



ANALISIS VARIASI DIAMETER TIANG PANCANG PADA PERANCANGAN PONDASI RUMAH SUSUN

ANALYSIS OF PILE DIAMETER VARIATIONS IN THE DESIGN OF APARTMENT BUILDING FOUNDATIONS

Rohmahillah Aviskanasya Septiandri^{1*}, Farikha Mualida Nafi Arti², Indra Nurtjahjaningtyas³,
Paksitya Purnama Putra⁴, dan Slamet Rohadi Budi Prasetyo⁵

(1,2,3,4,5) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember, Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding Author: rohmahillah.teknik@unej.ac.id

Abstrak

Perencanaan pondasi tiang dapat dikatakan baik dengan syarat tidak mengalami kegagalan struktur serta mampu memikul beban dengan aman. Maka dari itu dalam perencanaan struktur pondasi memerlukan analisis dan perhitungan yang baik agar diperoleh perencanaan yang aman dan efisien. Pada penelitian ini dilakukan analisis daya dukung pondasi pada variasi diameter dan kedalaman dengan membandingkan perhitungan secara analitis dan numeris. Secara analitis menggunakan metode empiris Luciano De Court (1995) dan Mayerhoff (1976) berdasarkan data uji SPT, sedangkan perhitungan numeris menggunakan metode elemen hingga program Plaxis 2D V.8. Dari hasil perhitungan secara manual dan program terdapat perbedaan yang signifikan dari 4 pemodelan. Didapatkan nilai keamanan menggunakan program Plaxis 2D pada model 1 sebesar 2,9637, model 2 sebesar 2,8303, model 3 sebesar 3,1516, dan model 4 sebesar 3,2181. Perhitungan daya dukung menggunakan cara analitis didapatkan hasil pada model 1, 2, 3 dan 4 berturut-turut sebesar 430,4658 ton, 513,2086 ton, 576,6819 ton dan 678,1103 ton. Secara keseluruhan nilai keamanan (SF) yang diperoleh memenuhi untuk semua desain rencana, begitupun dengan nilai Q_{ijin} yang dihasilkan aman terhadap beban yang diterima serta penurunan elastis desain perencanaan telah memenuhi syarat penurunan maksimal (S_{ijin}) pada tanah lempung yaitu $\leq 0,065$.

Kata Kunci: Daya Dukung, Plaxis 2D, Pondasi Tiang, Nilai Keamanan.

Abstract

A pile foundation design can be considered good if it does not experience structural failure and is capable of safely bearing the load. Therefore, foundation structure planning requires thorough analysis and accurate calculations to achieve a safe and efficient design. This study analyzes the bearing capacity of foundations with variations in diameter and depth by comparing analytical and numerical calculations. The analytical approach uses the empirical methods of Luciano De Court (1995) and Mayerhoff (1976) based on SPT test data, while the numerical calculations are conducted using the finite element method with the Plaxis 2D V.8 program. The results of manual calculations and the program showed significant differences across the four models. The safety factor values obtained using the Plaxis 2D program were 2.9637 for model 1, 2.8303 for model 2, 3.1516 for model 3, and 3.2181 for model 4. The analytical calculations yielded bearing capacity results of 430.4658 tons, 513.2086 tons, 576.6819 tons, and 678.1103 tons for models 1, 2, 3, and 4, respectively. Overall, the obtained safety factor (SF) values meet the requirements for all design plans. Likewise, the resulting Q_{ijin} values are safe for the applied loads, and the elastic settlement of the design satisfies the maximum settlement requirement (S_{ijin}) for clay soil, which is ≤ 0.065 .

Keywords: Bearing Capacity, Plaxis 2D, Pile Foundation, Safety Factor.

PENDAHULUAN

Proyek Rumah Susun Ujung Menteng merupakan bangunan yang didirikan oleh pemerintah DKI Jakarta untuk menyediakan Rumah Layak Huni (RLH) bagi masyarakat sekitar yang berpenghasilan rendah. Selain itu, pembangunan ini dilakukan sebagai bentuk upaya pemerintah dalam mendukung penataan kawasan kumuh disekitar Jakarta Timur, sehingga banyak dibangun gedung-gedung dan fasilitas publik lainnya. Rumah Susun Ujung

Menteng ini terdiri dari 2 tower yaitu tower A dan B dengan masing-masing tower memiliki 16 lantai dan rooftop. Seperti halnya konstruksi lainnya rumah susun ini terdiri dari struktur atas dan bawah. Struktur bawah berupa pondasi merupakan struktur terpenting dari sebuah bangunan untuk meneruskan beban yang diterima kedalam lapisan tanah dan batuan yang terletak dibawahnya (J. Bowles, 1997). Besarnya daya dukung pondasi dalam memikul beban yang bekerja merupakan hal terpenting, dimana daya

(*)Corresponding author

Telp :
E-mail :

<http://doi.org/10.33506/rb.v11i02.4121>

Received 21 Januari 2025; Accepted 30 Oktober 2025; Available online 31 Oktober 2025

E-ISSN: 2614-4344 P-ISSN: 2476-8928

dukung harus lebih besar dari beban yang dipikul dan pondasi tidak boleh mengalami penurunan berlebih. Maka dari itu, dalam analisis dan perhitungan pondasi memerlukan pertimbangan khusus agar mendapatkan kualitas dan keamanan yang baik bagi bangunan (Hutahaean & Hia, 2019).

Dalam analisa dan perhitungan pondasi dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu dengan menggunakan perumusan metode baku, dan dengan bantuan program komputer seperti Plaxis 2D. Penggunaan perumusan metode dilakukan untuk menganalisa perancangan daya dukung dari pondasi. Dilain pihak, program bantu komputer dilakukan untuk menganalisa hasil rancangan secara kompleks sehingga dapat mengetahui tingkat keamanan stabilitas terhadap pembangunan hasil rancangan dengan metode elemen hingga. Plaxis merupakan program/aplikasi geoteknik berdasarkan metode elemen hingga yang dapat melakukan simulasi terhadap perilaku tanah sebagai cerminan dari kondisi sesungguhnya yang terjadi dilapangan (Setiyowati & Arifin, 2018). Pemodelan pondasi dengan menggunakan program Plaxis 2D dapat menyederhanakan asumsi kondisi eksiting yang sangat kompleks, menjadi lebih sederhana. Penggunaan program geoteknik ini dapat memudahkan model elemen hingga yang rumit menjadi lebih cepat dengan proses perhitungan yang berjalan otomatis serta hasil yang didapatkan mendekati keadaan aslinya (Nugraha & Refanie, 2019). Perumusan metode baku untuk menghitung daya dukung pondasi tiang dapat dilakukan dengan perumusan Luciano De Court dan Meyerhoff. Metode tersebut menggunakan data parameter tanah berdasarkan hasil *Standard Penetration Test* (SPT).

Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan perencanaan pondasi dengan beberapa variasi diameter dan kedalaman menggunakan cara analitis dan program Plaxis 2D untuk mengetahui hasil perhitungan dan analisis daya dukung pondasi serta penurunan guna mendapatkan perencanaan pondasi yang mampu menahan beban sampai keadaan aman rencana (*safety factor*) bagi bangunan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian ini perhitungan daya dukung ijin pondasi tiang dilakukan dengan metode Luciano De Court (1995) dan Mayerhoff (1976). Prinsip perhitungan metode ini dipengaruhi oleh nilai koefisien berdasarkan jenis lapisan tanah pada ujung tiang dan untuk daya dukung selimut dihitung berdasarkan nilai koefisien yang sama untuk setiap jenis lapisan tanah (Schnaid, 2009 dalam (Nadella et al., 2019)). Perhitungan kapasitas dukung tiang ijin

pondasi (Q_u) menggunakan **Persamaan (1)** dan **(2)** (B. M. Das, 2018) berikut:

$$Q_{all} = P_{all} = \frac{Q_u}{SF} \quad (1)$$

$$Q_u = P_{all} \times SF \quad (2)$$

dengan,

Q_{all} = P_{all} = Daya dukung ijin tiang (ton)

Q_u = Kapasitas *ultimite* (ton)

SF = Nilai faktor keamanan

Perhitungan jumlah tiang yang dibutuhkan dalam memikul beban yang bekerja pada pondasi menggunakan **(Persamaan 3)**

$$n = P/Q_{ijin} \quad (3)$$

dengan,

P = Beban yang bekerja

Q_{ijin} = Kapasitas dukung ijin tunggal

Perhitungan efisiensi kelompok tiang juga dilakukan dalam perencanaan kelompok tiang (B. M. Das, 2018) menggunakan Converse-Labarre Formula seperti **(Persamaan 4)** berikut:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90mn'} \quad (4)$$

dengan,

E_g = efisiensi tiang kelompok

m = jumlah baris tiang

n' = jumlah tiang dalam satu baris

θ = arc tg d/s (°)

s = jarak antar tiang atau jarak pusat-ke pusat tiang (m)

Perhitungan kapasitas dukung kelompok tiang dilakukan menggunakan faktor efisiensi yang diperoleh menggunakan **(Persamaan 5)** berikut:

$$Q_g = n \cdot Q_{ijin} \cdot E_g \quad (5)$$

dengan,

Q_g = Beban maksimum kelompok tiang

n = Jumlah tiang dalam kelompok

Q_{ijin} = Kapasitas dukung ijin tunggal

E_g = Efisiensi kelompok tiang

Perhitungan penurunan pondasi tiang dilakukan pada penurunan tiang tunggal dan kelompok. Pada tiang tunggal hanya memperhitungkan penurunan segera **(Persamaan 6)** berikut: (B. M. Das, 2018)

$$S_{e(c)} = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \quad (6)$$

dengan,

$S_{e(1)}$ = Penurunan tiang elastis (m)

$S_{e(2)}$ = Penurunan tiang yang disebabkan oleh beban di ujung tiang (m)

$S_{e(3)}$ = Penurunan tiang yang disebabkan oleh beban di sepanjang batang tiang (m)

Untuk perhitungan penurunan tiang kelompok memperhitungkan penurunan segera **(Persamaan 7)** dan penurunan primer/konsolidasi **(Persamaan 8)** dibawah ini (B. M. Das, 2018).

$$S_g = \frac{\sqrt{B_g}}{\sqrt{D}} S_e \quad (7)$$

dengan,

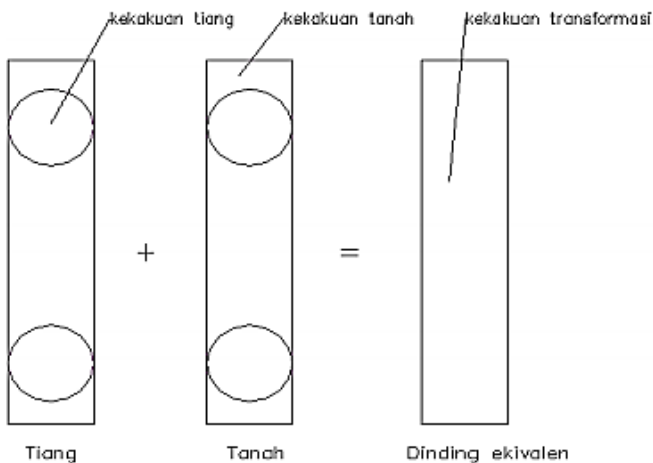
S_g = penurunan segera dari pondasi tiang kelompok (m)
 B_g = lebar dari bagian pondasi grup (m)
 D = diameter pondasi (m)
 S_e = penurunan segera pada beban kerja (m)

$$\Delta S_{c(i)} = \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'_0}{\Delta \sigma'_0} \quad (8)$$

dengan,

$\Delta S_{c(i)}$ = penurunan konsolidasi pada lapisan i (m)
 C_c = indeks kompresi
 H = ketebalan lapisan (m)
 e_0 = angka pori
 σ'_0 = tegangan efektif

Dalam pemodelan Plaxis 2D barisan pondasi tiang dalam pilecap diasumsikan sebagai dinding menerus sebagai idealisasi dari kondisi aktual 3D menjadi 2D (Brinkgreve et al., 2018). Menurut Zahmatkesh & Choobbasti dalam (Sulha et al., 2020) pemodelan konstruksi stone column dari kondisi sebenarnya (3D) menjadi pemodelan plane menggunakan konsep perubahan tampang lingkaran dikonversi menjadi dimensi ekuivalen yang dimodelkan menjadi bentuk persegi sebagai konstruksi dinding (model *plane strain*). Sehingga memiliki dasar luasan yang sama seperti yang ditunjukkan **Gambar 1**.



Gambar 1. Susunan baris, tanah dan dinding ekuivalen
Sumber: Hasil Analisis, 2022

Rumusan yang digunakan untuk melakukan pemodelan sebagai berikut: (Zahmatkesh & Choobbasti)

$$\frac{\pi d^2}{4} = t_e \cdot s \quad (9)$$

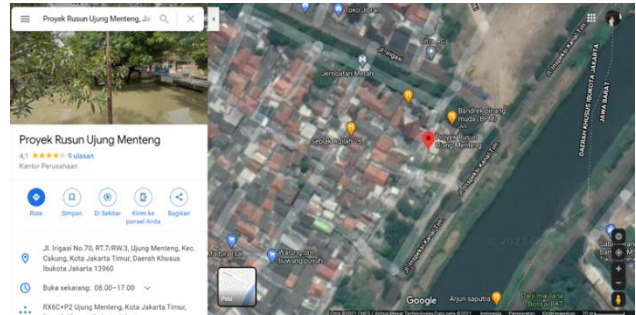
$$t_e = \frac{\pi d^2}{4s} \quad (10)$$

dengan,

t_e = tebal dinding kolom ekuivalen (m)
 d = diameter stone column (m)
 s = jarak antar stone column (m)

METODE

Lokasi penelitian dalam studi kasus ini terdapat pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Ujung Menteng yang terletak di Jl. Inspeksi BKT Ujung Menteng, Kecamatan Cakung, Jakarta Timur (**Gambar 2**).



Gambar 2. Lokasi Penelitian
Sumber: Google Earth, 2022

Pada penelitian ini dilakukan perencanaan desain pondasi dengan variasi diameter dan kedalaman dapat dilihat dalam **Tabel 1**. Diameter pondasi tiang memiliki pengaruh besar terhadap nilai daya dukung pondasi (Firuliadhim & Rabiya, 2019), maka dari itu digunakan variasi diameter tersebut guna mendapatkan perencanaan yang aman, efektif dan efisien bagi bangunan.

Tabel 1. Variasi Desain Perencanaan Pondasi

Keterangan	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Diameter (m)	0,8	0,8	1	1
Kedalaman (m)	24	26	24	26

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Pemilihan diameter desain rencana pondasi tiang beton pracetak dilakukan melalui pertimbangan spesifikasi tiang yang ada dipasaran berdasarkan Pedoman Ketentuan Praktis Uji Pondasi Tiang sehingga memudahkan dalam hal pemesanan (efisien dari segi waktu). Untuk variasi kedalaman dilakukan untuk mendapatkan kedalaman tanah yang mampu menahan beban sampai keadaan aman rencana dengan pertimbangan nilai NSPT pada kedalaman tersebut >40 (dikategorikan tanah keras). Sehingga diharapkan dapat menghindari pergerakan tanah lateral dari bawah pondasi dan pergerakan diferensial seperti penurunan.

Data-data yang dibutuhkan dalam analisis dan perhitungan pondasi diperoleh dari instansi dan pihak terkait berupa data hasil uji SPT, hasil uji laboratorium, data *axial force* gedung, spesifikasi tiang serta denah dan detail pondasi. Pada penelitian ini letak pondasi tiang yang ditinjau berada di antara 2 titik pengeboran (*borehole*) BH-1 dan BH-2. Berdasarkan data hasil uji SPT diperlukan tahap stratigrafi tanah dan korelasi data tanah pada kedalaman tertentu yang tidak ada dalam *Undisturbed Sample* (UDS). Adapun data parameter

tanah dan *properties* material yang akan diinputkan dalam program Plaxis 2D dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Berdasarkan hasil perhitungan dan pemodelan menggunakan program Plaxis 2D, selanjutnya dilakukan perhitungan tulangan dan detail gambar kerja yang dibutuhkan untuk memudahkan pelaksanaan pekerjaan lapangan. Perhitungan penulangan pada pondasi berpedoman pada SNI 2847: 2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019).

Tabel 1. Parameter Tanah

Parameter	Lapisan					Satuan
	<i>Clayey Silt</i>	<i>Silty Sand</i>	<i>Clayey Silt</i>	<i>Silty Sand</i>	<i>Clayey Silt</i>	
Model Material	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	-
Jenis Perilaku	Tak Terdrainase	Tak Terdrainase	Tak Terdrainase	Tak Terdrainase	Tak Terdrainase	-
Berat Isi Tanah di Atas Garis Freatik (γ_{unsat})	15,65	15,00	15,00	15,00	15,1	kN/m ³
Berat isi tanah di bawah garis freatik (γ_{sat})	17,65	17,00	17,00	17,00	17,1	kN/m ³
Permeabilitas Arah Horizontal (K_h)	0	0	0	0	0	m/hari
Permeabilitas Arah Vertikal (K_v)	0	0	0	0	0	m/hari
Modulus Young (E_{ref})	5245,833	13050,000	12093,750	13050,000	7155	kN/m ²
Angka Poison (ν)	0,20	0,28	0,24	0,28	0,31	-
Kohesi (c_{ref})	72,57	72,57	72,57	72,57	68,3193	kN/m ²
Sudut Geser Dalam (ϕ)	3	3	3	3	5,5	°
Sudut Dilatasi (ψ)	0	0	0	0	0	°
Faktor Reduksi Kuat Geser antar Muka (R_{inter})	1	1	1	1	1	-

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Tabel 2. *Properties Material*

Nama	Tipe	EA (kN/m)	EI (kNm ² /m)	ν	W (kN/m/m)
Tiang pancang (0,8m)	Elastic	16705239,85	890209,5939	0,3	6,024
Tiang pancang (1m)	Elastic	26101937,26	2177084,315	0,3	7,536
Pilecap (1,2m)	Elastic	97308389,57	11677006,75	0,3	28,8
Pilecap (1,6m)	Elastic	129744519,4	27678830,81	0,3	38,4

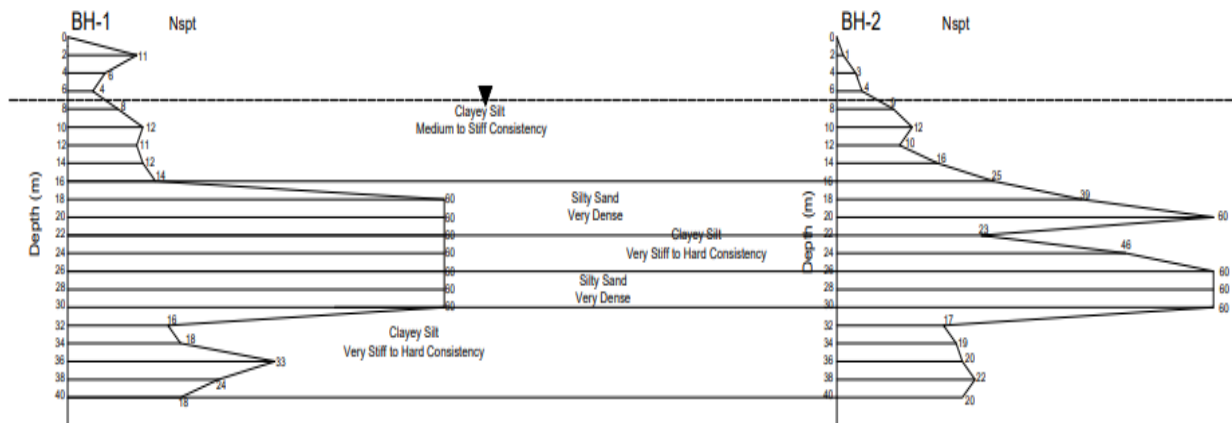
Sumber: Hasil Analisis, 2022

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Hasil Stratigrafi Tanah dan Korelasi Data Tanah

Sebagai acuan perhitungan manual kapasitas daya dukung ijin pondasi dan parameter tanah yang digunakan dalam analisis program Plaxis 2D perlu dilakukan stratigrafi tanah berdasarkan uji SPT dan titik pengeboran (*borehole*) BH-1 dan BH-2. Terdapat 5 jenis lapisan tanah yang sama dari hasil pengklasifikasian tanah seperti yang disajikan dalam **Gambar 3** dan **Tabel 4** dibawah ini.

Berdasarkan hasil pembagian lapisan tanah untuk analisa dan perhitungan dengan program Plaxis 2D, parameter tanah didapatkan dengan merata-rata data uji tanah antar BH-1 dan BH-2. Korelasi data tanah untuk tiap-tiap lapisan tanah dilakukan jika data yang dibutuhkan tidak tersedia. Data korelasi tanah diambil dari beberapa penelitian terdahulu seperti yang disarankan oleh J. Bowles (1997) dan Terzaghi dan Peck (1967) dalam. Sehingga didapatkan rekapitulasi parameter tanah dari hasil uji laboratorium dan korelasi seperti pada **Tabel 5**.



Gambar 1. Pembagian Lapisan Tanah BH-1 dan BH-2
Sumber: Hasil Analisis, 2022

Tabel 3. Lapisan Tanah Hasil Stratigrafi

Lapisan	Kedalaman (m)	Jenis dan Konsistensi Tanah	NSPT
1	0-16	Clayey Silt (Medium to Stiff Consistency)	6-15, 16-25
2	16-22	Silty Sand (Very Dense)	>50
3	22-26	Clayey Silt (Very Stiff to Hard Consistency)	16-25, >25
4	26-30	Silty Sand (Very Dense)	>50
5	30-40	Clayey Silt (Very Stiff to Hard Consistency)	16-25, >25

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Tabel 4. Rekapitulasi Parameter Tanah Plaxis 2D dari Stratigrafi

Lapisan	N-SPT	N-SPT Terkoreksi	γ_{sat} kN/m ³	γ_{unsat} kN/m ³	c kN/m ²	E kN/m ²	Vu
1	11,49	11,49	18,15	16,146	72,56884	5245,833	0,20
2	60	37,50	17,37	15,368	72,56884	13050	0,28
3	53,63	34,31	21,58	19,58	72,56884	12093,75	0,24
4	60	37,50	17,37	15,368	72,56884	13050	0,28
5	20,7	17,85	17,45	15,450	68,31931	7155	0,31

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Analisa Rancangan Pondasi Tiang

Rancangan pondasi tiang menggunakan variasi diameter dan kedalaman digunakan untuk mendapatkan perencanaan pondasi yang mampu menahan beban sampai keadaan aman rencana bagi bangunan. Adapun tabel variasi desain perencanaan pondasi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Dalam merencanakan desain pondasi tiang diperlukan beban aksial (P_u), momen (M_x), dan momen (M_y) hasil rekapitulasi beban pada as kolom terbesar pada penelitian ini yaitu:

As kolom C9

Beban Aksial (P_u) = 528,7075 ton

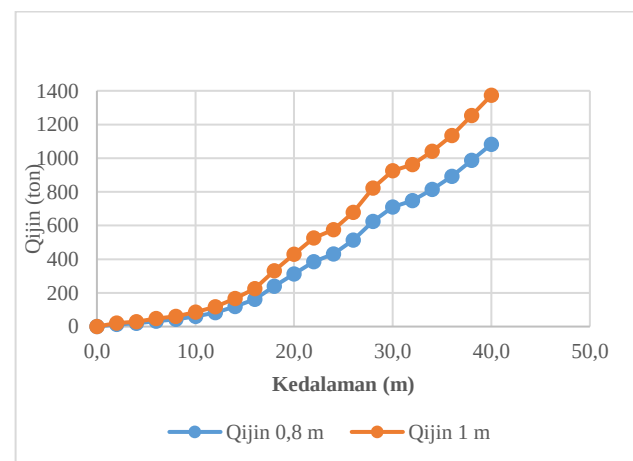
Momen (M_x) = 4,0705 ton.m

Momen (M_y) = 4,4649 ton.m

Nilai keamanan rencana yang digunakan dalam perhitungan daya dukung ijin pondasi menggunakan persamaan Luciano De Court dan Mayerhoff yaitu 3. Hal ini berdasarkan tabel nilai-nilai faktor keamanan yang disarankan oleh Reese dan O'Neil (1989) dalam (Hardiyatmo, 2020). Bahwasannya kisaran faktor aman yang umumnya sering digunakan dengan klasifikasi struktur kontrol yang normal adalah 3.

Hasil perhitungan kapasitas daya dukung ijin pondasi tiang dengan persamaan (1) dan (2) untuk

tiap kedalaman dari 0-40m ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 2. Grafik Daya Dukung Ijin Pondasi
Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa nilai daya dukung pondasi pada kedua variasi diameter (garis biru untuk diameter 0,8m dan garis merah untuk diameter 1m) memiliki nilai yang semakin besar seiring dengan bertambahnya kedalaman. Kapasitas daya dukung *ultimate* tiang

dipengaruhi oleh jumlah tahanan gesek sisi tiang dan tahanan ujungnya. Besarnya tahanan gesek tergantung dari bahan dan bentuk tiang (luasan selimut tiang) (Yusti & Fahriani, 2014). Sehingga, semakin bertambahnya luasan selimut tiang maka daya dukung selimutnya juga semakin besar. Selain itu, dengan bertambahnya kedalaman tiang pancang maka nilai daya dukung ijinnya juga semakin besar. Pada **Tabel 6** dapat dilihat Rekapitulasi nilai Q_{ijin} dari model desain pondasi tiang.

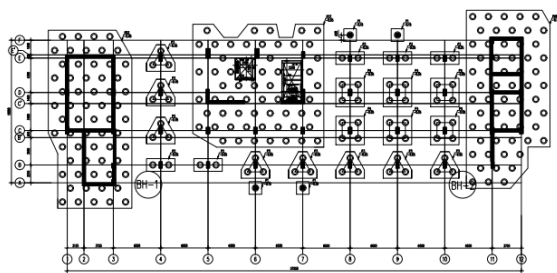
Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Daya Dukung Ijin Pondasi

Diameter (m)	Kedalaman (m)	Qijin (ton)
0,8	24	430,4658
	26	513,2086
1	24	574,6819
	26	678,1103

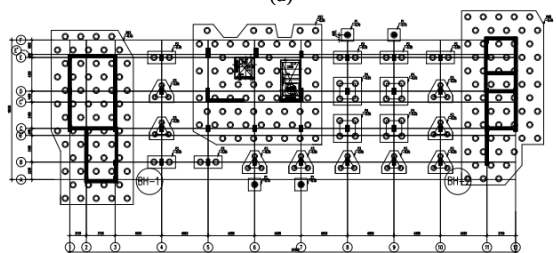
Sumber: Hasil Analisis, 2022

Kemudian, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan jumlah tiang yang dibutuhkan pada 1 as kolom. Dengan menggunakan **Perumusan (3), (4), dan (5)** pada model 2 ($D=0,8m$ $Z=26m$) as kolom C9 dibutuhkan 4 buah tiang untuk menahan beban yang bekerja sebesar 528,7075 ton.

Dapat dilihat pada **Gambar 5** dan **Gambar 6** merupakan denah pondasi hasil perhitungan kebutuhan jumlah tiang untuk tiap model rencana. Jumlah tiang pancang sangat mempengaruhi nilai daya dukung tiang kelompok, semakin banyak tiang pancang maka nilai daya dukung tiang kelompok semakin besar dan semakin aman dalam memikul beban bangunan akan tetapi kurang ekonomis dari pertimbangan biaya (Candra et al., 2018). Maka dari itu diperlukan perhitungan yang tepat agar didapatkan perencanaan yang efektif dan efisien bagi bangunan.



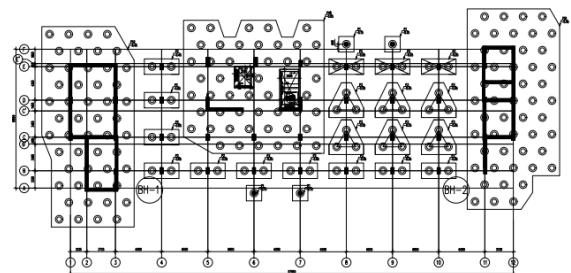
(a)



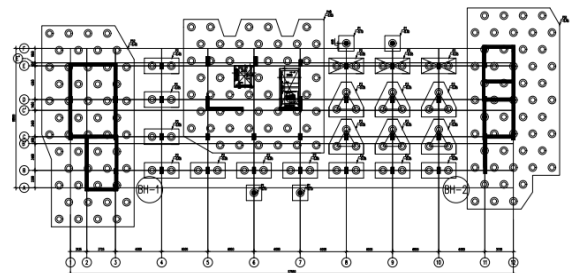
(b)

Gambar 3. Denah Pondasi (a) Model 1 ($D=0,8m$ $Z= 24m$) (b) Model 1 ($D=0,8m$ $Z= 26m$)
Sumber: Hasil Analisis, 2022

Dalam perhitungan pondasi tiang, analisis penurunan tiang tunggal dan kelompok dengan persamaan (4), (5) dan (6) juga dilakukan untuk mengetahui perkiraan besarnya penurunan yang terjadi akibat beban yang diterima. Dari 4 pemodelan didapatkan nilai penurunan konsolidasi rata-rata pada model 1 sebesar 0,778m, model 2 sebesar 0,773m, model 3 sebesar 0,615 dan model 4 sebesar 0,611m. Pada **Gambar 7** rerata penurunan pondasi diameter 1m memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan diameter 0,8m. Artinya, penurunan yang terjadi semakin kecil dengan bertambahnya ukuran diameter. Hal ini dikarenakan daya dukung selimut yang semakin besar mampu menahan beban dan penurunan yang terjadi. (Al Fatah et al., 2021). Besaran penurunan tersebut akan terjadi apabila ujung tiang pondasi diletakkan pada tanah berkonsistensi sangat lunak hingga medium. Karena tiang pancang akan ditanam pada tanah berkonsistensi keras, maka nilai penurunan dapat diabaikan.

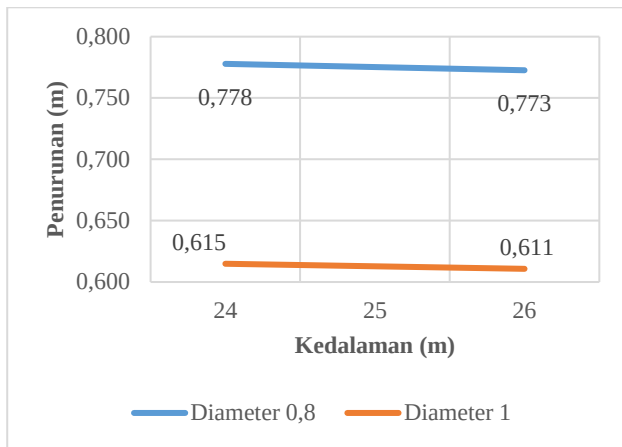


(a)



(b)

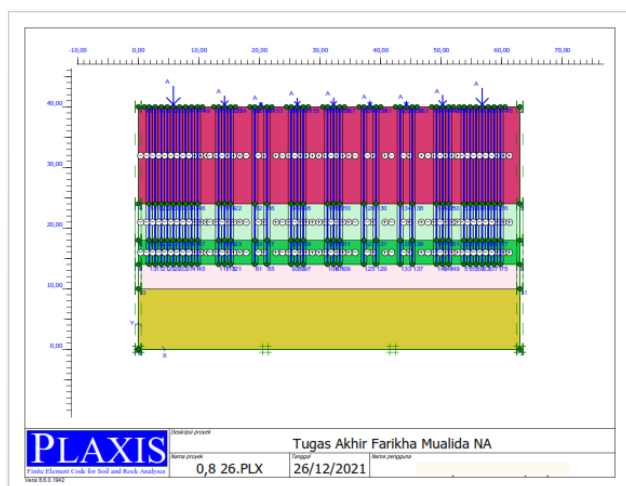
Gambar 4. Denah Pondasi (a) Model 3 ($D=1m$ $Z= 24m$) (b) Model 4 ($D=1m$ $Z= 26m$)
Sumber: Hasil Analisis, 2022



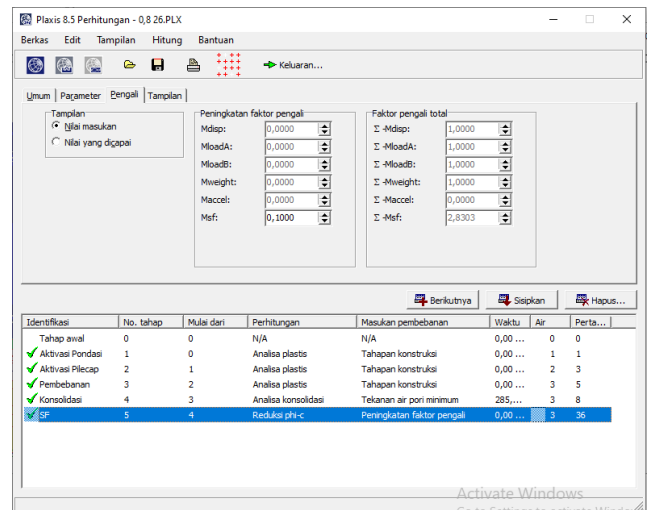
Gambar 5. Rerata Penurunan Pondasi
Sumber: Hasil Analisis, 2022

Analisa Pemodelan Desain Pondasi Tiang dengan Plaxis 2D

Pemodelan pondasi tiang dengan Plaxis 2D dilakukan pada 4 desain perencanaan yang disimulasikan dalam potongan melintang denah pondasi. **Gambar 8** merupakan contoh pemodelan pondasi dengan plaxis 2D menggunakan model 2 (diameter 0,8m kedalaman 26m). Pemodelannya sendiri meliputi material *properties* tanah, pondasi tiang, pilecap dan pembebanan. Untuk pemodelan pondasi tiang dilakukan ekivalensi terhadap kondisi sebenarnya (3D) menggunakan **Perumusan (9)** dan **(10)**. Sedangkan untuk pembebanan, digunakan beban terpusat yang didistribusikan melalui pilecap serta beban yang dipakai yaitu beban terbesar setiap as kolom sehingga dapat mengindikasikan letak tiang yang sekiranya mengalami penurunan yang besar. Parameter material *properties* yang diinputkan dapat dilihat pada **Tabel 2 dan 3**.

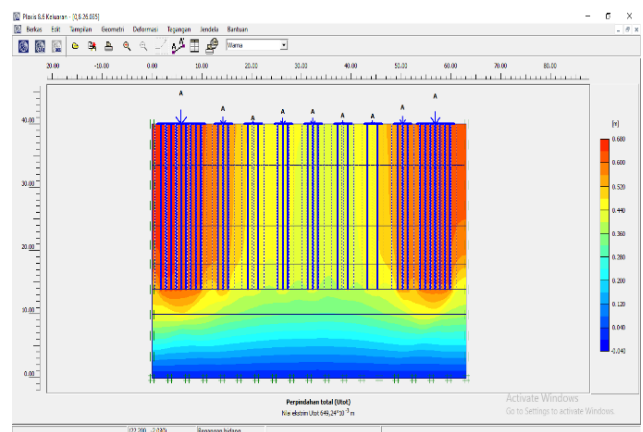


Gambar 6. Potongan Melintang Pemodelan Pondasi pada Program Plaxis 2D
Sumber: Hasil Analisis, 2022



Gambar 7. Nilai Keamanan pada Pemodelan Pondasi pada Program Plaxis 2D
Sumber: Hasil Analisis, 2022

Setelah proses kalkulasi pemodelan pondasi selesai, didapat nilai keamanan seperti pada Gambar 10. Analisa faktor keamanan digunakan untuk identifikasi stabilitas yang didefinisikan sebagai perbandingan antara kuat geser tanah dan tegangan geser yang bekerja pada masa tanah (Munirwansyah et al., 2018) terhadap pembangunan hasil rancangan menggunakan program Plaxis 2D. Pada model 1 didapat nilai keamanan sebesar 2,9637, model 2 sebesar 2,8303, model 3 sebesar 3,1516, dan model 4 sebesar 3,2181. Dari pemodelan tersebut, didapatkan nilai keamanan rencana untuk semua desain $\geq 2,5$ yang artinya perencanaan sudah memenuhi dan pondasi dapat dikatakan aman.

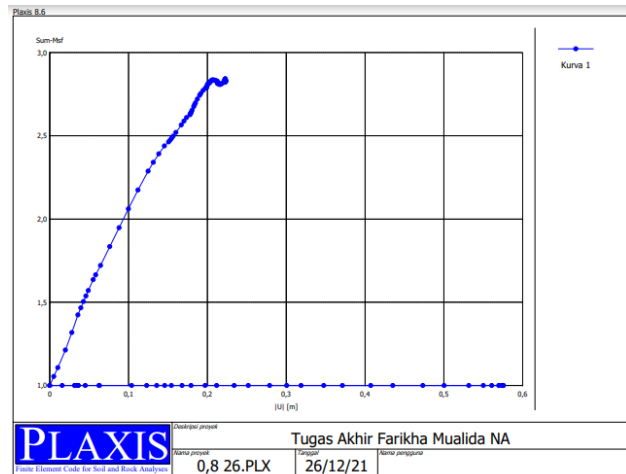


Gambar 8. Total Perpindahan Pemodelan Pondasi pada Program Plaxis 2D
Sumber: Hasil Analisis, 2022

Dapat dilihat pada **Gambar 11** perpindahan terbesar terjadi pada tiang yang menahan beban dari pondasi pilecap P'1 dan P'3 ditandai dengan indikator warna merah. Dari pemodelan Plaxis 2D didapatkan

hasil perpindahan total terbesar untuk model 1 0,706 m, model 2 sebesar 0,649m, model 3 sebesar 0,604 m dan model 4 sebesar 0,558m. Semakin besar beban yang diterima pondasi, maka akan semakin besar perpindahan yang terjadi. Pondasi tiang yang berada pada area tengah bangunan (pilecap P2, P3, P4) memiliki perpindahan yang lebih kecil dari pada bagian pinggir (pilecap P'1 dan P'3). Hal ini disebabkan karena beban yang diterima pondasi pada area tengah lebih kecil daripada bagian pinggir. Berdasarkan perbandingan jenis model dapat disimpulkan bahwa semakin besar diameter maka penurunan yang terjadi juga semakin kecil. Hal tersebut dipengaruhi dari kekuatan struktur tiang pondasinya dalam menahan beban yang diterima. Didalam pemodelan plaxis terdapat parameter yang diinputkan sebagai kekuatan material. Kekakuan inersia (EI) dan kekakuan aksial (EA) merupakan parameter yang mempengaruhi kekuatan dari material yang digunakan. (Sulha et al., 2020). Sehingga semakin besar luasan penampang maka kekuatan inersia juga semakin besar, sehingga kekuatannya semakin besar dalam menahan beban.

Selain itu juga didapatkan kurva hubungan nilai keamanan dan perpindahan. Dari **Gambar 12** (model diameter 0,8 dan kedalaman 26m) dapat dilihat nilai keamanan (SF) berhenti pada nilai 2,8303, sedangkan pada saat nilai keamanan 1 penurunan berhenti pada nilai 0,576 meter.



Gambar 9. Grafik Hubungan Nilai Keamanan dan Perpindahan
Sumber: Hasil Analisis, 2022

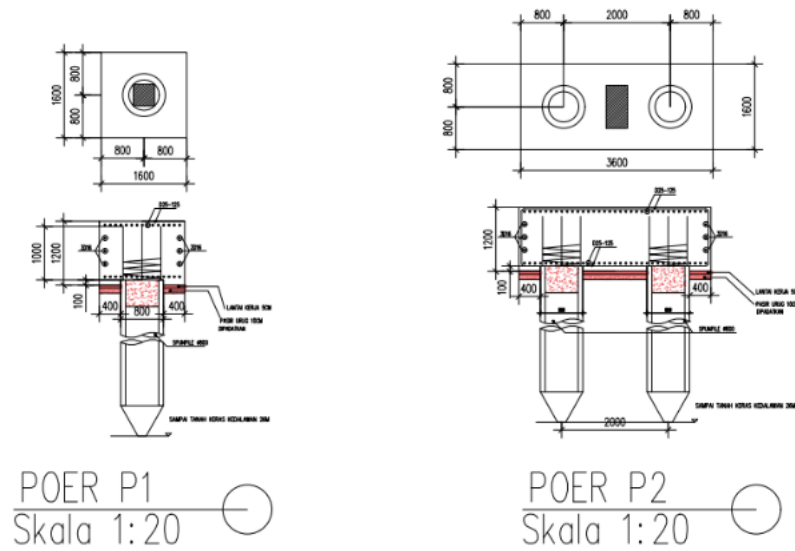
Penulangan Pilecap

Dalam desain perencanaan pondasi memerlukan perhitungan tulangan dan detail gambar tulangan yang sesuai dengan persyaratan dan pedoman yang berlaku berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung SNI 03-2847-2019. Berikut contoh hasil perhitungan penulangan pilecap pada desain rencana diameter 0,8 meter dan kedalaman 26 meter dengan kuat tekan beton (f_c') 30 MPa dan mutu baja (f_y) 520 MPa dapat dilihat pada **Tabel 7**. Untuk detail penulangan dapat dilihat pada **Gambar 13**, **Gambar 14** dan **Gambar 15**.

Tabel 6. Rekapitulasi Tulangan Pondasi

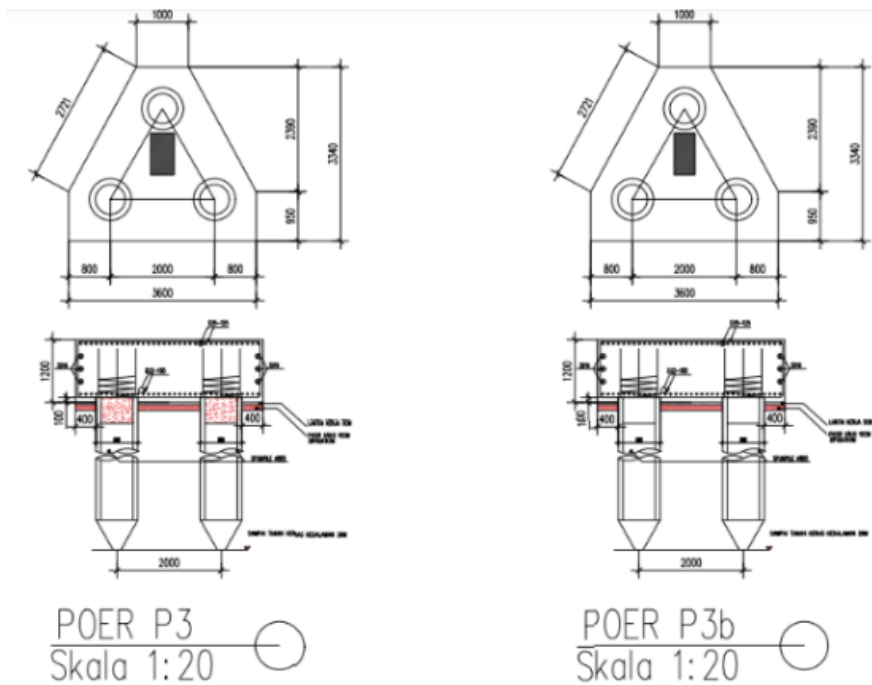
Tipe Pilecap	Jumlah Tiang	Tebal Pilecap (m)	Dimensi Pilecap		Tulangan	Cek Tulangan
			P (m)	L (m)		
P1	1	1,2	1,6	1,6	D25-125	OK
P2	2	1,2	1,6	3,6	D25-125	OK
P3	3	1,2	3,34	3,6	D25-125	OK
P3b	3	1,2	3,34	3,6	D25-125	OK
P4	4	1,2	3,6	3,6	D25-125	OK
P'1	62	1,6	22,48	10,6	D32-125	OK
P'2	57	1,6	15,52	16,6	D32-125	OK
P'3	60	1,6	22,48	10,6	D32-125	OK

Sumber: Hasil Analisis, 2022



(a)

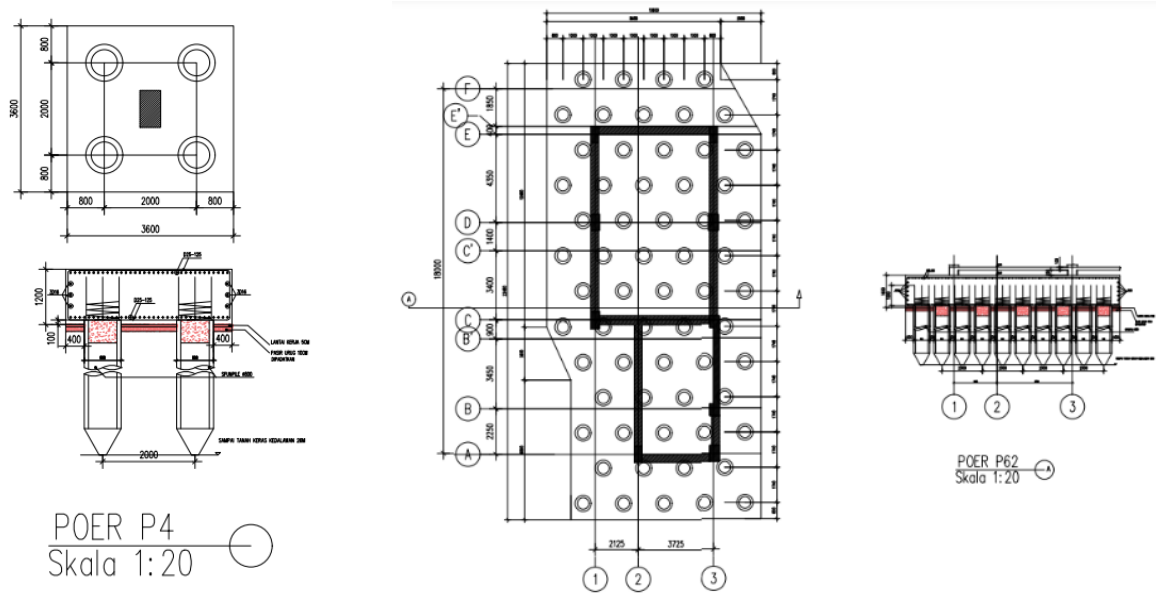
(b)



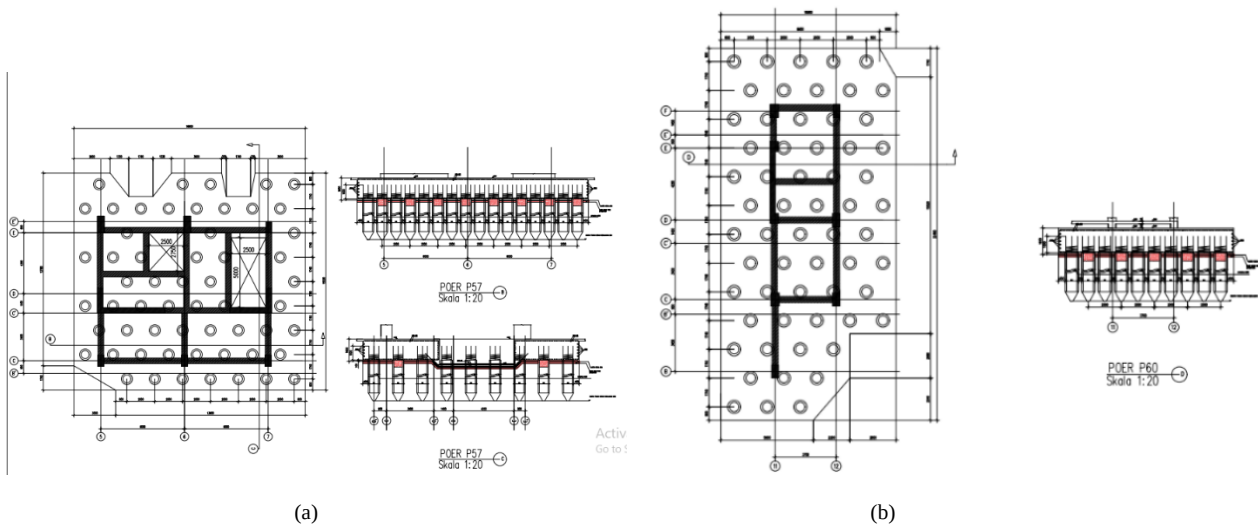
(c)

(d)

Gambar 10. Detail penulangan (a) tipe pilecap P1 (b) tipe pilecap P2 (c) tipe pilecap P3 (d) tipe pilecap P3b
Sumber: Hasil Analisis, 2022



(a) (b)
Gambar 11. Detail penulangan (a) tipe pilecap P4 (b) tipe pilecap P'1
 Sumber: Hasil Analisis, 2022



(a) (b)
Gambar 12. Detail penulangan (a) tipe pilecap P'2 (b) tipe pilecap P'3
 Sumber: Hasil Analisis, 2022

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa perencanaan pondasi tiang diperoleh nilai keamanan (SF) yang memenuhi untuk semua desain rencana. Pondasi tiang dirancang dengan variasi diameter 0,8m dan 1m serta dengan kedalaman 24m dan 26m. Daya dukung pondasi dirancang dengan menggunakan metode perhitungan Mayerhoff dan Luciano De Court. Program bantu Plaxis 2D digunakan untuk pengecekan stabilitas overall dan penurunan. Nilai Q_{ijin} yang dihasilkan secara keseluruhan aman terhadap beban yang diterima ($P \leq Q_{ijin}$), besar penurunan yang terjadi dapat diabaikan karena tiang dipancang pada kedalaman tanah keras.

Namun terdapat perbedaan hasil dari perhitungan analitis dan juga numerisnya. Perbedaan hasil tersebut dikarenakan adanya perbedaan asumsi dan pendekatan yang digunakan pada kedua metode. Selain itu perhitungan analitis menggunakan Mayerhoff dan Luciano De Court diperuntukan untuk desain pondasi tunggal dan kelompok sedangkan pada pemodelan dengan program Plaxis 2D disimulasikan pada desain pondasi kelompok dalam potongan melintang. Perhitungan penulangan pilecap didapatkan dengan cara perhitungan tulangan lentur berdasarkan SNI 2847: 2019, dan penggambaran detail tulangan dibutuhkan untuk memudahkan pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

REFERENSI

- Al Fatah, R. M., Nurtjahjaningtyas, I., & Putra, P. P. (2021). Analisis Pondasi Tiang Pancang Dengan Variasi Diameter Dan Kedalaman Menggunakan Program 3D Berbasis FEM. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(1), 45. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v19i1.8449>
- B. M. Das. (2018). *Principle of Foundation Engineering*. CENGAGE Learning.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, 8, 1–695.
- Brinkgreve, R. B. ., Kumarswamy, S., & Swolfs, W. . (2018). *PLAXIS manual 2018*. A. A Balkema Publisher.
- Candra, A. I., Yusuf, A., & F, A. R. (2018). Studi Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pada Pembangunan Gedung Lp3M Universitas Kadiri. *Jurnal CIVILA*, 3(2), 166. <https://doi.org/10.30736/cvl.v3i2.259>
- Firuliadhim, G., & Rabiya. (2019). Analisis Daya Dukung Tiang Bor Dengan Alat Pile Driving Analyzer Test Pada Variasi Diameter Tiang. *Potensi : Jurnal Sipil Politeknik*, 21(2), 70–73. <https://doi.org/10.35313/potensi.v21i2.1339>
- Hardiyatmo, H. C. (2020). *Analisis dan Perancangan Fondasi II (Edisi 5)*. Gadjah Mada University press.
- Hutahaean, N., & Hia, A. M. (2019). EVALUASI PERENCANAAN ABUTMEN DAN PONDASI PADA PROYEK JEMBATAN Di BAWADASI KECAMATAN LAHOMI KAB. NIAS BARAT. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 8(1), 36–48.
- Munirwansyah, Wihardi, & Sofyan, M. S. (2018). *ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN SOFTWARE PLAXIS 8.6 DENGAN DINDING PENAHAN TANAH (RETAINING WALL) (STUDI KASUS RUAS JALAN NASIONAL BANDA ACEH-MEDAN STA 83+135 GUNUNG SEULAWAH)*. 1(3), 76–82. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i1.11768>
- Nadella, K., Wardani, M. K., Indah, A., Ferdaus, M., Sipil, J. T., Sipil, T., Perencanaan, D., Adhi, T., & Surabaya, T. (2019). Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Statis dan Dinamis pada Proyek SBE Plant PT.Ecooils Jaya Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 1(1), 545. <https://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/576>
- Nugraha, A. S., & Refanie, A. (2019). Analisis Beban-Penurunan pada Pondasi Tiang Bor Berdasarkan Hasil Uji Beban Tiang Terinstrumentasi dan Program Geo5. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 155–167. <https://doi.org/10.28932/jts.v11i2.1408>
- Setiyowati, Y., & Arifin, Y. F. (2018). Analisis Daya Dukung Tiang Group Pada Tanah Berlensa Di Kota Banjarmasin Dengan Plaxis 2D. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan*, 7(01), 1–15. <https://doi.org/10.20527/jtb.v7i01.110>
- Sulha, Sarita, U., Fitriah, Adityawan, & Dwi, M. H. (2020).

Analisis daya dukung pondasi dalam berdasarkan simulasi numeris (studi kasus ; proyek pembangunan rumah sakit pendidikan uho). *In Seminar Teknologi Terapan Berbasis Kearifan Lokal*, Vol. 1, No, 341–351.