

STUDI ANALISIS FONDASI TIANG PADA TANAH EKSPANSIF DI DAERAH CIKARANG DAN KARAWANG

Reynaldi Andika¹ dan Andryan Suhendra^{1,2}

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
reynaldi.325190060@stu.untar.ac.id

²Civil Engineering, Binus University, Jl. K. H. Syahdan No. 9, Kemanggis, Palmerah, Jakarta 11480, Indonesia
andryansuhendra@yahoo.com

Masuk: 07-07-2023, revisi: 02-08-2023, diterima untuk diterbitkan: 15-08-2023

ABSTRACT

Expansive soils contain the mineral montmorillonite, which is highly susceptible to changes in moisture content and can easily expand or shrink and subsequently damage the foundation or building above it. Foundation design is important in the construction of a structure and must be properly considered to strengthen the structure. In this study, we want to know the value of changes in the bearing capacity of the pile foundation during soil expansion and shrinkage. And also examine the value of bearing capacity and foundation settlement when there is a change in groundwater level. Because the clay soil shrinks and expands, the negative skin friction and heave analysis of the piles is also carried out. The results of the analysis were obtained using 2D finite element applications. Based on the results of the analysis of the bearing capacity value and soil settlement, the fluctuation of the groundwater table elevation is one of the influential factors, at low elevations the bearing capacity value is greater and the soil settlement is smaller, then at high elevations the opposite will occur. Meanwhile, when the soil is drained, it will produce a greater bearing capacity value than when it is undrained.

Keywords: bearing capacity; expansive soil; settlement; groundwater level; finite element method

ABSTRAK

Tanah ekspansif mengandung mineral montmorilonit, yaitu mineral yang sangat rentan oleh perubahan kadar air sehingga mudah mengalami muai atau susut lalu selanjutnya merusak fondasi atau bangunan di atasnya. Perancangan fondasi adalah hal yang penting dalam pembuatan struktur dan harus dipertimbangkan secara tepat untuk memperkuat struktur. Dalam penelitian ini, kami ingin mengetahui nilai perubahan daya dukung fondasi tiang saat terjadi muai susut tanah. Dan juga meneliti nilai daya dukung dan penurunan fondasi ketika terjadi perubahan muka air tanah. Karena tanah lempung mengalami susut dan kembang, maka dilakukan juga analisis negative skin friction dan heave pada tiang pancang. Hasil analisis didapatkan menggunakan aplikasi elemen hingga 2D. Berdasarkan hasil analisis nilai daya dukung dan penurunan tanah bahwa fluktuasi elevasi muka air tanah merupakan salah satu faktor yang berpengaruh, pada elevasi rendah nilai daya dukung semakin besar dan penurunan tanah semakin kecil maka pada elevasi tinggi akan terjadi kebalikannya. Sedangkan pada saat tanah dalam kondisi drained akan menghasilkan nilai daya dukung yang lebih besar daripada saat kondisi undrained.

Kata kunci: daya dukung; tanah ekspansif; penurunan; muka air tanah; metode elemen hingga

1. PENDAHULUAN

Salah satu jenis tanah yang sering menghadapi masalah adalah tanah lempung ekspansif. Sifat kembang susut yang besar pada tanah ini diakibatkan oleh kadar air. Akibatnya, kerusakan pada bangunan seperti retaknya dinding, terangkatnya fondasi, atau bahkan deformasi pada jalan disebabkan oleh tanah lempung ekspansif. Semua tanah lempung yang mengandung mineral ekspansif cenderung mengalami perubahan volume yang substantial ketika terjadi pergantian kadar air. Faktor lingkungan seperti curah hujan, perbedaan iklim, sistem drainase, dan perubahan elevasi muka air tanah memengaruhi proses perubahan volume pada tanah lempung ekspansif.

Daerah Karawang dan Cikarang dikenal memiliki tanah yang termasuk dalam kategori tanah ekspansif. Kondisi ini dapat berdampak negatif pada kerangka struktural bangunan yang akan dibangun di wilayah tersebut, karena kapasitas dukung tanah yang kurang stabil. Salah satu gejala awal yang sering ditemui di daerah tersebut adalah adanya retakan atau rekahan pada tanah. Retakan ini terjadi sebagai akibat dari tanah yang menyusut saat cuaca panas, namun saat tanah jenuh dengan air maka dapat membesar.

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah mencari dan membandingkan pengaruh muai susut tanah ekspansif dan fluktuasi elevasi muka air tanah pada daya dukung fondasi tiang dan penurunan tanah pada daerah Cikarang dan Karawang.

Tujuan dari penelitian ini berdasarkan rumusan masalah diatas adalah membandingkan daya dukung fondasi dan penurunan tanah di daerah Cikarang dan Karawang akibat fluktuasi elevasi muka air tanah dan muai susut tanah ekspansif.

Fondasi

Fondasi adalah suatu bagian konstruksi bangunan yang menjadi struktur bawah suatu bangunan (Bowles, 1997). Fondasi berfungsi sebagai komponen struktur rendah dari bangunan yang bertanggung jawab untuk mengalihkan beban ke tanah secara menyeluruh dari struktur atas (Hardiyatmo, 2002). Banyak faktor dalam mendesain fondasi yang dipengaruhi oleh jenis, kedalaman, bentuk, dan bahan fondasi. Selain itu, faktor luar seperti kondisi tanah, beban struktur, dan waktu yang dibutuhkan juga akan mempengaruhi pemilihan fondasi yang akan digunakan. Fondasi yang digunakan pada penelitian ini adalah fondasi tiang pancang, karena bangunan tersebut memiliki 8 lantai. Penggunaan tiang pancang ini didasarkan pada faktor-faktor yang diperoleh dari data tanah atau kondisi proyek.

Tanah ekspansif

Tanah lempung lunak dianggap sebagai masalah dalam bidang konstruksi karena rendahnya daya dukung dan penyebaran yang luas di permukaan bumi, termasuk di Indonesia. Pembangunan saat ini berkembang dengan pesat, sehingga penggunaan lahan juga semakin meluas. Masalah timbul ketika infrastruktur dibangun di tanah lunak karena ketersediaan lahan yang semakin terbatas. Kondisi tanah tersebut menjadi faktor penting dalam pendirian bangunan. Salah satu hal yang harus dihindari adalah penurunan tanah yang berlebihan (*excessive settlement*), yang berhubungan dengan perubahan volume tanah dan dapat menyebabkan kerusakan pada struktur jika pencegahan yang optimal tidak dilakukan (Bowles, 1992).

Tanah lunak seperti lempung cenderung tidak stabil dan memiliki kapasitas dukung yang rendah untuk beban konstruksi. Sifat tanah lempung, seperti gaya geser yang kecil, kemampuan mampat yang tinggi, dan faktor pengaliran air yang rendah, menjadi penyebab utama. Jika pembebanan konstruksi melebihi batas daya dukung kritis, maka tanah fondasi dapat mengalami kerusakan. Tanah ekspansif terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Masalah pada tanah ekspansif

Daya dukung fondasi

Fondasi dalam memiliki fungsi utama untuk menyalurkan beban bangunan ke dalam tanah dengan kedalaman yang telah ditentukan. (Das & Sivakugan, 2018). Menurut (Hardiyatmo, 2008) fondasi dalam dapat ditinjau berdasarkan cara mendukung beban yaitu:

1. Tiang ujung (*end bearing pile*)
Tiang ujung adalah jenis tiang yang kapasitas daya dukungnya ditentukan oleh konsistensi tanah di bagian ujungnya. Biasanya, tiang ini ditempatkan pada lapisan tanah keras.
2. Tiang geser (*friction pile*)
Tiang geser adalah jenis tiang yang kapasitas daya dukungnya ditentukan oleh gaya geser. Gaya geser ini terjadi antara dinding tiang dan tanah di sekitar tiang tersebut.

Pada penelitian ini akan menggunakan metode Vesic dan Meyerhof untuk mencari daya dukung ujung tiang pada fondasi tiang pancang. Metode Meyerhof dapat dilihat sebagai Persamaan 1.

$$Q_p = 9 S_u A_p \quad (1)$$

Metode Vesic dapat dilihat sebagai Persamaan 2.

$$Q_p = S_u A_p N_c^* \quad (2)$$

dengan Q_p = daya dukung ujung tiang (kN), A_p = Luas permukaan (m^2), S_u = kohesi pada ujung tiang *undrained* (kN), N_c^* = Faktor daya dukung tiang berasal dari korelasi c_u dan E_s .

metode alpha digunakan untuk mencari daya dukung selimut tiang pada fondasi tiang pancang. Metode Alpha dapat dilihat sebagai Persamaan 3.

$$Q_s = \sum \alpha S_u K_p \Delta H \quad (3)$$

dengan Q_s = daya dukung selimut tiang (kN), α = faktor adhesi empiris berasal dari korelasi c_u , S_u = kohesi pada ujung tiang *undrained*, K_p = keliling tiang (m), ΔH = tebal lapisan (m).

Interpretasi hasil uji cyclic loading test

Pada penelitian ini untuk mencari nilai daya dukung fondasi menggunakan aplikasi elemen hingga hanya bisa didapatkan nilai penurunan. Oleh karena itu digunakan metode chin untuk menginterpretasikan nilai penurunan yang didapat agar menjadi nilai daya dukung fondasi. Metode Chin dapat dilihat sebagai berikut.

Metode Chin mengasumsikan bahwa grafik yang menggambarkan hubungan antara beban dan penurunan memiliki bentuk kurva hiperbola. Walaupun pengujian hingga batas beban ultimit belum dilakukan, dengan menggunakan asumsi tersebut, beban ultimit dan daya dukung ultimit bisa didapatkan.

Perhitungan beban ultimit (Persamaan 4-6) dari fondasi tiang menggunakan metode Chin adalah sebagai berikut:

1. Plot kurva antara rasio beban dan penurunan berdasarkan hasil uji *cyclic loading test*.
2. Diperoleh persamaan dengan cara menarik garis regresi terhadap data yang ada.
3. C_1 dihitung dari persamaan garis, atau dari gradien kemiringan.

$$C_1 = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (4)$$

$$C_2 = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (5)$$

$$Q_u = \frac{1}{C_1} \quad (6)$$

Grafik digambarkan dengan beban pada sumbu y dan Penurunan pada sumbu x yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Penurunan tanah

Pada penelitian ini akan dicari Penurunan tanah yang terdiri dari penurunan elastis dan penurunan konsolidasi primer. Penurunan elastis menggunakan metode Vesic.

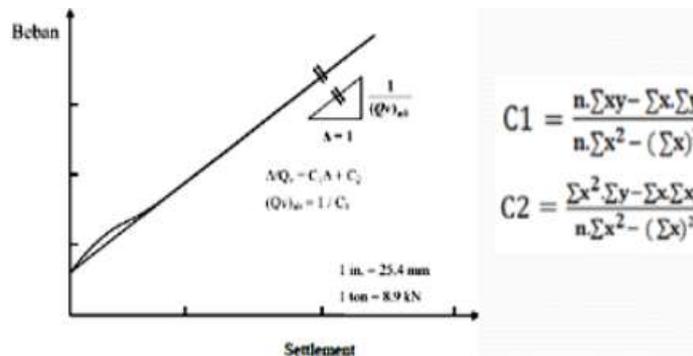
Rumus penurunan elastis dapat dihitung dengan Persamaan 7-10.

$$S_e = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \quad (7)$$

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p} \quad (8)$$

$$S_{e(2)} = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \quad (9)$$

$$S_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL}\right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} = \frac{Q_{ws} C_s}{L q_p} \quad (10)$$



Gambar 2. Interpretasi beban ultimit metode Chin (Chin et al., 1985)

dengan S_e = penurunan elastis (m), $S_{e(1)}$ = pemendekkan elastis tiang (m), $S_{e(2)}$ = penurunan ujung tiang (m), $S_{e(3)}$ = Penurunan akibat gesekan selimut tiang (m), Q_{wp} = beban yang bekerja pada ujung tiang (kN), Q_{ws} = beban yang bekerja pada gesekan selimut tiang (kN), ξ = konstanta nilai skin friction (0,5-0,67), q_{wp} = beban luas area pada ujung tiang, n = jumlah tiang, E_s = modulus elastisitas tanah (kN/m^2), I_{wp} dan I_{ws} = faktor pengaruh, C_s = konstanta empiris, P = perimeter tiang (m).

Rumus penurunan konsolidasi primer dapat dihitung dengan Persamaan 11-13.

- *Normally consolidated*

$$S_c = \frac{C_c H_c}{1 + e_o} \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o} \quad (11)$$

- *Over consolidated*

Kondisi $\sigma'_o + \Delta\sigma' \leq \sigma'_c$

$$S_c = \frac{C_s H_c}{1 + e_o} \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o} \quad (12)$$

Kondisi $\sigma'_o + \Delta\sigma' > \sigma'_c$

$$S_c = \frac{C_s H_c}{1 + e_o} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} + \frac{C_c H_c}{1 + e_o} \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_c} \quad (13)$$

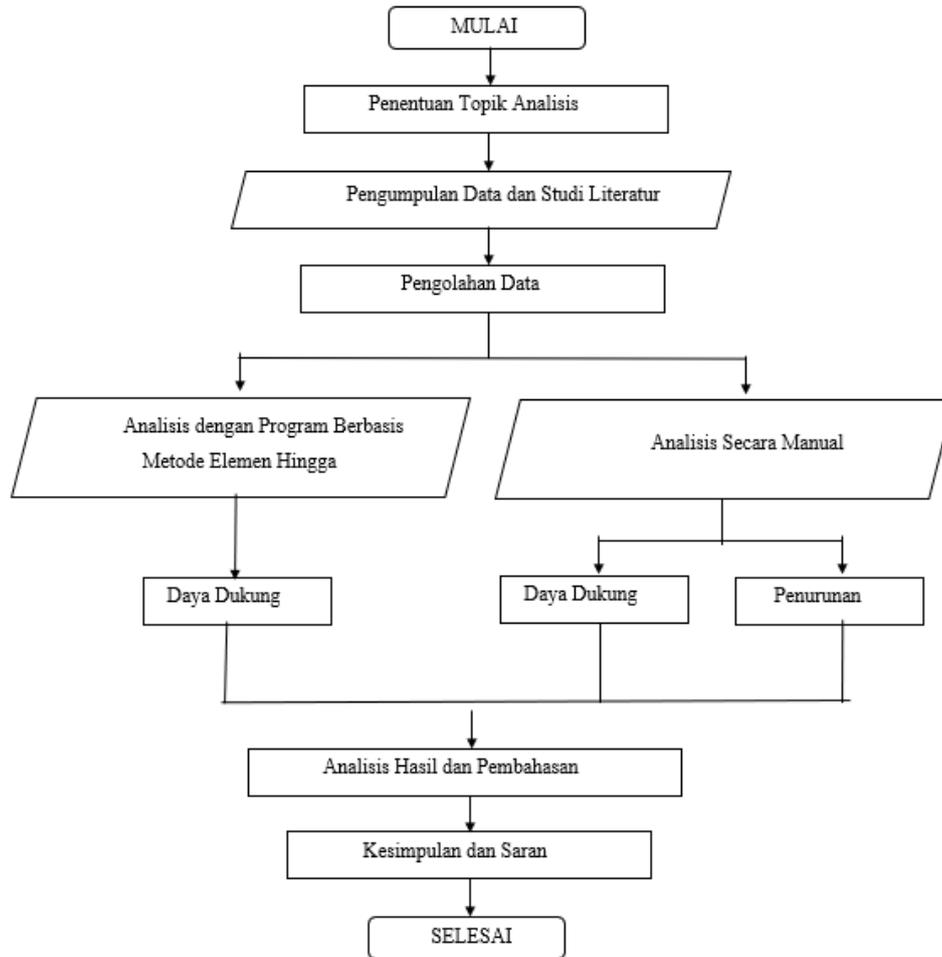
dengan S_c = penurunan konsolidasi primer (m), e_o = rasio pori awal tanah, C_c = indeks kompresibilitas, C_s = indeks pemuain, H_c = Tebal lapisan tanah (m), σ'_o = *effective overburden pressure* (kN/m^2), σ'_c = Tekanan prakonsolidasi (kN/m^2), $\Delta\sigma'$ = perubahan tekanan (kN/m^2)

2. METODE PENELITIAN

Berikut merupakan tahapan yang dilakukan pada penelitian ini:

1. Menentukan topik penelitian yang akan dibahas dalam jurnal ini.
2. Mencari dan mengumpulkan referensi serta teori yang berguna untuk mendukung penelitian ini berupa jurnal, buku literatur, artikel yang berhubungan dengan topik pembahasan yang ditentukan.
3. Mencari dan melakukan korelasi untuk menentukan parameter-parameter yang akan digunakan untuk analisis pada data-data yang ada.
4. Menginput dan menghitung data-data yang telah didapatkan lalu diproses kedalam program berbasis geoteknik dan perhitungan manual.
5. Mendapatkan hasil dari program dan perhitungan manual berupa data nilai daya dukung, dan penurunan tanah saat terjadi fluktuasi elevasi muka air tanah dan pengaruh muai susut tanah pada nilai daya dukung.
6. Membandingkan data yang didapat dari tanah daerah Cikarang dan Karawang.
7. Membuat kesimpulan dan saran secara menyeluruh berdasarkan hasil penelitian.

Untuk memperjelas metode penelitian terlihat diagram alir pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data proyek

Untuk menghitung daya dukung fondasi dan penurunan tanah maka digunakan *boring log*, sondir, dan data laboratorium yang didapat dari data proyek di daerah Cikarang dan Karawang. Data proyek Cikarang terdiri dari 3 titik bor, 3 titik sondir, dan data laboratorium. Dan data proyek Karawang terdiri dari 5 titik bor, 6 titik sondir, dan data laboratorium. Dari data proyek ini akan dibuat parameter akhir yang akan menyimpulkan kondisi tanah pada lokasi studi kasus. Parameter akhir tanah dapat dilihat pada Tabel 1-9.

Tabel 1. Parameter tanah kondisi *undrained* pada proyek di daerah Cikarang

PARAMETER DESAIN							
ELEVASI (m)	KEDALAMAN (m)		JENIS TANAH	KONSISTENSI	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{wet} (kN/m ³)	e_0
0	6,5	3,25	Lempung Lanau	Kaku Sedang	17	15	1,33
6,5	18,5	12,5	Lanau Lempung	Sangat Kaku	18	16	1,65
18,5	22,5	20,5	Lempung Lanau	Sangat Kaku	17	15	1,34
22,5	30	26,25	Lanau Lempung	Sangat Kaku Hingga Keras	20	18	1,51

Tabel 2. Parameter tanah kondisi *undrained* pada proyek di daerah Cikarang (lanjutan)

PARAMETER DESAIN										
Cc	Cs	ϕ' (°)	Su (kPa)	c' (kPa)	OCR	Pc' (kPa)	Eu (kPa)	E' (kPa)	N-SPT	qc (kg/cm ²)
0,3	0,06	25	35	7	6	200	10500	7035	10	25
0,34	0,068	25	60	12	3	350	18000	12060	17	60
0,2	0,04	25	80	16	2	400	24000	16080	22	90
0,26	0,052	25	140	28	2,5	650	42000	28140	33	150

Tabel 3. Parameter tanah kondisi *drained* pada proyek di daerah Cikarang

PARAMETER DESAIN							
ELEVASI (m)	KEDALAMAN (m)	JENIS TANAH	KONSISTENSI	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{wet} (kN/m ³)	e_0	
0	6,5	3,25	Lempung Lanau	Kaku Sedang	17	15	1,33
6,5	18,5	12,5	Lanau Lempung	Sangat Kaku	18	16	1,65
18,5	22,5	20,5	Lempung Lanau	Sangat Kaku	17	15	1,34
22,5	30	26,25	Lanau Lempung	Sangat Kaku Hingga Keras	20	18	1,51

Tabel 4. Parameter tanah kondisi *drained* pada proyek di daerah Cikarang (lanjutan)

PARAMETER DESAIN										
Cc	Cs	ϕ' (°)	Su (kPa)	c' (kPa)	OCR	Pc' (kPa)	Eu (kPa)	E' (kPa)	N-SPT	qc (kg/cm ²)
0,3	0,06	25	50	10	6	200	15000	10050	10	25
0,34	0,068	25	70	14	3	350	21000	14070	17	60
0,2	0,04	25	100	20	2	400	30000	20100	22	90
0,26	0,052	25	160	32	2,5	650	48000	32160	33	150

Tabel 5. Parameter tanah kondisi *undrained* pada proyek di daerah Karawang

PARAMETER DESAIN							
ELEVASI (m)	KEDALAMAN (m)	JENIS TANAH	KONSISTENSI	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{wet} (kN/m ³)	e_0	
0	2	1	Lempung Lanau	Lunak	16	14	0,96
2	10	6	Lempung Lanau	Kaku	18	16	1,05
10	17	13,5	Pasir Lempung	Padat	20	18	-
17	17,6	17,3	Pasir Lempung	Keras	21	19	-

Tabel 6. Parameter tanah kondisi *undrained* pada proyek di daerah Karawang (lanjutan)

PARAMETER DESAIN										
Cc	Cs	ϕ' (°)	Su (kPa)	c' (kPa)	OCR	Pc' (kPa)	Eu (kPa)	E (kPa)	N-SPT	qc (kg/cm ²)
0,38	0,02	25	55	11	30	500	16500	11055	4	15
0,52	0,11	25	70	14	5	400	21000	14070	15	25
-	-	31	110	22	2	550	33000	22110	34	60
-	-	34	140	28	2	650	42000	28140	50	250

Tabel 7. Parameter tanah kondisi *drained* pada proyek di daerah Karawang

PARAMETER DESAIN							
ELEVASI (m)	KEDALAMAN (m)	JENIS TANAH	KONSISTENSI	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{wet} (kN/m ³)	e_0	
0	2	1	Lempung Lanau	Lunak	17	15	1,33
2	10	6	Lempung Lanau	Kaku	18	16	1,65
10	17	13,5	Pasir Lempung	Padat	17	15	1,34
17	17,6	17,3	Pasir Lempung	Keras	20	18	1,51

Tabel 8. Parameter tanah kondisi *drained* pada proyek di daerah Karawang (lanjutan)

PARAMETER DESAIN										
Cc	Cs	ϕ' (°)	Su (kPa)	c' (kPa)	OCR	Pc' (kPa)	Eu (kPa)	E' (kPa)	N-SPT	qc (kg/cm ²)
0,38	0,02	25	40	8	30	500	12000	8040	4	15
0,52	0,11	25	90	18	5	400	27000	18090	15	25
-	-	31	120	24	2	550	36000	24120	34	60
-	-	34	160	32	2	650	48000	32160	50	250

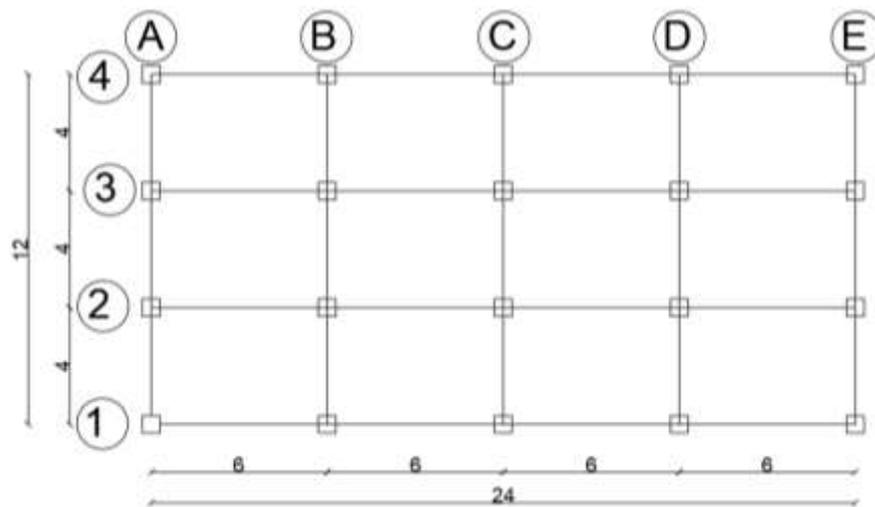
Tabel 9. Data material tiang pancang

Parameter	Nilai
Identifikasi	<i>Spun Pile</i>
Model material	<i>Liner elastic</i>
Drainage Type	<i>Non-porous</i>
γ_{unsat} (kN/m ³)	24
e_0	0,5
f'c (MPa)	42
E (kN/m ²)	30.459.481
ν'	0,1
G (kN/m ²)	13.845.218,7648
Eod (kN/m ²)	31.151.742,2208

Tiang pancang dengan jenis *spun piles* adalah tiang pancang dengan jenis spun piles dengan mutu beton f'c sebesar 42 mPa dengan ukuran 600 x 600 mm dari WIKA Beton adalah Profil tiang pancang yang akan digunakan pada penelitian ini.

Ukuran dan berat bangunan

Bangunan yang diasumsi berada diatas fondasi memiliki konfigurasi 24 m x 12 m. Ilustrasi konfigurasi terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Denah bangunan

Berat beban yang akan digunakan terlihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Beban struktur atas

Jumlah Lantai	Konversi Beban Terpusat (kN)	Beban Kolom (kN)	Beban Kolom (ton)
8	17395,2	869,76	88

Untuk perhitungan menggunakan aplikasi elemen hingga, pada penelitian ini menggunakan *cyclic loading test* pada tiang pancang menggunakan beban rencana yang dibuat menjadi 25%, 50%, 75%, 100%, 125%, 150%, 175%, dan 200%. Sedangkan untuk perhitungan untuk mencari *negative skin friction* maka diasumsikan bahwa ada beban merata diatas tanah sebesar 10 ton.

Perhitungan daya dukung fondasi (Qall)

Perhitungan daya dukung fondasi melibatkan penentuan nilai daya dukung ujung tiang dan daya dukung selimut tiang. Perhitungan daya dukung ujung tiang dilakukan dengan menggunakan metode Meyerhof dan metode Vesic. Dan metode Alpha digunakan untuk perhitungan daya dukung selimut tiang. Dalam perhitungan ini, hasil yang digunakan adalah nilai minimum dari kedua metode tersebut untuk mengetahui kondisi daya dukung ujung tiang yang paling rendah, sehingga dapat menghindari kegagalan desain. Perhitungan Qall ini menggunakan metode perhitungan teoritis sedangkan untuk Qall aplikasi menggunakan metode chin untuk interpretasi hasil *cyclic loading test* melalui aplikasi elemen hingga menjadi daya dukung tiang. Berikut hasil perhitungan akhir daya dukung fondasi tiang pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil perhitungan akhir daya dukung fondasi tiang terhadap fluktuasi elevasi muka air tanah

Elevasi Air Tanah (m)	Qall Cikarang (Ton)	Qall Cikarang Aplikasi (Ton)	Qall Karawang (Ton)	Qall Karawang Aplikasi (Ton)
-1	78	104,3484	90	85,6594
-5	78	105,3783	100	85,8926
-10	78	107,5744	100	86,1380

Tabel 12. Hasil perhitungan akhir daya dukung fondasi tiang terhadap muai susut tanah

Tipe Tanah	Qall Cikarang (Ton)	Qall Cikarang Aplikasi (Ton)	Qall	
			Karawang (Ton)	Qall Karawang Aplikasi (Ton)
<i>Undrained</i>	78	104,3485	90	85,6594
<i>Drained</i>	86	111,6057	97	104,9996

Perhitungan *negative skin friction* (Q_{neg})

Perhitungan nilai *negative skin friction* akan dihitung dengan fondasi tiang ujung dengan melihat fluktuasi elevasi muka air tanah. Perhitungan *negative skin friction* akan menggunakan metode Chin. Hasil yang didapat dari perhitungan menggunakan plaxis saat terdapat beban merata diatas tanah dan tidak akan dibandingkan untuk mengetahui berapa besar *negative skin friction* yang terjadi. Perhitungan nilai daya dukung akan diterapkan pada semua kondisi yang akan dianalisis. Berikut hasil perhitungan akhir *negative skin friction* tiang pancang terlihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Kesimpulan akhir perhitungan *negative skin friction* tiang pancang

Elevasi Air Tanah (m)	Qneg Cikarang (Ton)	Qneg Karawang (Ton)
-1	4,5151	5,8882
-5	6,8395	5,9453
-10	10,6756	8,5613

Perhitungan *heave* pada tiang pancang

Perhitungan besar *heave* yang terjadi pada tiang pancang menggunakan aplikasi elemen hingga dengan cara menaaktifkan tanah di lapisan pertama sedalam 1 m dan sepanjang 10 m untuk dapat melihat seberapa besar *heave* yang terjadi. Berikut hasil besar *heave* yang terjadi terlihat pada Tabel 14.

Perhitungan penurunan tanah

Perhitungan penurunan tanah fondasi dalam akan menggunakan metode Vesic. Perhitungan penurunan tanah akan dilakukan pada kedalaman yang telah ditentukan pada perhitungan daya dukung serta saat kondisi beban tetap diatas tiang pada jangka panjang dan tidak mempertimbangkan efek *swelling*. Perhitungan penurunan tanah terdiri dari penurunan elastis dan penurunan konsolidasi primer. Penurunan konsolidasi pada daerah karawang tidak diperhitungkan karena 2/3 panjang tiang berada pada lapisan pasir. Berikut hasil perhitungan penurunan tanah terlihat pada Tabel 15.

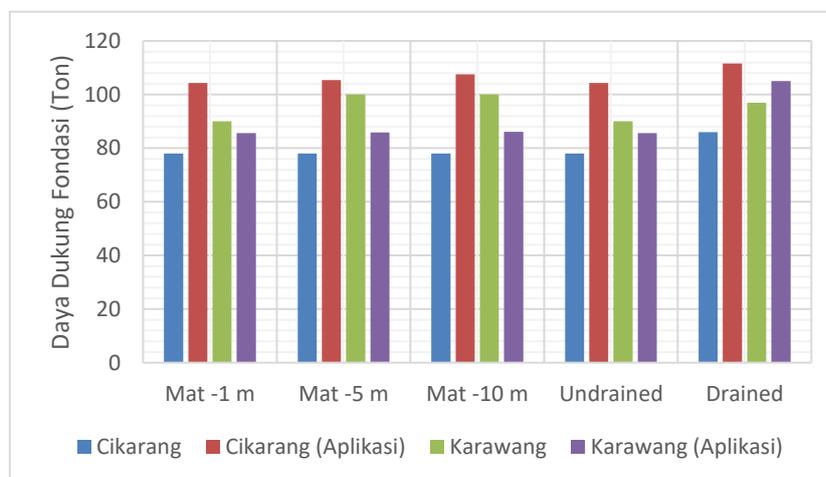
Tabel 14. Kesimpulan akhir perhitungan *heave* pada tiang pancang

Elevasi Air Tanah (m)	<i>Heave</i> Cikarang (mm)	<i>Heave</i> Karawang (mm)
-1	2,7246	0,4081
-2	2,4453	0,4077
-3	2,1721	0,4027
-4	1,9118	0,4008
-5	1,6964	0,3997
-6	1,4427	0,3995
-7	1,3432	0,3994
-8	1,2968	0,3979
-9	1,2786	0,3955
-10	1,2817	0,3924

Tabel 15. Kesimpulan akhir perhitungan penurunan tanah

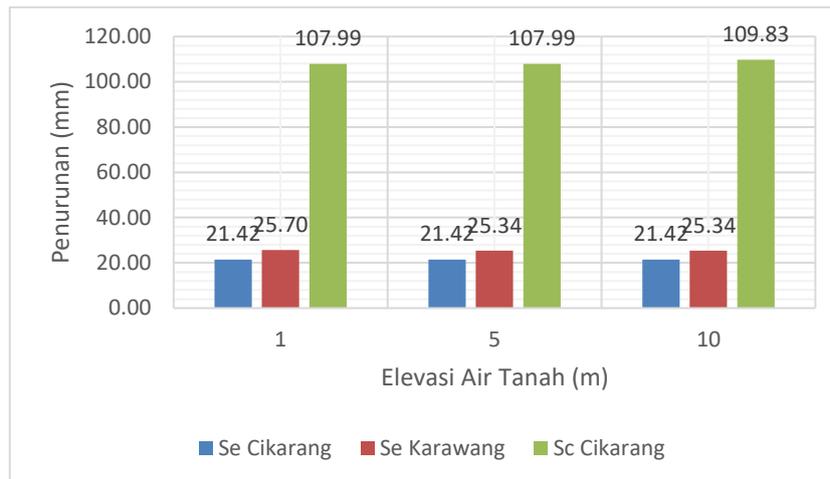
Elevasi Air Tanah (m)	Penurunan Elastis Cikarang (mm)	Penurunan Elastis Karawang (mm)	Penurunan Konsolidasi Cikarang (mm)
-1	21,4221	25,6956	107,9925
-5	21,4221	25,3433	107,9925
-10	21,4221	25,3433	109,8252

Analisis perhitungan daya dukung dan penurunan tanah



Gambar 5. Grafik perbandingan daya dukung fondasi pada daerah Cikarang dan Karawang

Nilai daya dukung tiang pancang yang diperhitungkan menggunakan *software* elemen hingga, metode analisis yang digunakan adalah metode *Mohr-Coulomb*. Untuk daerah Cikarang menghasilkan nilai daya dukung fondasi aplikasi yang lebih besar daripada perhitungan manual. Sebaliknya, daerah Karawang menghasilkan nilai daya dukung fondasi yang lebih kecil daripada perhitungan manual. Lalu untuk penurunan elastis di daerah Cikarang lebih kecil daripada daerah Karawang. Untuk membangun bangunan yang direncanakan daerah Cikarang lebih baik dibandingkan daerah Karawang karena nilai daya dukung yang lebih tinggi dan nilai penurunan elastis yang lebih rendah.



Gambar 6. Grafik perbandingan penurunan elastis pada daerah Cikarang dan Karawang

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan perhitungan yang dilakukan, adalah:

1. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung fondasi diketahui semakin rendah muka air tanah maka daya dukung fondasi yang dihasilkan akan semakin besar. Nilai daya dukung fondasi pada daerah Cikarang lebih besar daripada Karawang.
2. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung fondasi diketahui bahwa tanah pada saat kondisi *drained* memiliki daya dukung fondasi yang lebih besar dibandingkan saat kondisi *undrained*. Nilai daya dukung fondasi pada daerah Cikarang lebih besar daripada Karawang.
3. Berdasarkan hasil perhitungan penurunan tanah diketahui semakin rendah muka air tanah maka penurunan tanah yang dihasilkan akan semakin besar. Nilai penurunan elastis pada daerah Cikarang lebih kecil daripada Karawang.
4. Berdasarkan hasil perhitungan nilai *heave* diketahui semakin rendah muka air tanah maka *heave* yang terjadi semakin kecil. Nilai *heave* pada daerah Cikarang lebih besar daripada Karawang.
5. Berdasarkan hasil perhitungan nilai *negative skin friction* pada daerah Cikarang diketahui semakin rendah muka air tanah maka *negative skin friction* yang terjadi semakin kecil. Sedangkan nilai nilai *negative skin friction* pada daerah Karawang pada posisi muka air tanah rendah dan tinggi tidak berbeda jauh tetapi pada pertengahan nilainya menjadi yang paling besar.

Saran yang dapat diberikan penulis berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, yaitu:

1. Perlu dilakukan uji tes lab untuk semua lapisan tanah agar mendapatkan parameter tanah yang lebih lengkap
2. Melakukan perhitungan ulang penurunan konsolidasi dan elastis menggunakan aplikasi elemen hingga
3. Mencoba melakukan perbandingan perhitungan dengan aplikasi elemen hingga 3D

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. (1997). *Foundation Analysis and Design*. McGraw Hill International Press.
- Chin, Y. K., Tan, S. L. & Tan, S. B. (1985). Ultimate load tests on instrumented bored piles in Singapore old alluvium. *Institution of Engineers Malaysia*.
- Das, B. M. & Sivakugan. (2018). *Principles of Foundation Engineering* (Edisi 9). Cengage Learning.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 1*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. (2008). *Teknik Fondasi 2*. PT. Gramedia Pustaka Utama.