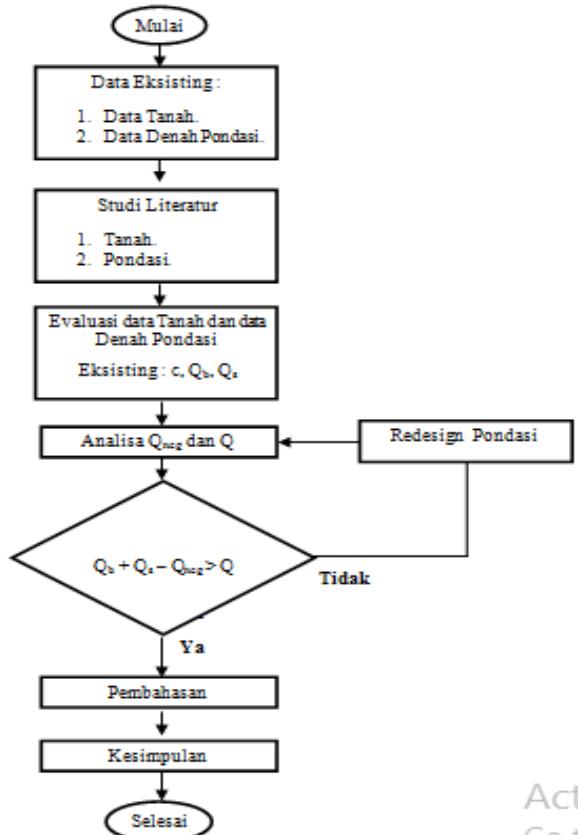
3. METODELOGI PENELITIAN

Untuk mempermudah penyusunan tugas akhir ini maka diperlukan suatu tahapan-tahapan analisa, agar hasil yang diperoleh sesuai dengan harapan, adapun tahapan perencanaan adalah sebagai berikut :
 Perencanaan pondasi Tiang Pancang dilakukan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data
Mengumpulkan data penunjang perencanaan gedung struktur bawah, yang berupa data pembebahan bangunan
2. Studi Literatur
Membaca dan mempelajari literatur berupa buku-buku pustaka dan peraturan yang terkait dengan perencanaan struktur bawah pada gedung.
3. Evaluasi
Mengevaluasi data tanah dan data denah pondasi eksisting : c , Q_b , Q_s .
4. Kontrol daya dukung tanah
 - a. Mencari nilai (c_u) kohesi tak terdrainase.
5. Perhitungan
Mencakup perhitungan $Q_b + Q_s - Q_{\text{neg}} > Q$ Untuk mencari nilai Q_{neg} dan mengetahui keadaan Tiang pancang setelah nilai Q_{neg} terdeteksi.

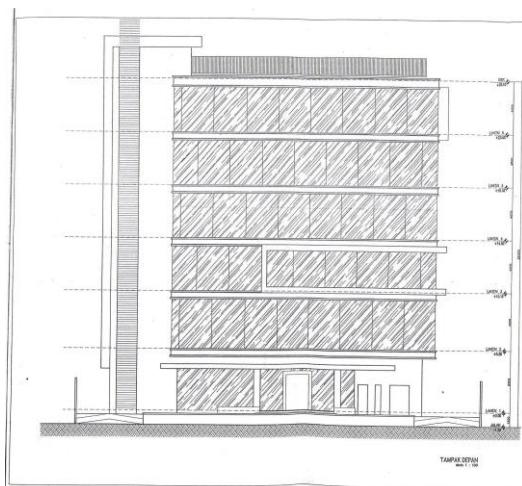
3.2. Kerangka Penelitian

Adapun kerangka penelitian dapat dilihat melalui *flow chart* berikut :



4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Gedung



Gambar 4.1. Gedung PT. Bahana Line – Surabaya.

Fungsi gedung :Perkantoran
 Jumlah lantai : 4 lantai

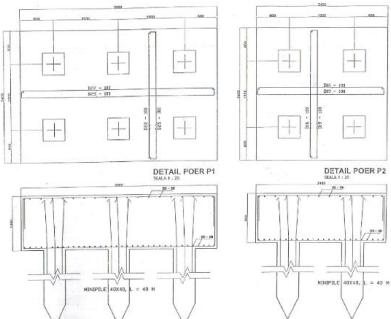
Alamat : Jl. Parangkusumo
No 6 - 8 , Surabaya

Panjang gedung : 40,05 m

Lebar gedung : 30,15 m

Tinggi gedung : 29,3 m

4.2. Detail Pondasi dan Pile Cap



Gambar 4.2 Detail pondasi dan pile cap

4.3. Analisa Perencanaan pada pondasi 6 tiang pancang

4.3.1. Daya dukung berdasarkan bahan

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang beton bertulang ukuran 40x40 dengan mutu beton $f'_c=40$ Mpa (kedalaman D= 18 m)

$$P_1 \text{ tiang} = A * f'_c * W, \text{ dimana } f'_c = 0,3 * f'_c = 12 \text{ MPa}$$

$$= (0,40)^2 * 12000 - (0,40)^2 * 18 * (24)$$

$$= 1920 - 69 = 1851 \text{ kN}$$

4.3.2. Daya Dukung Straus Pile Berdasarkan Data CPT (Cone Penetration Test)

Pada kedalaman 18 m, nilai :

$$C_n (q_c) = 250 \text{ kg/cm}^2 = 25000 \text{ kN/m}^2$$

$$C_l (\text{JHP}) = 500 \text{ kg/cm} = 500 \text{ kN/m}$$

$$Q_{jin} = \frac{A \cdot q_c + K_a \cdot JHP}{SF}$$

A = Luas penampang tiang pancang cm^2

Ka = keliling tiang pancang cm
Qc = nilai conus (kg/cm^2)

JHP = Jumlah hambatan pelekat

SF = safety Faktor : 3 dan 5

Untuk ukuran D40

$$Q_{jin} = \frac{0,4 * 0,4 * 25000}{3} + \frac{4 * 0,4 * 500}{5}$$

$$= 1333 + 160 = 1493 \text{ kN}$$

4.4. Daya Dukung Tiang Pancang dalam Kelompok Tiang

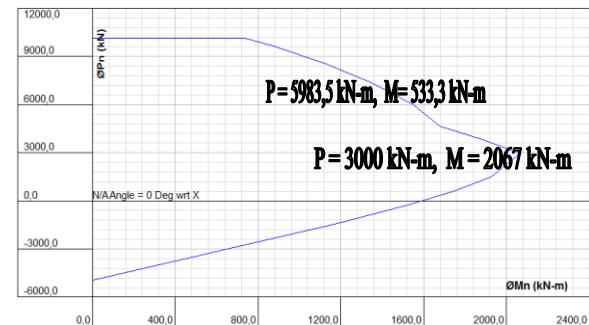
$$E_g = \frac{\text{Arc tan} \left(\frac{40}{120} \right)}{90^\circ} \left[\frac{(3-2)2 + (2-1)3}{2.3} \right] = 0,762$$

$$\text{Jadi, } P_1 \text{ tiang dalam kelompok} = P_1 \text{ tiang bebas} \times E_g$$

$$= 1493 \times 0,762$$

$$= 1138 \text{ kN}$$

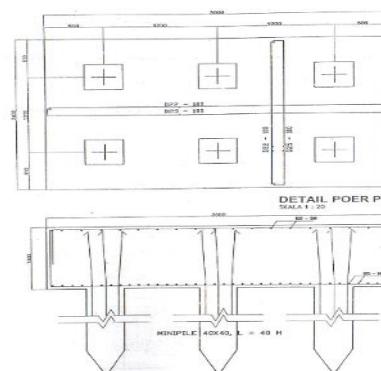
4.5. Beban Maksimum Tiang



Gambar 4.5 Diagram Interaksi Column

Data pembebangan :

- $P_u = 5983,5 / 1,5 = 3989 \text{ kN-m}$
(PB-1-1971)
- $M_{u,x} = 533 / 1,5 = 353 \text{ kN-m}$



Gambar 4.12. Jarak antar tiang

$$\begin{aligned}
x &= 3,6 \text{ m} \\
b &= 2,4 \text{ m} \\
h &= 1 \text{ m} \\
S_{\min} &= 2,5 D \\
&= 2,5 \times 0,40 \\
&= 1 \text{ m} \\
S_{\text{renc}} &= 1,2 \text{ m} \\
m = n_y &= 2 \text{ buah} \\
n = n_x &= 3 \text{ buah}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Poer} &= 3,6 \times 2,4 \times 1 = 8,64 \text{ m}^3 \\
\text{Berat poer} &= 8,64 \times 24 = 207 \text{ kN} \\
Qu &= 1,2 \times 207 = 249 \text{ kN/m}
\end{aligned}$$

Perhitungan Beban Maksimum Tiang

$$\begin{aligned}
n &= 6 \text{ buah} \\
X_{\max} &= 1,2 \text{ m}; Y_{\max} = 0,6 \text{ m} \\
\Sigma x^2 &= 2 \times 3 \times (1,2)^2 = 8,6 \text{ m}^2 \\
\Sigma y^2 &= 2 \times 3 \times (0,6)^2 = 2,2 \text{ m}^2 \\
\Sigma P &= V + \text{berat poer} = 3989 + 249 \\
&= 4238 \text{ kN} \\
P_{\max} &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{Mx Y_{\max}}{\Sigma y^2} + \frac{My X_{\max}}{\Sigma x^2} \\
&= \frac{4238}{6} + \frac{355,3 (0,6)}{8,6} + \frac{0 (1,2)}{2,2} \\
&= 721 + 24,07 + 0 \\
&= 844,6 \text{ kN} < P_1 \text{ tiang dalam kelompok} = 1138 \text{ kN} \\
&\text{(Ok)}
\end{aligned}$$

4.6. Perhitungan beban negative skin friction (Qneg)

Gaya gesek dinding negatif pada kelompok tiang dapat dihitung menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
Q_{\text{neg}} &= 1/n [2D (L + B) c_w + BLH \gamma_b] \\
&= 1/6 [2*18 (3,6 + 2,4) 13,89 + (2,4*3,6*1*18) \\
&= 525,69 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Presentase Q_{neg} terhadap Q_{ijin}

$$= (1439 - 525,96)/1439 * 100 = 35,3 \%$$

Presentase Q_{ijin} tanpa Q_{neg} terhadap Q
 $= (1493 - 1138)/1493 * 100 = 24,66 \%$
 $Q_{\text{ijin}} - Q_{\text{neg}} > Q$ $1493 - 525,9 > 1138$

$967,04 > 1138$ **TIDAK AMAN!!!!**

4.7. Re design untuk tiang pancang 6 kelompok

Dengan mengubah diameter tiang pancang dari 40 cm menjadi 50 cm serta mengubah jarak As antar tiang dari 120 cm menjadi 130 cm dan mengubah panjang pile cap dari 360 cm menjadi 370 cm.

4.7.1. Daya dukung berdasarkan bahan

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang beton bertulang ukuran 40x40 dengan mutu beton $f'c=40$ MPa(kedalaman $Df= 18$ m)

$$P_1 \text{ tiang} = A * f'_c * W, \text{ dimana } f'_c = 0,3 * f'c = 12 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
&= (0,4)^2 * 12000 - (0,4)^2 * 18 * (24) = 1920 - 69 \\
&= 1851 \text{ kN}
\end{aligned}$$

4.7.2 Daya Dukung Straus Pile Berdasarkan Data CPT (Cone Penetration Test)

Pada kedalaman 18 m, nilai :

$$C_n (q_c) = 250 \text{ kg/cm}^2 = 25000 \text{ kN/m}^2$$

$$C_l (\text{JHP}) = 500 \text{ kg/cm} = 500 \text{ kN/m}$$

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{A \cdot q_c + K_a \cdot JHP}{SF}$$

A = Luas penampang tiang pancang cm^2

Ka = keliling tiang pancang cm

Qc = nilai conus (kg/cm^2)

JHP = Jumlah hambatan pelekat

SF = safety Faktor : 3 dan 5

Untuk ukuran D40

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{0,4 * 0,4 * 25000}{3} + \frac{4 * 0,4 * 500}{5}$$

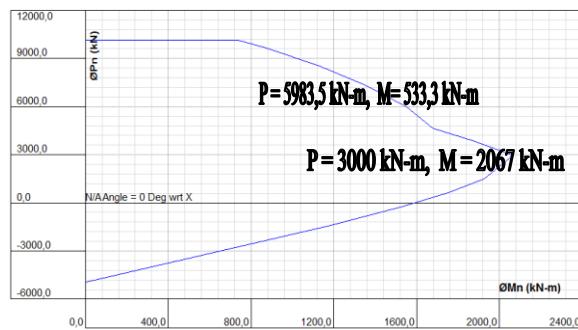
$$= 1333,3 + 160 = 1439 \text{ kN}$$

4.8. Daya Dukung Tiang Pancang dalam Kelompok Tiang

$$Eg = 1 - \frac{\text{Arctan}(\frac{50}{180})}{90^\circ} \left[\frac{(3-2)2 + (2-1)3}{2 \cdot 3} \right] = 0,729$$

$$\begin{aligned}
\text{Jadi, } P_1 \text{ tiang dalam kelompok} &= P_1 \text{ tiang bebas} \times Eg \\
&= 2283,3 \times 0,729 \\
&= 1664 \text{ kN}
\end{aligned}$$

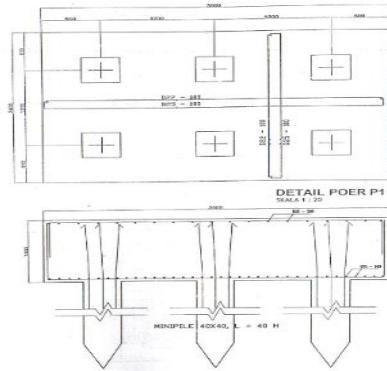
4.9. Beban Maksimum Tiang



Gambar 4.9 Diagram Interaksi Column

Data pembebanan :

- $P_u = 5983,5 / 1,5 = 3989 \text{ kN-m}$
(PB-1-1971)
- $M_{u,x} = 533 / 1,5 = 353 \text{ kN-m}$



Gambar 4.12. Jarak antar tiang

$$\begin{aligned}
 x &= 3,7 \text{ m} \\
 b &= 2,4 \text{ m} \\
 h &= 1 \text{ m} \\
 S_{\min} &= 2,5 D \\
 &= 2,5 \times 0,50 \\
 &= 1,25 \text{ m} \\
 S_{\text{renc}} &= 1,3 \text{ m} \\
 m = n_y &= 2 \text{ buah} \\
 n = n_x &= 3 \text{ buah} \\
 \text{Poer} &= 3,7 \times 2,4 \times 1 = 8,8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat poer} &= 8,8 \times 24 = 213 \text{ kN} \\
 Q_u &= 1,2 \times 202 = 256 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Beban Maksimum Tiang

$$\begin{aligned}
 n &= 6 \text{ buah} \\
 X_{\max} &= 1,3 \text{ m}; Y_{\max} = 0,6 \text{ m} \\
 \Sigma x^2 &= 2 \times 3 \times (1,3)^2 = 7,3 \text{ m}^2 \\
 \Sigma y^2 &= 2 \times 3 \times (0,6)^2 = 2,2 \text{ m}^2 \\
 \Sigma P &= V + \text{berat poer} \\
 &= 3989 + 242 = 4873 \text{ kN} \\
 P_{\max} &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_x Y_{\max}}{\Sigma y^2} + \frac{M_y X_{\max}}{\Sigma x^2} \\
 &= \frac{4238}{6} + \frac{355,3 (0,6)}{10,13} + \frac{0 (1,3)}{2,2} \\
 &= 812 + 28,1 = 840 \text{ kN} \\
 P_1 \text{ tiang dalam kelompok} &= 1664 \text{ kN} \\
 (\text{Ok})
 \end{aligned}$$

4.9. Perhitungan beban negative skin friction (Qneg)

Gaya gesek dinding negatif pada kelompok tiang dapat dihitung menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{neg}} &= 1/n [2D (L+B) \bar{c}_u + BLH \gamma_b] \\
 &= 1/6 [2*18 (3,7 + 2,4) 13,89 \\
 &\quad + (2,4*3,7*1*18) \\
 &= 535 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Presentase } Q_{\text{neg}} \text{ terhadap } Q_{\text{ijin}} \\
 &= (2283 - 535)/2283 * 100 = 24,5 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Presentase } Q_{\text{ijin}} \text{ tanpa } Q_{\text{neg}} \text{ terhadap } Q \\
 &= (2283 - 1664)/2283 * 100 = 27,1 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{ijin}} - Q_{\text{neg}} > Q \quad \rightarrow 2283 - 535 > 1664 \\
 1748 > 1664 \text{ AMAN!!!!}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Presentase } Q_{\text{ijin}} - Q_{\text{neg}} \text{ terhadap } Q \\
 &= (1748 - 1664)/1748 * 100 = 4,8 \%
 \end{aligned}$$

4.10. Analisa Perencanaan Pondasi pada pondasi tiang 4 pancang

4.10.1. Daya dukung berdasarkan bahan

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang beton bertulang ukuran 40x40 dengan mutu beton $f_c=40$ MPa(kedalaman $D_f= 18$ m)

$$P_1 \text{ tiang} = A * f_c * W, \text{ dimana } f_c=0,3 * f'_c=12 \text{ MPa}$$

$$= (0,4)^2 * 12000 - (0,4)^2 * 18 * (24)$$

$$= 1920 - 69 = 1851 \text{ kN}$$

4.10.2. Daya Dukung Straus Pile Berdasarkan Data CPT (Cone Penetration Test)

Pada kedalaman 18 m, nilai :

$$C_n (q_c) = 250 \text{ kg/cm}^2 = 25000 \text{ kN/m}^2$$

$$C_l (\text{JHP}) = 500 \text{ kg/cm} = 500 \text{ kN/m}$$

$$Q_{ijin} = \frac{A \cdot q_c + K_a \cdot JHP}{SF}$$

$$A = \text{Luas penampang tiang pancang cm}^2$$

$$K_a = \text{keliling tiang pancang cm}$$

$$Q_c = \text{nilai conus (kg/cm}^2\text{)}$$

$$JHP = \text{Jumlah hambatan pelekat}$$

$$SF = \text{safety Faktor : 3 dan 5}$$

Untuk ukuran D40

$$Q_{ijin} = \frac{0,4 * 0,4 * 25000}{3} + \frac{4 * 0,4 * 500}{5}$$

$$= 1333,3 + 160 = 1439 \text{ kN}$$

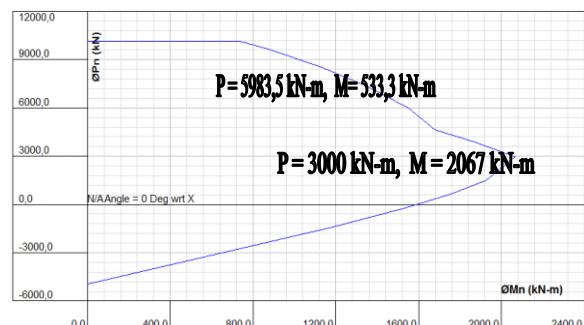
4.12. Daya Dukung Tiang Pancang dalam Kelompok Tiang

$$E_g = 1 - \frac{\text{Arc tan} \left(\frac{40}{120} \right)}{90^\circ} \left[\frac{(2-2)2 + (2-1)2}{2.2} \right] = 0,796$$

Jadi, P_1 tiang dalam kelompok = P_1 tiang bebas $\times E_g$

$$= 1439 \times 0,796 = 1189 \text{ kN}$$

4.11. Beban Maksimum Tiang

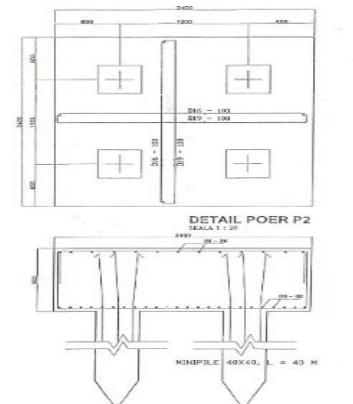


Gambar 4.12 Diagram Interaksi Column

Data pembebanan :

$$\triangleright P_u = 5983,5 / 1,5 = 3989 \text{ kN-m} \quad (\text{PB-1-1971})$$

$$\triangleright M_{u,x} = 533 / 1,5 = 353 \text{ kN-m}$$



Gambar 4.12. Jarak antar tiang

$$x = 2,4 \text{ m}$$

$$b = 2,4 \text{ m}$$

$$h = 0,9 \text{ m}$$

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

$$= 2,5 \times 0,40$$

$$= 1 \text{ m}$$

$$S_{renc} = 1,2 \text{ m}$$

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

$$n = n_x = 2 \text{ buah}$$

$$Poer = 2,4 \times 2,4 \times 1 = 5,76 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat poer} = 5,76 \times 24 = 138 \text{ kN}$$

$$Qu = 1,2 \times 138 = 166 \text{ kN/m}$$

Perhitungan Beban Maksimum Tiang

$$n = 4 \text{ buah}$$

$$X_{\max} = 0,6 \text{ m}; Y_{\max} = 0,6 \text{ m}$$

$$\Sigma x^2 = 2 \times 2 \times (0,6)^2 = 1,4 \text{ m}^2$$

$$\Sigma y^2 = 2 \times 2 \times (0,6)^2 = 1,4 \text{ m}^2$$

$$\Sigma P = V + \text{berat poer}$$

$$= 3989 + 166 = 4783 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{\Sigma P}{n} + \frac{Mx Y_{\max}}{\Sigma y^2} + \frac{My X_{\max}}{\Sigma x^2} \\ &= \frac{4873}{4} + \frac{353(0,6)}{1,4} + \frac{0(0,6)}{1,4} \\ &= 1035 + 148,1 + 0 = 1183 \text{ kN} < \end{aligned}$$

$$P_1 \text{ tiang dalam kelompok} = 1189 \text{ kN (Ok)}$$

4.12. Perhitungan beban negative skin friction (Qneg)

Gaya gesek dinding negatif pada kelompok tiang dapat dihitung menggunakan perumusan sebagai berikut

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

$$= 1/4 [2*18 (2,4 + 2,4) 13,89]$$

$$+ (2,4*2,4*1*18)$$

$$= 626 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase } Q_{\text{neg}} \text{ terhadap } Q_{\text{ijin}} \\ = (1493 - 626)/1493 * 100 = 32 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase } Q_{\text{ijin}} \text{ tanpa } Q_{\text{neg}} \text{ terhadap } Q \\ = (1439 - 1189)/1439 * 100 = 17,3 \% \end{aligned}$$

$$Q_{\text{ijin}} - Q_{\text{neg}} > Q \rightarrow 2283 - 626 > 1189$$

813 > 1189 TIDAK AMAN!!!!

4.13. Re design untuk tiang pancang 4 kelompok menjadi 6 kelompok

Dengan mengubah diameter tiang pancang dari 40 cm menjadi 50 cm serta mengubah jarak As antar tiang dari 120 cm menjadi 130 cm dan mengubah panjang pile cap dari 360 cm menjadi 370 cm.

4.13.1. Daya dukung berdasarkan bahan

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang beton bertulang ukuran 40x40 dengan mutu beton $f_c = 40 \text{ MPa}$ (kedalaman $D_f = 18 \text{ m}$)

$$P_1 \text{ tiang} = A * f_c * W, \text{ dimana}$$

$$f_c = 0,3 * f'_c = 12 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} &= (0,4)^2 * 12000 - (0,4)^2 * 18 * (24) = 1920 - 69 \\ &= 1851 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.13.2. Daya Dukung Straus Pile Berdasarkan Data CPT (Cone Penetration Test)

Pada kedalaman 18 m, nilai :

$$C_n (q_c) = 250 \text{ kg/cm}^2 = 25000 \text{ kN/m}^2$$

$$C_l (\text{JHP}) = 500 \text{ kg/cm} = 500 \text{ kN/m}$$

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{A \cdot q_c + K_a \cdot JHP}{SF}$$

$$A = \text{Luas penampang tiang pancang cm}^2$$

$$K_a = \text{keliling tiang pancang cm}$$

$$Q_c = \text{nilai conus (kg/cm}^2)$$

$$JHP = \text{Jumlah hambatan pelekat}$$

$$SF = \text{safety Faktor : 3 dan 5}$$

Untuk ukuran D40

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{0,4 * 04 * 25000}{3} + \frac{4 * 0,4 * 500}{5}$$

$$= 1333,3 + 160 = 1439 \text{ kN}$$

4.14. Daya Dukung Tiang Pancang dalam Kelompok Tiang

$$E_g = 1 - \frac{\text{Arctan}(\frac{50}{150})}{90^\circ} \left[\frac{(3-2)2 + (2-1)3}{2.3} \right] = 0,729$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } P_1 \text{ tiang dalam kelompok} &= P_1 \text{ tiang bebas} \times E_g \\ &= 2283,3 \times 0,729 \\ &= 1664 \text{ kN} \end{aligned}$$

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah kami buat dan juga berdasarkan analisa yang telah kami lakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Setelah di analisa pengaruh negative skin friction (Q_{neg}) terhadap tiang yang berjumlah 6 tiang pancang pada sistem pondasi tiang pancang berkelompok pada proyek pembangunan gedung perkantoran PT. Bahana Line Surabaya, menunjukkan hasil bahwa Q_{neg} yang bekerja sebesar 525,96 kN.
2. Ketika analisa pengaruh negative skin friction (Q_{neg}) terhadap tiang pancang pada sistem pondasi tiang pancang berkelompok pada proyek pembangunan gedung perkantoran PT. Bahana Line – Surabaya, menunjukkan hasil bahwa keadaan tiang pancang tersebut dalam keadaan tidak aman dan harus di redesign ulang baik yang 6 tiang pancang maupun yang 4 tiang pancang dengan mengubah dimensi tiang pancang menjadi 50 cm dan memperlebar poer menjadi 370 cm agar tiang pancang aman, dan untuk yang 4 tiang apancang di ubah juga menjadi 6 tiang pancang.

5.2. Saran

1. Apabila perencanaan suatu pondasi tiang pancang berkelompok dalam suatu proyek tidak menghitung negative skin friction maka hendaknya faktor keamanan di tingkatkan diatas 27 % dari Q_{ijin} karena dari hasil penelitian yang kami lakukan menunjukkan hasil bahwa apabila perbedaannya di bawah 27 % maka tiang pancang tidak aman apabila ada negatif skin friction.
2. Alangkah baiknya apabila dalam suatu perencanaan pondasi tiang pancang berkelompok apabila keadaan tanah dan beban yang bekerja sama maka hendaknya jumlah dan ukuran tiang pancang di samakan agar tidak terjadi suatu masalah dikemudian hari.
3. Perlu adanya analisa perubahan perubahan terhadap data yang ada ketika keadaan tiang pancang tidak aman akibat negative skin friction baik mengubah

volume tiang pancang, jarak dan lain-lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Priyono, pujo., 2017, “*Struktur Beton Jilid 2* ”. Jember: Universitas Muhammadiyah Jember.
- Harry Christiady Hardiyanto, TEKNIK PONDASI jilid 2
- Braja M. Das, Principle of Fondation Engineering.
- SNI 03 – 2847 – 2002.
- PB 1 1971.