

ANALISIS KOMBINASI FONDASI DANGKAL DAN TIANG BOR DITINJAU DARI DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN TERHADAP BEBAN KERJA

Achmad Rochim¹, Gati Sri Utami²

^{1,2} Teknik Sipil, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

e-mail: revaneska@gmail.com

ABSTRACT

The foundation is an engineering system that works as a transfer of the load and its self-weight into the soil located under the foundation. Calculation of the bearing capacity of the foundation and settlement is carried out by taking into account the soil data, the load received by the foundation, the depth of the pile, the dimensions of the pile, and the distance between the piles.

This study analyzes the bearing capacity and settlement of the combination of shallow foundations and bored piles to withstand the load of the building above it, with the aim that in planning the foundation meets the requirements of bearing capacity and settlement. The bearing capacity of the shallow foundation uses the Terzhagi method, while for the bored pile foundation using 3 methods, namely the Luciano Decourt, Meyerhoff, and Reese & Wright method. The purpose of this study was to determine the value of the bearing capacity of the foundation and the magnitude of the settlement that occurred.

The results of the analysis can be concluded that the design the combination of shallow foundations and bored piles that meets the requirements for bearing capacity and settlement according to SNI 8460 201 is a pile with length of 46m at depth of 51.54 m. The smallest bearing capacity of the Reese & Wright method, $Q_g = 459,815t$ is greater than the workload 397,8495t, and the settlement value is $14,732 < 15cm$

Keywords: Valve Safety Tub, Bored Pile, Bearing Capacity, Settlement.

ABSTRAK

Fondasi merupakan suatu sistem rekayasa yang bekerja sebagai penerus beban dan beratnya sendiri ke dalam tanah yang terletak di bawah fondasi. Perhitungan daya dukung fondasi dan penurunan dilakukan dengan memperhatikan data tanah, beban yang diterima oleh fondasi, kedalaman tiang, dimensi tiang, dan jarak antar tiang.

Penelitian ini menganalisis daya dukung dan penurunan kombinasi fondasi dangkal dan tiang bor untuk menahan beban bangunan di atasnya, dengan tujuan bahwa dalam perencanaan fondasi memenuhi persyaratan daya dukung dan penurunan. Daya dukung fondasi dangkal menggunakan metode dari Terzhagi, sedangkan untuk fondasi tiang bor menggunakan 3 metode, yaitu metode Luciano Decourt, Meyerhoff, dan Reese & Wright. Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui nilai daya dukung fondasi serta besar penurunan yang terjadi.

Hasil analisis dapat disimpulkan bahwa perencanaan kombinasi fondasi dangkal dan tiang bor yang memenuhi persyaratan .daya dukung dan penurunan menurut SNI 8460 201 adalah dengan panjang tiang 46m pada kedalaman 51,54 m. Daya dukung terkecil metode Reese & Wright, $Q_g = 459,815t$ lebih besar dari beban kerja 397,8495t, dan besarnya penurunan $14,732 < 15cm$

Kata Kunci: Bak pengaman valve, fondasi tiang bor, daya dukung, penurunan.

PENDAHULUAN

Fondasi merupakan suatu sistem rekayasa yang bekerja sebagai penerus beban dan beratnya sendiri ke dalam tanah yang terletak di bawah fondasi. Perencanaan suatu fondasi sudah dikatakan benar jika beban yang diteruskan kedalam tanah dasar tidak melebihi batas kekuatan dari tanahnya.

Menurut Fahri Dirganata, 2018 dua hal yang perlu diperhatikan saat merencanakan fondasi

1. Kapasitas dukung fondasi yang akan direncanakan harus lebih besar dari pada beban yang bekerja pada fondasi tersebut
2. Penurunan yang diakibatkan oleh beban kerja tidak boleh lebih dari penurunan yang sudah disyaratkan

Ada banyak faktor yang harus diperhatikan saat memilih jenis fondasi, diantaranya adalah beban kerja yang direncanakan, data tanah dan faktor non - teknis seperti waktu konstruksi dan biaya konstruksi. Tanah pendukungnya harus memiliki kapasitas dukung yang kuat untuk memikul beban yang bekerja sehingga struktur bangunannya tidak mengalami keruntuhan.

Adapun jenis fondasi yang terdiri dari 2 jenis, diantaranya yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Fondasi dangkal digunakan apabila di lapisan tanah keras letaknya tidak jauh dari dasar tanah dan didesain untuk kedalaman yang lebih rendah atau sama lebar dengan fondasinya. Sedangkan untuk fondasi dalam digunakan apabila letak dari lapisan tanah keras jauh dari dasar tanah.

Sekarang penggunaan fondasi dalam seperti fondasi tiang kini semakin banyak karena beberapa alasan. Oleh sebab itu sangat menarik untuk meninjau perkembangan dari berbagai pemakaiannya dan pelaksanaan konstruksi jenis fondasi tersebut, namun pengalaman menunjukkan bahwa setiap pekerjaan fondasi dalam muncul masalah-masalah spesifik dengan kondisi yang berbeda menyangkut segi pelaksanaan konstruksi maupun hal - hal yang menyangkut daya dukung tanah di lokasi proyek. Saat memilih fondasi sangat dibutuhkan pengetahuan tentang jenis lapisan-lapisan tanah, kapasitas daya dukung fondasi dan juga besar penurunan yang ditimbulkan pada fondasi tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

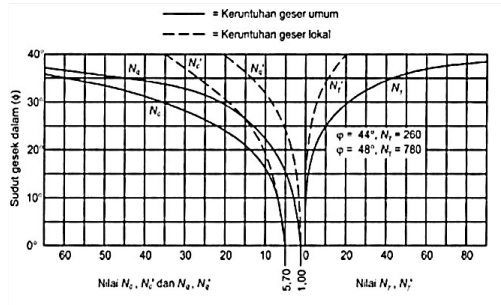
Kapasitas Dukung Fondasi

Kapasitas daya dukung fondasi adalah kemampuan suatu fondasi dalam mendukung beban diatasnya.

Kapasitas dukung fondasi dangkal

Dalam menghitung daya dukung fondasi dangkal menerus menggunakan persamaan umum yang disampaikan oleh *Terzaghi* (1943), dengan formulanya dapat dituliskan dalam bentuk persamaan berikut dibawah ini:

$$Q_{ult} = c \times N_c + (\gamma \times D \times N_q) + 0.5 \times \gamma \times B \times N_{\gamma} \dots (1)$$



Gambar 1. Grafik untuk Faktor Daya Dukung *Terzaghi*[2]

Kapasitas Dukung Tiang

Kapasitas dukung pada fondasi tiang dianalisa menggunakan rumus umum yang diperoleh dari penjumlahan tahanan ujung (Q_p) dan tahanan selimut (Q_s) tiang, dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut dibawah ini:

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots (2)$$

Kapasitas dukung untuk fondasi tiang yang datanya diambil dari data tanah SPT, maka dapat dianalisis menggunakan metode – metode berikut:

Kapasitas dukung menggunakan metode *Meyerhoff*:

$$Q_p = 40 \times N_b \times A_p \dots (3)$$

$$Q_s = 0,2 N_{-SPT} A_s \dots (4)$$

Kapasitas dukung menggunakan metode *Luciano Decourt* :

$$Q_p = \alpha \times (K \times N_p \times (A_p)) \dots (5)$$

Tabel 1. Nilai Koefisien dari Jenis Tanahnya[2]

Jenis Tanah	Nilai K (Ton/m ²)
Lempung	12
Lanau Berlempung	20
Lanau Berpasir	25
Pasir dan Kerikil	40

Tabel 2. Nilai Koefisien Dasar Tiang[17]

Soil	Driven Pile	Bored Pile	Bored Pile (Bentonite)	Continuous hollow auger	Root Piles	Injected Pile (high pressure)
Clay	1,00	0,85	0,85	0,30	0,85	1,00

<i>Intermediate Soils</i>	1,00	0,60	0,60	0,30	0,60	1,00
<i>Sands</i>	1,00	0,50	0,50	0,30	0,50	1,00

$$Q_s = \beta \times \left(\frac{N_s}{3} + 1\right) \times A_s \dots (6)$$

Tabel 3, Nilai Koefisien Selimut Tiang [17]

<i>Soil</i>	<i>Driven Pile</i>	<i>Bored Pile</i>	<i>Bored Pile (Bentonite)</i>	<i>Continuous hollow auger</i>	<i>Root Piles</i>	<i>Injected Pile (high pressure)</i>
<i>Clay</i>	1,00	0,85	0,90	1,00	1,50	3,00
<i>Intermediate Soils</i>	1,00	0,60	0,75	1,00	1,50	3,00
<i>Sands</i>	1,00	0,50	0,65	1,00	1,50	3,00

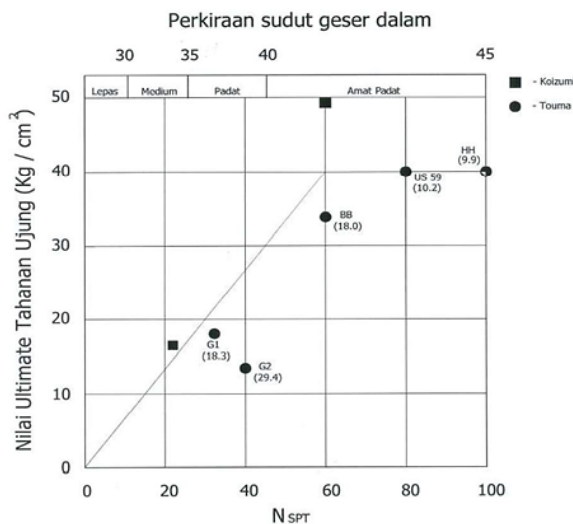
Kapasitas dukung menggunakan metode *Reese & Wright* :

$$Q_p = q_p \times A_p \dots (7)$$

$$q_p = 9 \times C_u \dots (8)$$

$$C_u = 2/3 \times N_{spt} \times 10 \dots (9)$$

Pada tanah kohesif besarnya tahanan ujung per satuan luas, q_p , dapat diambil sebesar 9 kali kuat geser tanah dalam kondisi undrained yang pada umumnya diperoleh dari hasil pengujian laboratorium. Sedangkan untuk jenis tanah non kohesif, *Reese & Wright* (1977) mengusulkan korelasi empiris yang disajikan pada Gambar 2



Gambar 2. Tahanan ujung ultimit pada tanah non kohesif [14]

Berdasarkan gambar 2 nilai tahanan ujung persatuan luas (q_p) yang mempunyai tren pola perlawanan yang meningkat seiring dengan peningkatan nilai N-SPT (bpf), semakin besar nilai N-SPT maka tahanan ujung persatuan luas juga akan membesar. Jika nilai NSPT diatas 60 bpf, maka tahanan ujung persatuan luas (q_p , kg/cm²) diambil sebesar 2/3 dari nilai N-SPT (bpf), maka tahanan ujung persatuan luas (q_p) tersebut dibatasi hanya sebesar 40kg/cm² saja

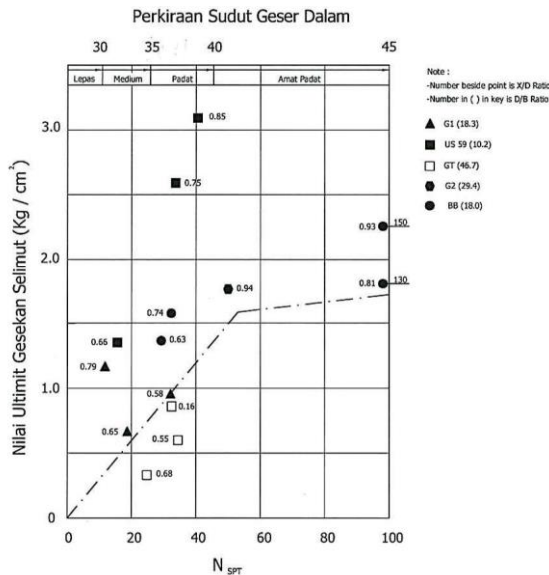
$$Q_s = f_s \cdot l_i \cdot P \dots \dots \dots (10)$$

Untuk tanah kohesif dapat menggunakan formula sebagai berikut:

$$f_s = \alpha \times C_u \dots \dots \dots (11)$$

$$\alpha = 0.55$$

Pada tanah non kohesif, apabila nilai $N < 53$ maka nilai $f_s = 0,32 \times N\text{-spt}$, nilai N-spt adalah $53 < N < 100$, nilai f_s dapat ditentukan menggunakan grafik berikut



Gambar 3. Tahanan selimut *bored pile* untuk pasir[14]

Maka daya dukung ultimit tiang kelompok adalah

$$Q_g = n \times Q_a \times E_g \dots (12)$$

$$E_g = 1 - \theta \frac{n^m + (1+m)n^i}{90 m n^i} \dots (13)$$

Distribusi Beban pada Tiang Kelompok

Distribusi beban pada tiang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$P_{x,y} = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y}{\sum x^2 \cdot y^2} \dots (14)$$

Penurunan

Penurunan tiang kelompok

Penurunan segera

Untuk Tanah Pasir
 Metode Vesic (1969)

$$s_g(e) = S \sqrt{\frac{Bg}{D}} \dots (15)$$

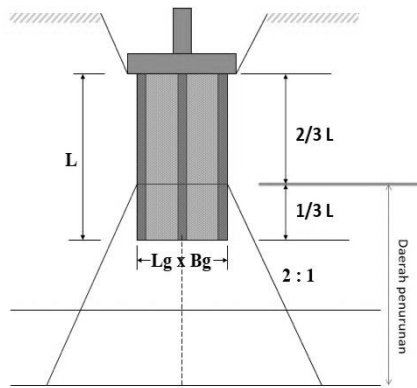
Metode Meyerhof (1976)

$$s_g(e) = \frac{2q\sqrt{Bgl}}{N} \dots (16)$$

$$q \left(\frac{kN}{m^2} \right) = \frac{Qg}{(LgBg)} \dots (17)$$

$$I = 1 - \frac{L}{8Bg} \geq 0,5 \dots (18)$$

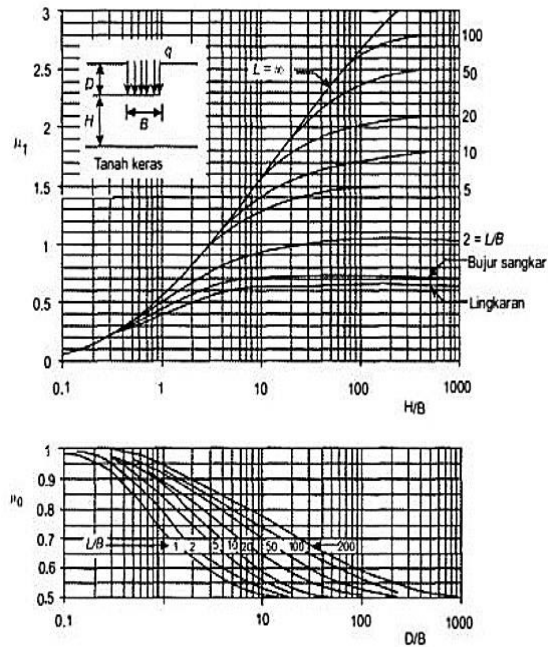
L = Panjang tiang terbenam.



Gambar 4. Besar penurunan pada tiang kelompok

Untuk Tanah Lempung

$$S_s = \mu_i \cdot \mu_o \cdot \frac{q \cdot B}{E_s} \dots (19)$$



Gambar 5. Grafik faktor terkoreksi [7]

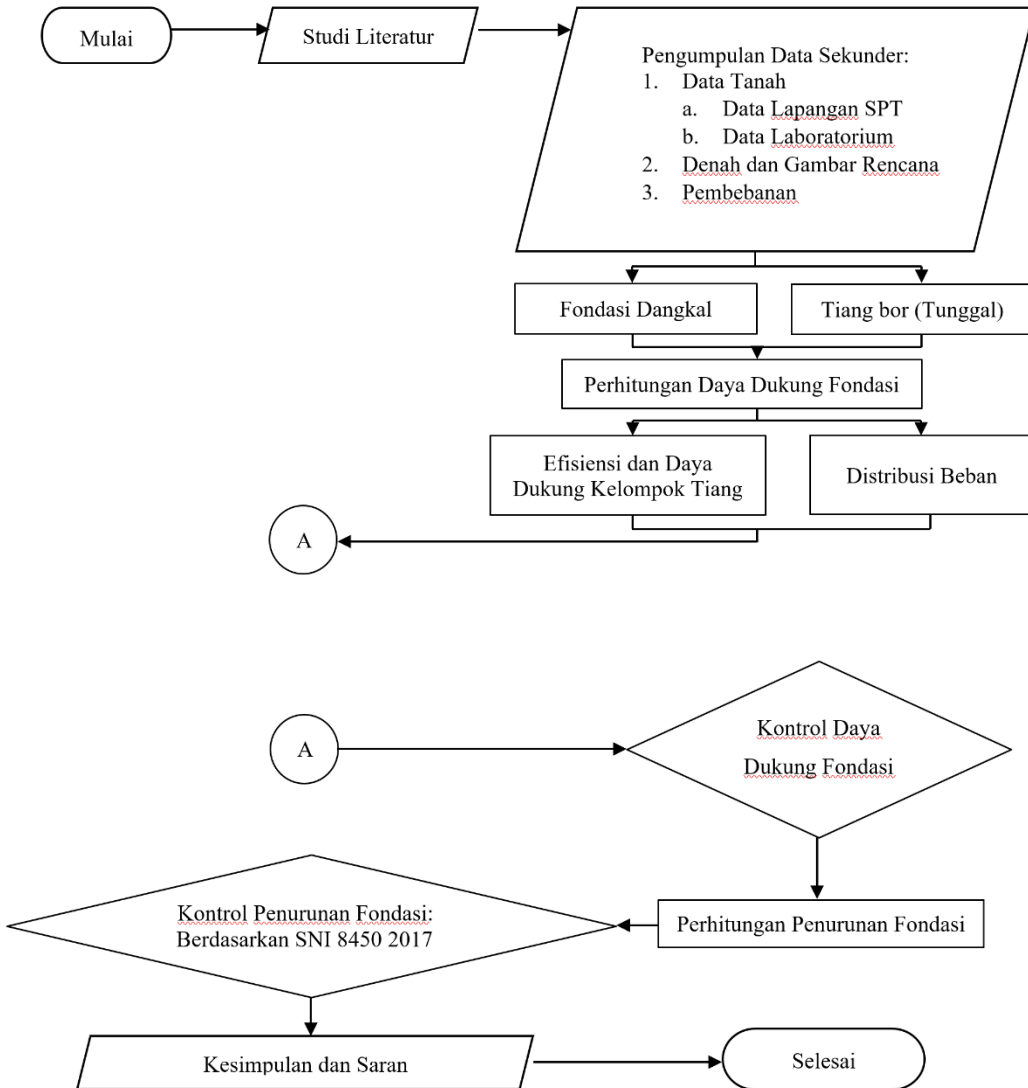
Penurunan jangka panjang

$$S_c = \frac{CC}{(1+e_0)} x H \times \log \left(\frac{p'_0 + \Delta p}{p'_0} \right) \dots (20)$$

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

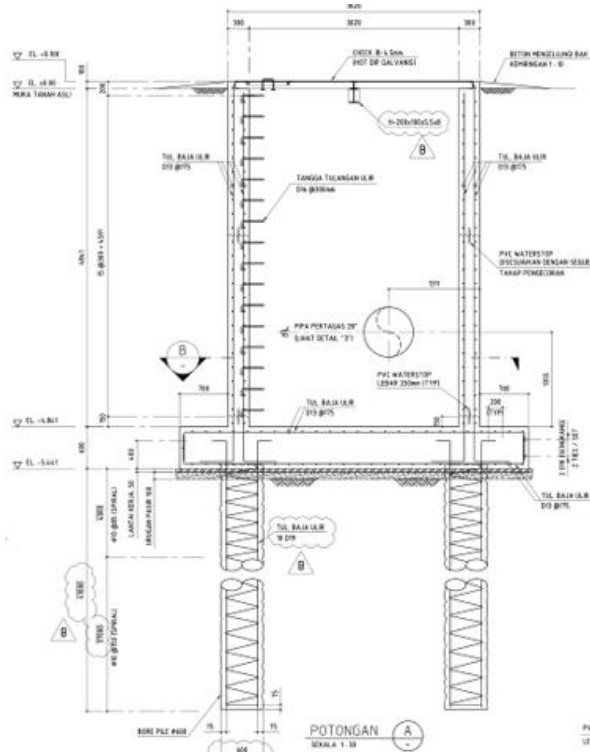
Langkah-langkah untuk Analisis Daya Dukung dan penurunan fondasi adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kombinasi fondasi dangkal dan tiang bor yang dibebani bak pengaman valve



Gambar 6. Pemodelan Struktur Atas dan Fondasi

Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal Metode *Terzaghi*:

Data fondasi $D_f = 0,6 \text{ m}$ $B = 5,02 \text{ m}$ $L = 5,522 \text{ m}$

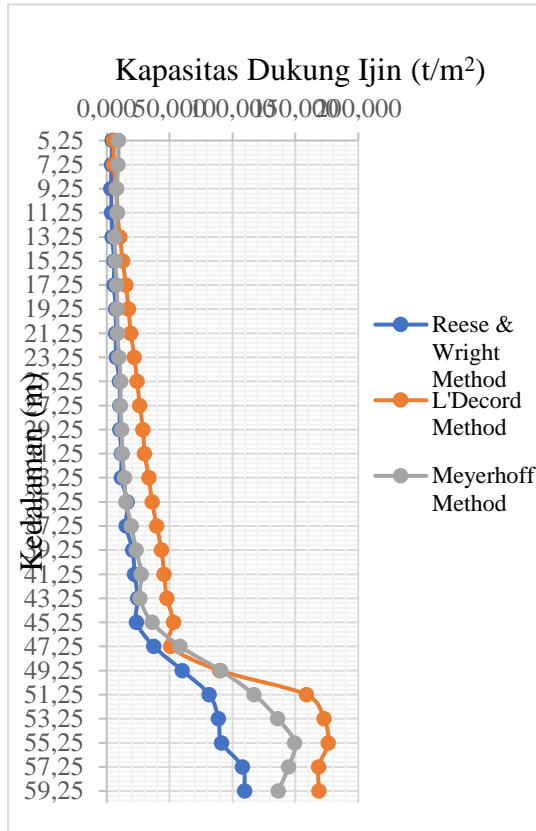
Data tanah $\phi' = 20^\circ$ $c' = 0,03 \text{ kg/cm}^2 = 300 \text{ kg/m}^2$ $\gamma = 1,5 \text{ t/m}^3$ $\gamma_{sat} = 1,5 \text{ t/m}^3$

Kapasitas dukung ultimit untuk $\phi = 20^\circ < 28^\circ$ diasumsikan keruntuhan lokal,

$$q_{ult} = 300 \times 11,85 + 500 \times 3,38 + 0,5 \times 1500 \times 5,02 \times 1,12 = 9461,8 \text{ kg/m}^2$$

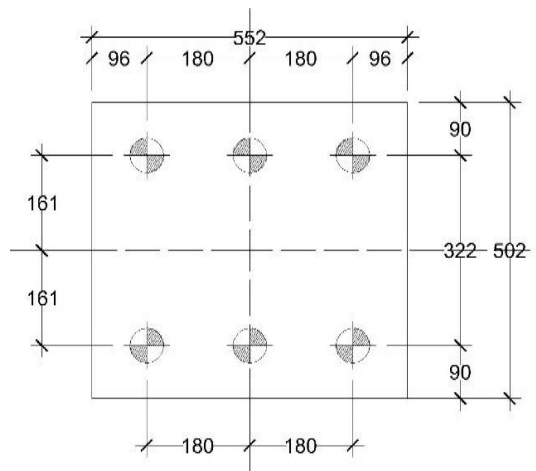
$$Q_{ijin} = q_{ult} / 3 \times A = 3,154 \times 5,522 \times 5,02 = 87,4303 \text{ ton}$$

Kapasitas dukung ijin tiang tunggal diameter 60cm



Gambar 7. Kapasitas Dukung Menggunakan 3 Metode

Berdasarkan gambar 7 kemudian ditentukan daya dukung tiang tunggal ijin dengan kedalaman yang ditentukan, dilanjutkan perhitungan daya dukung tiang kelompok



Gambar 8. Posisi tiang kelompok

Nilai efisiensi kelompok tiang :

$$E_g = 1 - 18,435 \frac{(3-1)x^2 + (2-1)x^3}{90x^2x^3} = 0,761$$

Daya dukung fondasi kombinasi fondasi dangkal dan tiang bore panjang 44m kedalaman 49,54m

$$Q_g = (n \times Q_{ijin \text{ tiang bor}} \times E_g) + Q_{ijin \text{ fondasi dangkal}}$$

$$\text{Metode } L' \text{Decourt, } Q_g = (6 \times 89.854 \times 0,761) + 87,4303 = 497,7036 \text{ ton}$$

$$\text{Metode Meyerhoff, } Q_g = (6 \times 90.650 \times 0,761) + 87,4303 = 501,3382 \text{ ton}$$

$$\text{Metode Reese \& Wright, } Q_g = (6 \times 60.100 \times 0,761) + 87,4303 = 361,8469 \text{ ton}$$

Besarnya beban kerja

Dari hasil *Output Staad Pro* didapat:

$$\text{Momen } x = 2,038 \text{ tm}$$

$$\text{Momen } y = 1,004 \text{ tm}$$

$$\text{Beban Struktur} = 90,736 \text{ ton}$$

$$\text{Beban Tanah} = 92,9193 \text{ ton}$$

$$\text{Beban Pipa} = 26 \text{ ton}$$

$$\text{Beban Kendaraan, } R = 10 \text{ ton (Golongan Arteri kelas II)}$$

$$\text{Beban pada single axle} = 20\% \times R / 2 = 1 \text{ ton}$$

$$\text{Berat total tiang} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2 \times 2,4 \times 44 \times 6 = 179,05536 \text{ ton}$$

$$\text{Berat Total} = 90,736 + 92,9193 + 26 + 1 + 179,05536 = 389,7107 \text{ ton}$$

$$P1 = \frac{389,7107}{6} + \frac{2,038 \times 1,8}{19,44^2} + \frac{1,004 \times 1,61}{10,3684^2} = 64,9765 \text{ ton}$$

$$P2 = \frac{389,7107}{6} + \frac{2,038 \times 1,8}{19,44^2} + 0 = 64,9615 \text{ ton}$$

$$P3 = \frac{389,7107}{6} + \frac{2,038 \times 1,8}{19,44^2} - \frac{1,004 \times 1,61}{10,3684^2} = 64,9464 \text{ ton}$$

$$P4 = \frac{389,7107}{6} - \frac{2,038 \times 1,8}{19,44^2} + \frac{1,004 \times 1,61}{10,3684^2} = 64,9571 \text{ ton}$$

$$P5 = \frac{389,7107}{6} - \frac{2,038 \times 1,8}{19,44^2} + 0 = 64,9421 \text{ ton}$$

$$P6 = \frac{389,7107}{6} - \frac{2,038 \times 1,8}{19,44^2} - \frac{1,004 \times 1,61}{10,3684^2} = 64,9270 \text{ ton}$$

$$P_{total} = 64,809 + 64,794 + 64,7798 + 64,790 + 64,775 + 64,760 = 389,7107 \text{ t}$$

Kontrol Daya Dukung

$$\text{Metode } L' \text{Decourt, } Q_g = 497,7036 \text{ ton} > 388,7107 \text{ ton (Memenuhi)}$$

$$\text{Metode Meyerhoff, } Q_g = 501,3382 \text{ ton} > 388,7107 \text{ ton (Memenuhi)}$$

$$\text{Metode Reese \& Wright, } Q_g = 361,8469 \text{ ton} > 388,7107 \text{ ton (Belum Memenuhi)}$$

Metode *Reese & Wright*, daya dukungnya belum memenuhi dan merupakan nilai daya dukung yang terkecil, sehingga perlu diperpanjang 2m, untuk panjang tiang 46 m pada kedalaman 51,54 m

$$\text{Berat total tiang} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2 \times 2,4 \times 46 \times 6 = 187,1942 \text{ ton}$$

$$\text{Berat Total} = 90,736 + 92,919 + 26 + 1 + 187,850 = 397,8495 \text{ t}$$

$$P_{total} = 66,333 + 66,317 + 66,303 + 64,790 + 64,775 + 64,76 = 397,8495 \text{ t}$$

$$\text{Metode Reese \& Wright, } Q_g = (6 \times 81,556 \times 0,761) + 87,4303 = 459,815 \text{ ton} > 397,8495 \text{ ton (Memenuhi)}$$

Perhitungan Penurunan pada Fondasi Tiang kelompok

Besar Penurunan pada Fondasi Tiang Kelompok

$$S = S_s + S_c$$

$$S_s = 0,6 \times 0,71 \times \frac{14,059 \times 3,82}{4250} = 0,00538 \text{ m} = 0,538 \text{ cm}$$

Penurunan konsolidasi

$$S_c = \frac{0,40}{(1+1,97)} \times 14,667 \times \log \left(\frac{21,210+3,030}{21,210} \right) + \frac{0,76}{(1+1,76)} \times 16 \times \log \left(\frac{30,319+0,548}{30,319} \right) = 0,149 \text{ m} = 14,9 \text{ cm}$$

Kontrol Penurunan

Total Penurunan Kelompok Tiang, $S = 0,538 + 14,9 = 15,418 > 15 \text{ cm}$ tidak memenuhi (SNI 8460 201), maka tiang diperpanjang 46m dengan penurunan sebesar 14,732cm

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan “

1. Kombinasi fondasi dangkal dan tiang bor panjang 44m kedalaman 49,54m
 - Beban kerja 389,7107t
 - Kontrol Daya Dukung
Metode *L'Decourt*, $Q_g = 497,7036 \text{ ton} > 388,7107 \text{ ton}$ (Memenuhi)
Metode *Meyerhoff*, $Q_g = 501,3382 \text{ ton} > 388,7107 \text{ ton}$ (Memenuhi)
Metode *Reese & Wright*, $Q_g = 361,8469 \text{ ton} > 388,7107 \text{ ton}$ (Belum Memenuhi), dan merupakan daya dukung terkecil
 - Kontrol Penurunan
Penurunan yang terjadi $15,418 > 15 \text{ cm}$ tidak memenuhi
2. Kombinasi fondasi dangkal dan tiang bor panjang 46m kedalaman 51,54 m m
 - Beban kerja 397,8495t
 - Kontrol daya dukung
Metode *Reese & Wright*, $Q_g = 459,815 \text{ ton} > 397,8495 \text{ ton}$ (Memenuhi)
 - Kontrol Penurunan
Penurunan yang terjadi $14,732 > 15 \text{ cm}$

Sehingga perencanaan kombinasi fondasi dangkal dan tiang tiang bor yang digunakan dengan panjang tiang 46m kedalaman 51,54m, yang memenuhi persyaratan daya dukung dan penurunan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Das, M. B. (1995). “Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1”. Jakarta : Erlangga
- [2] Das, B. M. (2008). “Principles of Foundation Engineering Seventh Edition”. PWS Publishing, Pasific Grove
- [3] Standar Nasional Indonesia 4153:1008. (2008). “Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT”. Badan Standarisasi Nasional.
- [4] Standar Nasional Indonesia 8460:2017. (2017). “Persyaratan Perancangan Geoteknik”. Badan Standarisasi Nasional.

- [5] Bowles, J. E. (1991). "Analisis dan Desain Pondasi, Edisi Keempat jilid 1". Jakarta : Erlangga
- [6] Bowles, J. E. (1993). "Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat jilid 2". Jakarta : Erlangga
- [7] Hardiyatmo, H. C. (2011). "Analisis dan Perancangan Fondasi II, Edisi Kedua". Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- [8] Peck Terzaghi, K., dan Peck Ralph B. (1987). "Mekanika Tanah dalam Praktik Rekayasa, Edisi Keempat jilid 1". Jakarta : Erlangga
- [9] Husnah. (2018). "Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang pada Proyek Pembangunan Pondasi Tissue Block 5 & 6". Jurnal Teknik Sipil. Riau : Universitas Abdurrah.
- [10] Vesic, A. S. (1973). "Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations".
- [11] Randolph, M. F. (1978). "Analysis of Deformation of Vertically Loaded Piles", Geo Eng.
- [12] Reese, L. C. and O'Neill, M. W. (1989). "New Design Method for Drilled Shafts from Common Soil and Rock Test". American Society of Civil Engineers.
- [13] Sardjono. (1998). "Pondasi Tiang Pancang Jilid 1". Surabaya : Sinar Mas.
- [14] Mila Kusuma Wardani, Gati Sri Utami, Hendra Setiaji. (2017). "Desain Pondasi Tiang Pancang untuk Rumah Tinggal Sederhana pada Kompleks Perumahan Persada Mas Banjarmasin, Kalimantan Selatan". Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan V 2017. Surabaya : Institut Adhi Tama Surabaya.
- [15] Kezia Nadella J, Mila Wardani, Arintha Indah DS, M. Ferdaus NA. (2019). "Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Statis dan Dinamis pada Proyek SBE Plant PT". Ecooils Jaya Indonesia. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII 2019. Surabaya : Institut Adhi Tama Surabaya.
- [16] Rahmad Akbar. (2019). "Analisis Perbandingan Daya Dukung Dengan Menggunakan Metode Terzaghi, Meyerhoff, Hansen, dan Metode Elemen Hingga". Tugas Akhir. Medan : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- [17] Muhammad Fahmi Dirganata. (2018). "Perencanaan Ulang Pondasi Tiang Pancang Dengan Variasi Diameter Menggunakan Metode Meyerhoff, Aoki & De Alencar, dan Luciano Decourt". Tugas Akhir. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia.
- [18] Standar Nasional Indonesia 1727:2013. (2013). "Beban Minimum untuk perencanaan bangunan Gedung dan struktur lain". Badan Standarisasi Nasional