

ANALISIS DAYA DUKUNG DAN EFISIENSI TIANG BOR DENGAN BERBAGAI UKURAN DAN KEDALAMAN DI JAKARTA PUSAT

Edward Suhartono¹, Aniek Prihatiningsih², dan Alfred Jonathan Susilo³

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
edward.325190078@stu.untar.ac.id

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
aniekp@ft.untar.ac.id

³Program Studi Doktor Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
alfred@ft.untar.ac.id

Masuk: 10-07-2023, revisi: 13-08-2023, diterima untuk diterbitkan: 13-10-2023

ABSTRACT

Foundation is one of the most important structural components in a high rise building which has a function to stabilize a building so that it can stand firmly to withstand the weight of the building above it. In its construction, the foundation must be designed optimally both in terms of planning, design, implementation methods to the budgetary costs of the foundation. In this study, we will compare the most effective foundations in terms of strength and price. This can be known by designing the depth of the foundation based on the existing soil parameters, the width of the foundation, and the method of implementation. The foundations to be studied are foundations with a width of 500, 600, 1000, 1200, dan 1500 mm. The plan depths are 25 m, 33 m and 40 m. While the distance between the piles is 2,5D and 3D. It was found that group pile foundations had the most optimum design based on the value of the resulting bearing capacity to the volume of concrete for the entire group pile foundation, which has a diameter of 500 mm, 33m depth of the group piles, and distance between piles 2,5D, and has 631 piles in total.

Keywords: Soil; deep foundation; group pile efficiency; group pile; bearing capacity

ABSTRAK

Fondasi merupakan salah satu komponen struktur penting yang ada pada gedung bertingkat yang berfungsi untuk menjaga kestabilan suatu gedung agar dapat berdiri kokoh menahan beban gedung yang ada di atasnya. Dalam pembangunannya, fondasi harus dirancang dengan maksimal baik dari segi perencanaan, perancangan, metode pelaksanaan hingga biaya anggaran dari fondasi. Pada penelitian ini, akan dibandingkan fondasi yang paling efektif dari segi kekuatan dan harga yang dilihat berdasarkan kubikasi. Hal ini dapat diketahui dengan perancangan kedalaman fondasi berdasarkan parameter tanah yang ada, lebar fondasi, dan metode pelaksanaan. Direncanakan fondasi yang akan diteliti berupa fondasi tiang bor dengan diameter 500, 600, 1000, 1200, dan 1500 mm. Untuk kedalaman rencananya adalah 25 m, 33 m, dan 40 m. Sedangkan jarak antar tiangnya adalah 2,5D dan 3D. Setelah melakukan perhitungan dan analisis melalui berbagai metode, didapatkan fondasi tiang kelompok yang memiliki desain paling optimum berdasarkan besarnya daya dukung yang dihasilkan terhadap banyaknya kubikasi beton untuk keseluruhan fondasi tiang kelompok yaitu tiang kelompok dengan diameter 500 mm, kedalaman tiang kelompok 33m, dan jarak antar tiang 2,5D, serta memiliki 631 tiang.

Kata kunci: Tanah; fondasi dalam; efisiensi tiang kelompok; tiang kelompok; daya dukung

1. PENDAHULUAN

Pembangunan gedung bertingkat sudah menjadi hal yang lumrah terjadi di perkotaan. Dengan membangun gedung bertingkat, hal ini dapat meningkatkan produktifitas suatu perusahaan. Ditambah lagi dengan mahalnya harga tanah di kota-kota besar, semakin memperkuat alasan mengapa banyak perusahaan-perusahaan membangun suatu gedung pencakar langit untuk dijadikan kantor.

Fondasi merupakan salah satu komponen struktur penting yang ada pada gedung bertingkat yang berfungsi untuk menjaga kestabilan suatu gedung agar dapat berdiri kokoh menahan beban gedung yang ada di atasnya. Fondasi tiang bor merupakan salah satu jenis fondasi dalam yang dibangun dengan cara mengebor tanah menggunakan alat berat hingga mencapai kedalaman sesuai dengan rencana kemudian dimasukan tulangan dan kemudian dicor dengan beton. Fondasi tiang bor seringkali digunakan jika tanah yang memiliki daya dukung yang besar untuk bertumpunya fondasi

terletak dikedalaman yang cukup dalam serta keadaan di sekitar tanah bangunan terdapat banyak bangunan-bangunan besar yang sudah berdiri seperti *high rise building* yang jika menggunakan fondasi tiang pancang memungkinkan terjadinya keretakan pada struktur bangunan yang sudah berdiri akibat yang ditimbulkan oleh getaran ketika melakukan kegiatan pemancangan (Jusi, 2015).

Dalam pembangunan gedung bertingkat tinggi, penggunaan jenis fondasi yang digunakan adalah fondasi tiang bor (*bored pile*). Dalam menghitung kapasitas dukungnya, fondasi tiang bor terbagi menjadi dua jenis yaitu Tiang Tumpuan Ujung dan Tiang Gesek. Tiang tumpuan ujung (*end bearing pile*) yang bertumpu untuk mendistribusikan beban ke tanah keras yang berada di ujung tiang, dan tiang gesek (*friction pile*) yang bertumpu dengan mengandalkan gesekan pada selimut tiang fondasi.

Untuk menentukan kapasitas daya dukung ultimit dari fondasi tiang yang akan dibangun, dilakukan proses penyelidikan tanah. Hal ini sangat diperlukan dalam melakukan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dari tiang bor sebelum pembangunan dimulai menurut Jusu (2015). Proses penyelidikan tanah yang dapat dilakukan adalah *Standard Penetration Test* (SPT) yang kemudian data hasil ujiannya dapat dilihat dalam suatu catatan yang disebut borlog. Kemudian terdapat tes yang juga dapat dilakukan untuk memperoleh data tanah yaitu Tes Sondir (*Cone Penetration Test*) yang kemudian hasilnya dapat dilihat didalam grafik sondir.

Menurut Septiadi dan Prihatiningsih (2020), kesalahan dalam mendesain fondasi dapat mengakibatkan kegagalan fondasi yang akan terjadi cepat atau lambat. Namun jika fondasi didesain secara pesimis, maka fondasi yang terbangun akan menjadi boros (*over design*). Hal ini tentunya akan membuat anggaran pengeluaran yang dikeluarkan membengkak sehingga harga proyek menjadi mahal. Disaat yang sama, gedung bertingkat tinggi yang akan dibangun mungkin saja tidak memerlukan spesifikasi fondasi yang terlalu tinggi.

Dengan meninjau ulang Batasan-batasan masalah yang telah dibahas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mencari tipe fondasi dalam yang cocok digunakan untuk menjadi fondasi dalam penelitian ini.
2. Mencari desain ukuran fondasi yang optimum terhadap perhitungan kapasitas daya dukung fondasi.
3. Menentukan jenis fondasi yang efektif berdasarkan anggaran biaya yang rendah.

Dari rumusan masalah yang ada, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan jenis fondasi yang tepat dari berbagai jenis fondasi dalam yang ada berupa *friction pile*, *end-bearing pile*, atau gabungan dari keduanya.
2. Untuk mendapatkan desain ukuran fondasi berupa diameter, kedalaman, dan jarak antar tiang yang optimum dari kesimpulan perhitungan kapasitas daya dukung fondasi, dan kubikasi fondasi.

Tanah

Menurut Darwis (2018), dalam sudut pandang ilmu teknik sipil, tanah merupakan salah satu komponen penyusun kerak bumi selain batuan. Tanah merupakan gabungan dari butiran mineral alami (agregat) yang dapat diurai dengan cara diaduk didalam air. Sedangkan batuan merupakan agregat dimana mineralnya diikat oleh gaya-gaya kohesif yang tidak mudah dipisahkan satu sama lain dengan cara mekanis sederhana. Tanah terbagi atas beberapa jenis berdasar ukuran dan sifat dari tanah tersebut. Berdasarkan ukuran butiran dari yang terkasar hingga yang terhalus, terdapat tanah kerikil (*gravel*), tanah pasir (*sand*), tanah lempung (*clay*), tanah lanau (*silt*), dan tanah lumpur (*mud*). Tanah kerikil (*gravel*) dan tanah pasir (*sand*) memiliki sifat non-kohesif. Sedangkan tanah lempung (*clay*), tanah lanau (*silt*), dan tanah lumpur (*mud*) memiliki sifat kohesif.

Menurut Das (2007), harus diketahui bahwa tanah pada umumnya yang berada di proyek manapun merupakan tanah non-homogen yang artinya profil tanah akan berbeda-beda. Untuk mengetahui kondisi tanah yang akan dilakukan pembangunan struktur, harus melibatkan evaluasi dan penilaian yang bijaksana terhadap kondisi dan parameter tanah yang ada di lapangan. Sebagai contoh, pengetahuan proses di mana endapan tanah terbentuk di lokasi beserta penyelidikan tanah untuk mengetahui kondisi dan komposisi tanah.

Fondasi

Menurut Adisanjaya et al. (2021), fondasi tergolong bagian dari struktur bawah sebuah bangunan. Pada umumnya, fondasi yang digunakan pada suatu bangunan terdiri dari dua jenis yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Masing-masing kegunaannya tergantung dari beban struktur yang ada di atasnya dan kedalaman tanah keras sebagai tumpuan dari fondasi.

Pada saat melakukan perencanaan pembangunan sebuah gedung perkantoran, hotel, apartemen, pertokoan, ataupun perumahan pastinya memerlukan fondasi sebagai suatu komponen struktur bawah untuk menopang struktur yang ada

di atasnya. Fondasi merupakan struktur bangunan yang berada di bawah bangunan yang berfungsi untuk meneruskan beban yang dipikul ke dalam tanah (Antonius & Susilo, 2020).

Daya dukung ultimit

Ketika lapisan tanah pada kedalaman yang dangkal tidak dapat memberikan ketahanan yang cukup untuk menopang bangunan di atasnya, pada umumnya digunakan fondasi tiang untuk mentransfer beban ke kedalaman hingga mencapai suatu kedalaman yang mampu memberikan daya dukung yang cukup untuk bangunan di atasnya. Daya dukung selimut tiang (Q_s) dan daya dukung ujung tiang (Q_p) akan bekerja sama untuk membarikan daya dukung ultimit (Q_u) yang mampu menahan beban yang diterapkan (Xu et al., 2018).

Persamaan 1, kapasitas daya dukung ultimit (Q_u) dari suatu fondasi menurut Das & Sivakugan (2017) pada dasarnya terdiri dari daya dukung ujung tiang (Q_p) dan daya dukung selimut tiang (Q_s).

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (1)$$

Daya dukung ujung tiang

Perhitungan untuk daya dukung ujung tiang untuk tanah lempung menggunakan tiga metode, yaitu metode Meyerhof, Janbu, dan N_{SPT} (Persamaan 2-10). q_p disesuaikan dengan metode yang dipilih.

$$Q_p = A_p \cdot q_p \quad (2)$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi B^2 \quad (3)$$

$$q_p = cN_c^* + q'N_q^* \quad (4)$$

$$\sigma = \gamma_1 \cdot L_b \quad (5)$$

$$L_b = (L_b/B_{(Kritis)})B \quad (6)$$

$$N_q^* = (\tan\phi + \sqrt{1 + \tan^2\phi})^2 e^{2\eta\tan\phi} \quad (7)$$

$$N_c^* = \cot\phi [N_q - 1] \quad (8)$$

$$q_p = 40 \cdot \overline{N_{SPT}} \quad (9)$$

$$\overline{N_{SPT}} = \frac{N_{SPT(1)} + N_{SPT(2)} + \dots + N_{SPT(n)}}{n} \quad (10)$$

Daya dukung selimut tiang

Perhitungan untuk daya dukung selimut tiang untuk tanah lempung menggunakan tiga metode, yaitu metode Alfa (α), Beta (β), dan Lambda (λ) yang dapat dilihat dari Persamaan 11-20. q_s disesuaikan dengan metode yang dipilih.

$$Q_s = \sum A_s \cdot q_s \quad (11)$$

$$A_s = \Theta_i \cdot L_i \quad (12)$$

$$\Theta_i = \pi B \quad (13)$$

$$q_s = \alpha \cdot c \quad (14)$$

$$q_s = \beta \cdot q' \quad (15)$$

$$q' = \gamma_i \cdot L_i \quad (16)$$

$$\beta = K \cdot \tan\phi_d \quad (17)$$

$$K = (1 - \sin\phi_d) \sqrt{OCR} \quad (18)$$

$$OCR = \frac{p_c}{p_o} \quad (19)$$

$$q_s = \lambda (q' + 2c_u) \quad (20)$$

Efisiensi tiang kelompok

Perhitungan untuk efisiensi tiang kelompok menggunakan empat metode, yaitu:

- Metode Converse-Labarre (Persamaan 21-22).

$$\eta = 1 - \left[\frac{(n_1-1)n_2 + (n_2-1)n_1}{90n_1n_2} \right] \theta \quad (21)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{D}{d} \right) \quad (22)$$

- Metode Los Angeles (Persamaan 23).

$$\eta = 1 - \frac{D}{\pi d n_1 n_2} [n_1(n_2-1) + n_2(n_1-1) + \sqrt{2}(n_1-1)(n_2-1)] \quad (23)$$

- Metode Seiler-Keeney (Persamaan 24).

$$\eta = \left\{ 1 - \left[\frac{11d}{7(d^2 - 1)} \right] \left[\frac{n_1 + n_2 - 2}{n_1 + n_2 - 1} \right] \right\} + \frac{0.3}{n_1 + n_2} \quad (24)$$

- Metode Feld (Persamaan 25-26).

$$\text{Eff}_i = 1 - \frac{\sum i}{n} \quad (25)$$

$$E_g = \frac{(\text{Eff}_A \cdot \sum A) + (\text{Eff}_B \cdot \sum B) + (\text{Eff}_C \cdot \sum C)}{n} \quad (26)$$

Daya dukung tiang kelompok

Perhitungan untuk efisiensi tiang kelompok menggunakan dua metode, yaitu:

- Metode Atkinson (2007) (Persamaan 27).

$$Q_{u(g)} = \eta \cdot n \cdot Q_u \quad (27)$$

- Metode Block Failure (Persamaan 28-30).

$$Q_{u(g)} = Q_p + \sum Q_s \quad (28)$$

$$Q_{p(g)} = (L_g \cdot B_g) c_{u(p)} \cdot N_c^* \quad (29)$$

$$\sum Q_{s(g)} = \sum 2(L_g + B_g) c_u \cdot \Delta L \quad (30)$$

Daya dukung izin fondasi

Menurut SNI 8460:2017, bab 9.2.3.1, metode rasional, membahas tentang metode-metode untuk menghitung daya dukung fondasi dangkal dan dalam, daya dukung izin fondasi (Persamaan 31) dapat dihitung dari daya dukung ultimit dibagi dengan suatu faktor keamanan (SF) dengan nilai minimum 2.5 untuk fondasi dalam.

$$Q_{\text{all}} = \frac{Q_u}{\text{SF}} \quad (31)$$

Jarak izin tiang kelompok

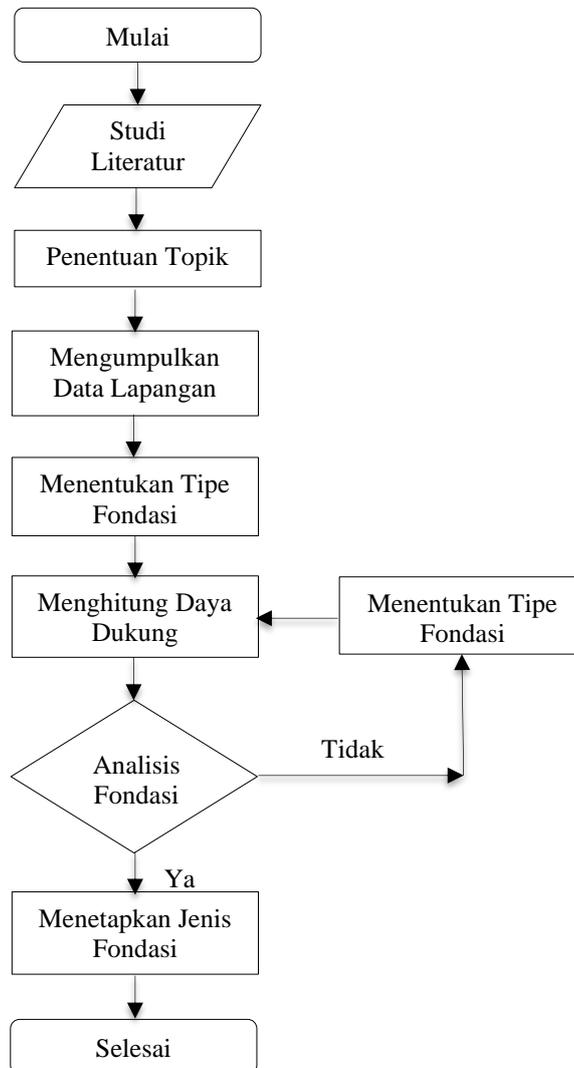
Menurut SNI 8460:2017, bab 9.7.1.2, jarak antar tiang, membahas tentang jarak optimum antar tiang, jarak izin fondasi tiang antara as ke as tiang tidak boleh kurang dari 2.5 kali diameter tiang.

2. METODE PENELITIAN

Bagian ini merupakan proses pengerjaan penelitian dari awal hingga akhir untuk penulisan skripsi yang mana ilustrasi alur proses pengerjaannya dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**

1. Melakukan studi literatur untuk menentukan dasar teori berdasarkan jurnal.
2. Menetapkan topik pembahasan hasil dari studi literatur.

3. Pencarian data lapangan yang memenuhi kriteria sesuai dengan topik yang akan dibahas.
4. Mengumpulkan dasar-dasar teori dan rumus-rumus yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.
5. Menentukan tipe fondasi yang memenuhi spesifikasi pembebanan dari struktur gedung.
6. Menghitung daya dukung fondasi tiang dengan menggunakan berbagai metode perhitungan.
7. Menganalisis jenis fondasi yang optimum dan efisien.
8. Menetapkan jenis fondasi yang akan digunakan serta memberikan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dari penelitian.



Gambar 1. Diagram alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data tanah

Terdapat data tanah yang akan digunakan untuk penelitian pada skripsi ini adalah data tanah dari proyek yang terletak di Jakarta Pusat. Data tanah yang didapatkan berupa suatu laporan data tanah dalam bentuk borlog dari berbagai titik dan hasil dari pengujian laboratorium yang juga dilakukan di berbagai titik dan berbagai kedalaman yang selanjutnya dilakukan proses perhitungan *superimpose* sehingga menghasilkan rangkuman parameter tanah yang dapat dilihat pada Tabel 1-2 yang kemudian akan digunakan dalam perhitungan perencanaan fondasi.

Pembebanan bangunan

Beban dari suatu bangunan terbagi atas beban hidup dan beban mati. Beban hidup dapat berupa manusia, perabot, kendaraan, mesin (seperti pompa atau generator), dan lain-lain. Sedangkan beban mati berupa kolom, balok, pelat

lantai, atap, rangka atap dan lain-lain. Berikut merupakan pembebanan pada penelitian ini yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Parameter tanah

<i>Elevation</i> (m)	<i>Depth</i> (m)	<i>Type of Soil</i>	<i>Consistency</i>	<i>I_p</i> (%)	<i>γ_{sat}</i> (kN/m ³)	<i>e</i>	<i>C_c</i>	<i>C_s</i>
0	9	Silty Clay	Soft	64	16,5	1,6	0,8	0,2
9	17	Clayey Silt	Medium Stiff	64	17	1,7	0,7	0,19
17	25	Silty Sand	Dense	-	18,5	-	-	-
25	33	Silty Clay	Very Stiff	-	19	-	-	-
33	40	Silty Clay	Very Stiff	51	18	1,3	0,55	0,16
40	45	Silty Clay	Stiff	51	18	1,15	0,5	0,15
45	60	Clayey Silt	Medium Stiff	-	17	-	-	-
60	80	Silty Clay	Stiff	47	17,5	1,15	0,5	0,15

Tabel 2. Parameter tanah (lanjutan)

<i>Elevation</i> (m)	<i>Depth</i> (m)	<i>φ'</i> (°)	<i>S_u</i> (kPa)	<i>c'</i> (kPa)	<i>OCR</i>	<i>P_{c'}</i> (kPa)	<i>E_u</i> (MPa)	<i>N-SPT</i>	<i>σ_{z'}</i> (kPa)	
0	9	4,5	18	50	8	2	100	12	5	60
9	17	13	16	80	10	1	200	13	10	220
17	25	21	41	100	14	1,5	600	35	40	360
25	33	29	40	140	24	1	550	30	39	500
33	40	36,5	21	120	25	1	700	50	38	600
40	45	42,5	21	100	22	1	450	40	34	700
45	60	52,5	-	160	46	1	750	50	24	800
60	80	70	22	140	28	0,5	650	45	28	1100

Tabel 3. Pembebanan bangunan

Beban	Nilai (kN)
Beban Mati	12452,0759
Beban Hidup	2149,7076
Beban per Lantai	14601,7835
Beban Keseluruhan (30 Lantai)	438053,5049

Daya dukung tiang tunggal dan kelompok

Pada bagian sebelumnya, telah dilakukannya perhitungan dengan menggunakan spesifikasi tiang kelompok yaitu diameter fondasi 500, 600, 1000, 1200, dan 1500 mm. Menggunakan kedalaman fondasi 25 m, 33 m, dan 40 m. Dengan jarak antar tiang 2,5D dan 3D. Sehingga didapatkan perhitungan seperti pada Tabel 4.

Dengan melihat nilai kubikasi terhadap daya dukung tiang dari suatu tiang kelompok, maka dapat disimpulkan nilai Kubikasi/ $Q_{all(g)}$ terkecil dari fondasi yang paling memenuhi persyaratan adalah $8,11 \times 10^{-3}$ dengan diameter tiang yaitu 0,5 m, kedalaman 33 m, dan jarak antar tiang 2,5D, serta memiliki jumlah 631 tiang.

Gambar 2-7 merupakan perbandingan antara daya dukung tiang kelompok ($Q_{all(g)}$), penurunan tiang kelompok ($S_{t Izin}$), dan kubikasi dari kombinasi fondasi tiang kelompok diameter 500, 600, 1000, 1200, dan 1500 mm. Untuk kedalaman rencananya adalah 25 m, 33 m, dan 40 m. Sedangkan jarak antar tiangnya adalah 2.5D dan 3D dari Tabel 4 yang disajikan dalam bentuk grafik batang. Pada grafik berikut ini merupakan grafik yang membandingkan fondasi di lapangan dengan 5 jenis fondasi dengan diameter yang berbeda-beda namun memiliki kedalaman dan jarak antar tiang yang sama.

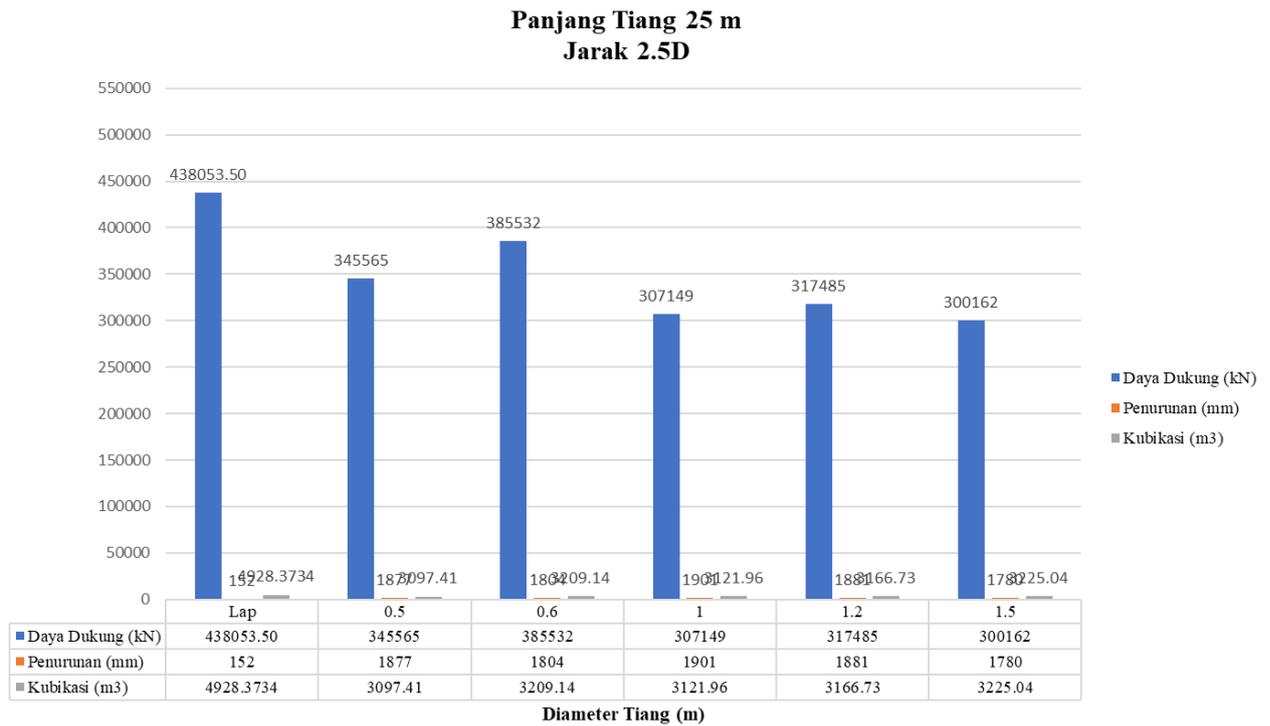
Tabel 4. Analisis daya dukung dan efisiensi tiang kelompok

D (m)	Lp (m)	d	n	Kubikasi (m ³)	Daya Dukung						Kubikasi /Q _{all(g)} (m ³ /kN) (x10 ³)	
					Tiang Tunggal			Tiang Kelompok				
					Qp	Qs	Qu	Qall	Fz	Qall(g)		Kontrol (Fz < Q _{all(g)})
0,5	25	2.5D	631	3097	1413	1703	3115	1199		345565	Not Ok	8,96
0,6	25	2.5D	454	3209	2034	2043	4077	1563		385532	Not Ok	8,32
1	25	2.5D	159	3122	5650	3405	9055	3434		307149	Not Ok	10,16
1,2	25	2.5D	112	3167	8136	4086	12222	4618		317485	Not Ok	9,97
1,5	25	2.5D	73	3225	12713	5108	17821	6704		300162	Not Ok	10,74
0,5	33	2.5D	631	4089	1395	2275	3670	1406		504370	Ok	8,11
0,6	33	2.5D	454	4236	2354	2730	5084	1944		516670	Ok	8,20
1	33	2.5D	159	4121	7242	4550	11793	4468		429775	Not Ok	9,59
1,2	33	2.5D	112	4180	10429	5460	15889	5997		412842	Not Ok	10,13
1,5	33	2.5D	73	4257	16296	6825	23121	8689		388739	Not Ok	10,95
0,5	40	2.5D	631	4956	90	2616	2706	1007		360762	Not Ok	13,74
0,6	40	2.5D	454	5135	139	3140	3279	1203		310102	Not Ok	16,56
1	40	2.5D	159	4995	493	5233	5726	1989		179927	Not Ok	27,76
1,2	40	2.5D	112	5067	787	6279	7066	2392		152805	Not Ok	33,16
1,5	40	2.5D	73	5160	1411	7849	9260	3025	438054	122515	Not Ok	42,12
0,5	25	3D	444	2179	1413	1703	3115	1199		349579	Not Ok	6,23
0,6	25	3D	303	2142	2034	2043	4077	1563		313788	Not Ok	6,83
1	25	3D	112	2199	5650	3405	9055	3434		261623	Not Ok	8,41
1,2	25	3D	80	2262	8136	4086	12222	4618		255125	Not Ok	8,87
1,5	25	3D	56	2474	12713	5108	17821	6704		265114	Not Ok	9,33
0,5	33	3D	444	2877	1395	2275	3670	1406		408879	Not Ok	7,04
0,6	33	3D	303	2827	2354	2730	5084	1944		389803	Not Ok	7,25
1	33	3D	112	2903	7242	4550	11793	4468		340336	Not Ok	8,53
1,2	33	3D	80	2986	10429	5460	15889	5997		331234	Not Ok	9,01
1,5	33	3D	56	3266	16296	6825	23121	8689		343430	Not Ok	9,51
0,5	40	3D	444	3487	90	2616	2706	1007		288385	Not Ok	12,09
0,6	40	3D	303	3427	139	3140	3279	1203		235965	Not Ok	14,52
1	40	3D	112	3519	493	5233	5726	1989		144998	Not Ok	24,27
1,2	40	3D	80	3619	787	6279	7066	2392		125311	Not Ok	28,88
1,5	40	3D	56	3958	1411	7849	9260	3025		112094	Not Ok	35,31

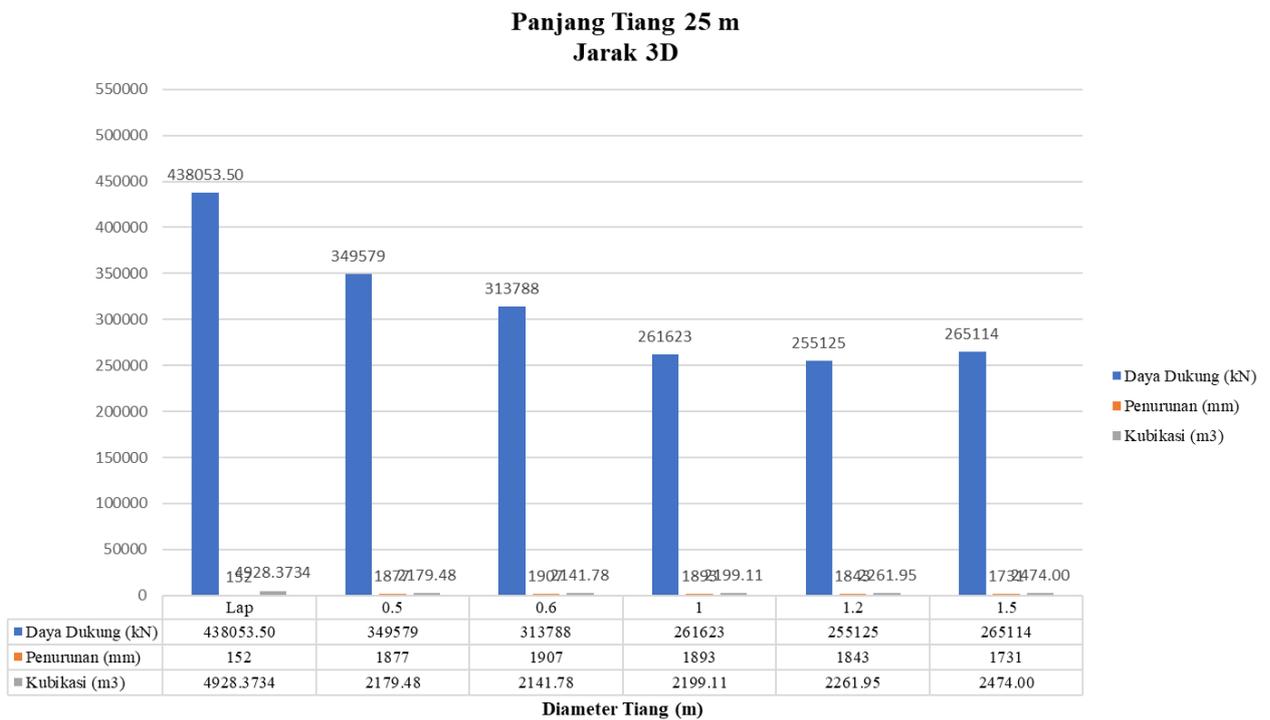
4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

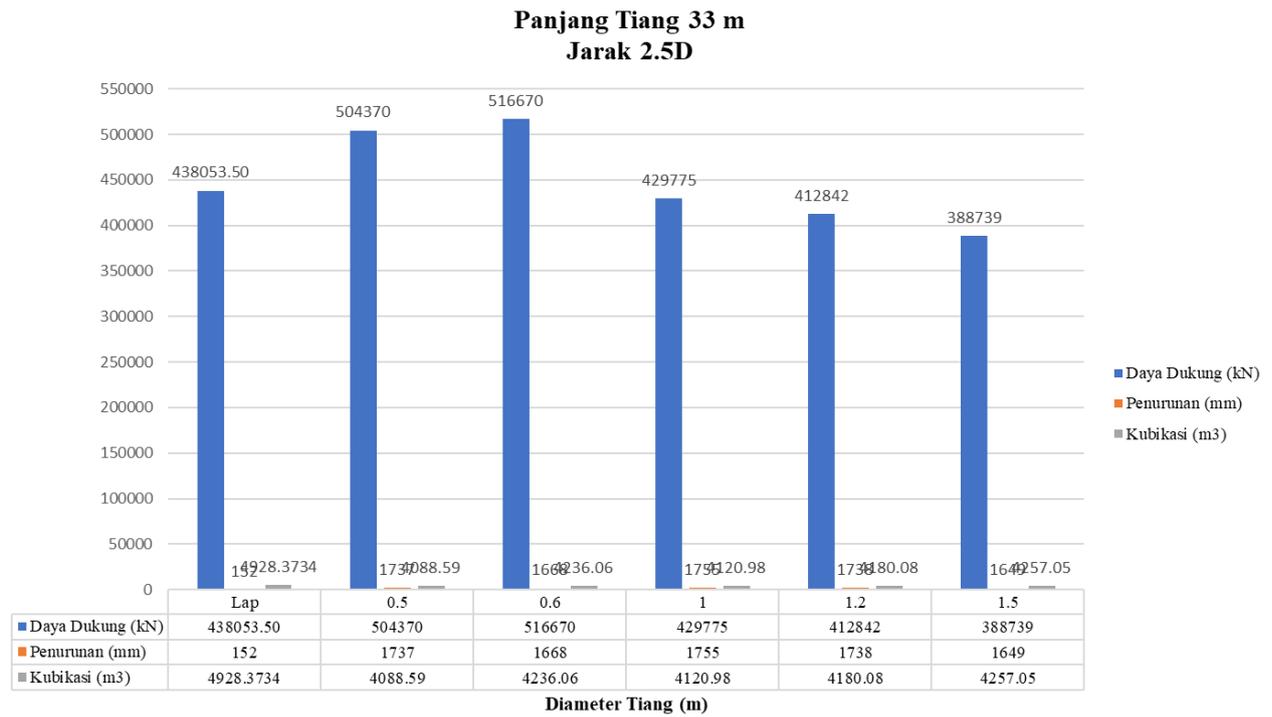
- Berdasarkan hasil perhitungan didapat beban keseluruhan untuk bangunan perkantoran 30 lantai dengan luas tiap lantai 895,7115 m² yaitu sebesar 438053,50 kN.
- Semakin banyak volume beton yang akan digunakan dalam suatu konstruksi fondasi tidak menjamin akan meningkatkan daya dukung fondasi tiang kelompok.
- Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa fondasi yang dipilih oleh peneliti adalah fondasi dengan diameter tiang yaitu 0,5 m, kedalaman 33 m, dan jarak antar tiang 2,5D, serta memiliki jumlah 631 tiang, yang memiliki nilai Kubikasi/Q_{all(g)} 8,11x10³. Fondasi jenis ini dipilih dikarenakan pada penelitian ini, fondasi jenis ini merupakan salah satu fondasi yang dapat menahan daya dukung beban bangunan (Fz) sebesar 438053,50 kN dengan kapasitas daya dukung tiang kelompok (Q_{all(g)}) sebesar 504369,57 kN dan memiliki nilai Kubikasi/Q_{all(g)} yang terkecil diantara fondasi-fondasi yang mampu menahan beban bangunan.



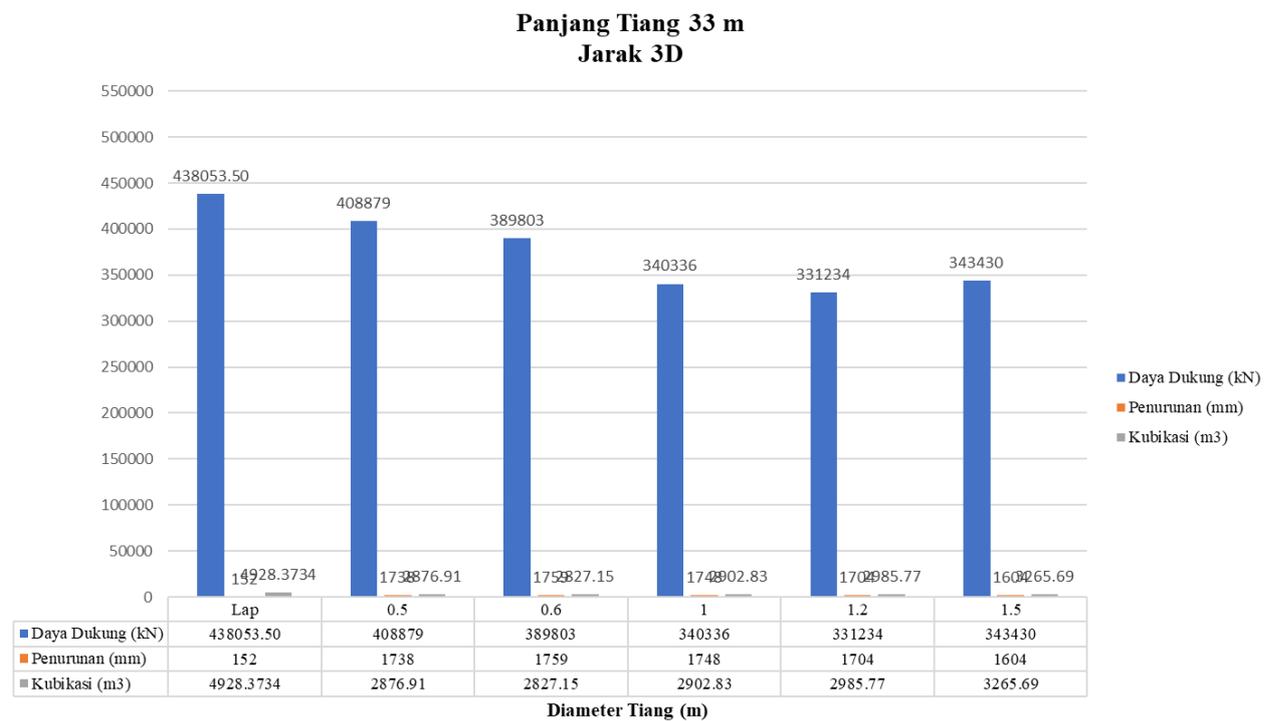
Gambar 1. Grafik untuk panjang tiang 25m untuk jarak antar tiang 2.5D



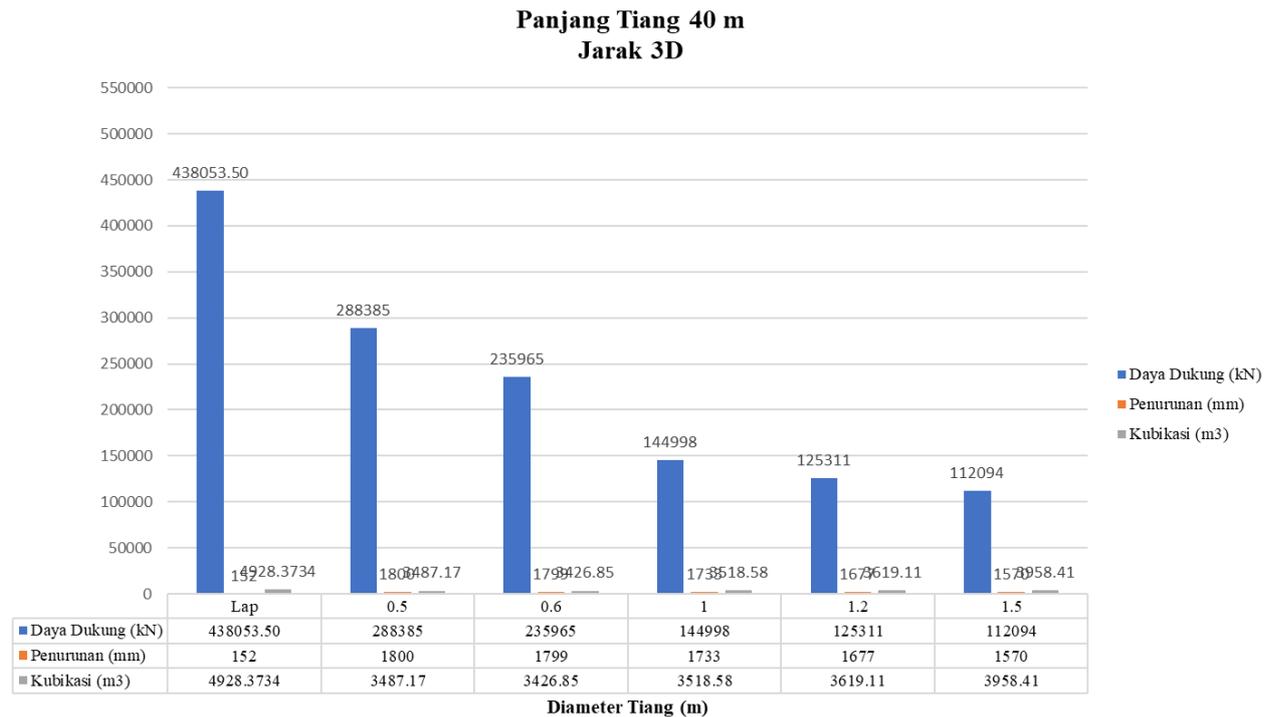
Gambar 2. Grafik untuk panjang tiang 25m untuk jarak antar tiang 3D



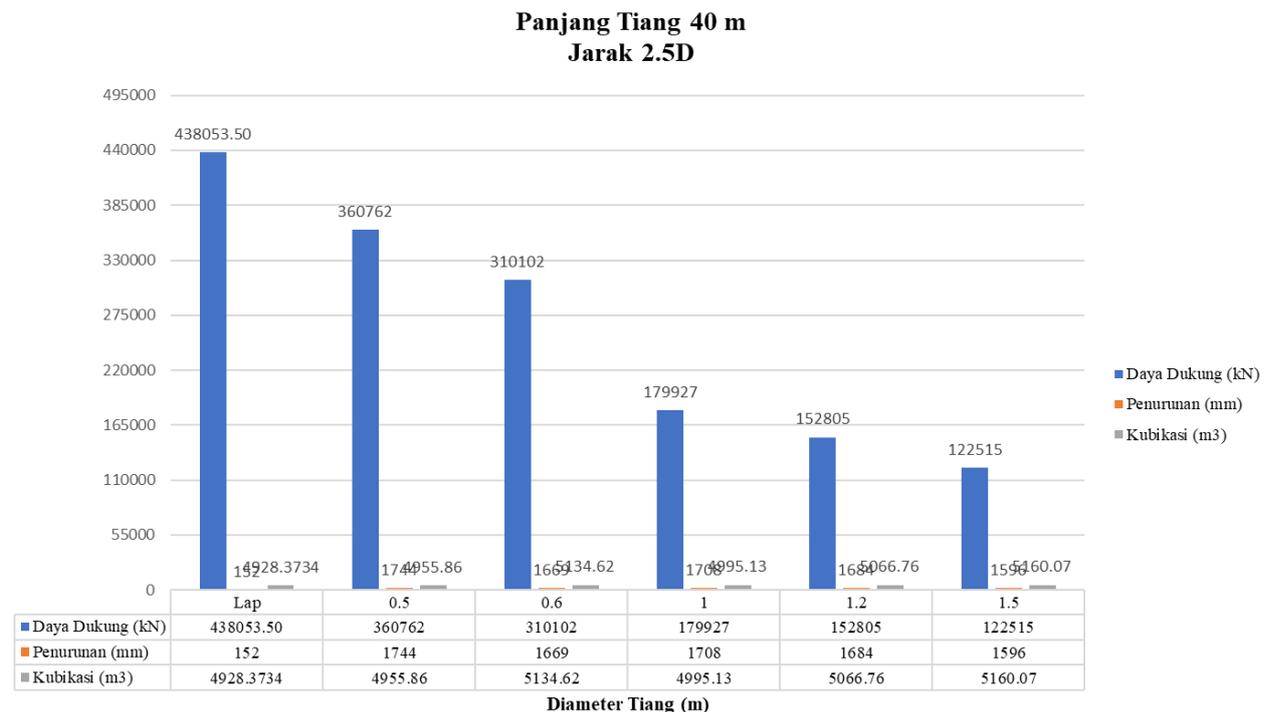
Gambar 3. Grafik untuk panjang tiang 33m untuk jarak antar tiang 2.5D



Gambar 4. Grafik untuk panjang tiang 33m untuk jarak antar tiang 3D



Gambar 5. Grafik untuk panjang tiang 40m untuk jarak antar tiang 2.5D



Gambar 6. Grafik untuk panjang tiang 40m untuk jarak antar tiang 3D

Saran

1. Dikarenakan tipe fondasi yang digunakan tidak mencukupi target daya dukung penurunan fondasi yang diinginkan, maka disarankan untuk menambahkan jenis fondasi lain seperti fondasi rakit (*raft foundation*) untuk menambah daya dukung dan memperkecil penurunan struktur fondasi.
2. Perhitungan dapat dicek menggunakan *software* untuk mendapatkan hasil perbandingan yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisanjaya, K. U., Sholeh, M., & Novianto, D. (2021). Analisis perbandingan kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang (spun pile) dan tiang bor (bored pile) berdasarkan perhitungan dan uji lapangan pada proyek pengembangan kampus Politeknik Negeri Madiun. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 2(3), 36-43. <https://doi.org/10.33795/josmrk.v2i3.818>
- Antonius, F., & Susilo, A. J. (2020). Analisis cara peningkatan daya dukung fondasi dangkal pada konstruksi gedung bertingkat. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(3), 897-910. <https://doi.org/10.24912/jmts.v3i3.8278>
- Atkinson, J. (2007). *The mechanics of soils and foundations*. Taylor & Francis.
- Das, B. M. (2007). *Principle of foundation engineering*. Global Engineering.
- Das, B. M., & Sivakugan, N. (2017). *Principles of foundation engineering*. Cengage.
- Darwis, H. (2018). *Dasar-dasar mekanika tanah*. Pena Indis.
- Jusi, U. (2015). Analisa kuat dukung pondasi bored pile berdasarkan data pengujian lapangan (cone dan n-standard penetration test). *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 50-82. <https://doi.org/10.31849/siklus.v1i2.136>
- Septiadi, K., & Prihatiningsih, A. (2020). Studi manfaat daya dukung belled pile dan multi-belled pile. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(4), 1113-1124. <https://doi.org/10.24912/jmts.v3i4.8394>
- Badan Standardisasi Nasional (2017). *Persyaratan perancangan geoteknik* (SNI 8460:2017).
- Xu, M., Ni, P., Mei, G., & Zhao, Y. (2018). Load-settlement behaviour of bored piles with loose sediments at the pile tip: Experimental, numerical and analytical study. *Computers and Geotechnics*, 102, 92-101. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2018.06.010>

