



Perbandingan Daya Dukung Pondasi Rakit (Raft) pada Struktur Bangunan Gedung Menggunakan Metode Poulos dan Software PLAXIS

Alfian Firmansyah¹, Arik Triarso²

¹ Mahasiswa D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya.

² Dosen D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya.

Email : 18052001fir@gmail.com, ariktriarso@unesa.ac.id

ABSTRAK

Fondasi rakit (raft foundation) merupakan struktur berupa pelat beton yang berfungsi menghubungkan sejumlah kolom yang tersusun dalam beberapa baris. Dalam tahap perencanaan serta pelaksanaan konstruksi, analisis terhadap kapasitas dukung fondasi rakit sangatlah krusial guna menjamin bahwa beban dari kolom dan dinding dapat terdistribusi dengan merata ke tanah pendukungnya. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak Plaxis 3D sebagai alat pemodelan untuk menganalisis daya dukung fondasi rakit, serta menerapkan metode Poulos & Davis sebagai pendekatan perhitungan manual untuk memperoleh nilai penurunan dan membandingkannya. Data yang digunakan mencakup hasil uji Standard Penetration Test (NSPT) serta parameter-parameter tanah sebagai dasar dalam menentukan daya dukung fondasi. Berdasarkan hasil analisis manual menggunakan metode Poulos & Davis, nilai penurunan yang diperoleh sebesar 0,12409 m atau 12,4 cm. Sementara itu, hasil simulasi melalui Plaxis 3D menunjukkan nilai penurunan sebesar 0,1303 m atau 13,3 cm, dengan selisih penurunan yang mencapai persentase perbedaan sebesar 10,3%.

Kata Kunci : Plaxis 3D, fondasi rakit, metode Poulos & Davis

ABSTRACT

A raft foundation refers to a concrete slab that functions to integrate multiple columns arranged in rows. Assessing the foundation's load-bearing capacity plays a crucial role during both design and construction phases, as it ensures that the loads from columns and walls are effectively transferred to the underlying soil. This study involves modeling the raft foundation's bearing performance using Plaxis 3D software, accompanied by the application of the Poulos & Davis method to compare settlement values. The analysis is based on soil parameters and Standard Penetration Test (NSPT) data to evaluate the foundation's performance. The manual computation using the Poulos & Davis approach resulted in a settlement measurement of 0.12409 m or 12.4 cm, while the simulation conducted through Plaxis 3D yielded a settlement of 0.1303 m or 13.3 cm, with a percentage discrepancy of 10.3% between the two methods.

Key : Plaxis 3D Modeling, Raft Foundation, Poulos & Davis Method

Article History

Received: Agustus 2025

Reviewed: Agustus 2025

Published: Agustus 2025

Plagiarism Checker No 235

Prefix DOI :

[10.8734/Koehsi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Koehsi.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Koehsi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konstruksi gedung merupakan proses pembangunan fisik dari suatu struktur yang dirancang untuk memenuhi berbagai fungsi, seperti hunian, komersial, industri, maupun institusional. Salah satu elemen struktural yang paling vital dalam proses ini adalah fondasi, karena fondasi memiliki tanggung jawab utama dalam menopang dan menyalurkan beban

bangunan ke lapisan tanah di bawahnya. Dalam praktik pembangunan gedung, seluruh tahapan dimulai dari perencanaan awal hingga penyelesaian akhir dilaksanakan secara sistematis sesuai dengan rencana kerja yang telah disusun oleh kontraktor. Selain itu, proyek konstruksi juga harus memperhatikan berbagai aspek penting, seperti teknis, arsitektur, regulasi, keamanan, serta kelestarian lingkungan.

Di Indonesia, penggunaan fondasi jenis raft belum terlalu meluas dan umumnya hanya digunakan



pada proyek-proyek tertentu yang memiliki karakteristik tanah khusus. Salah satu alasannya adalah karena sebagian besar perhitungan daya dukung tanah pada proyek konstruksi di Indonesia masih mengandalkan pendekatan konvensional berdasarkan data proyek yang tersedia. Oleh karena itu, penelitian ini mengadopsi pendekatan perhitungan manual secara numerik yang masih dianggap kredibel dan sering diterapkan dalam berbagai proyek konstruksi.

Terdapat berbagai metode analisis yang digunakan oleh kontraktor untuk menghitung daya dukung tanah, tergantung pada kondisi proyek masing-masing. Dalam studi ini, fondasi yang digunakan adalah jenis raft, dan pendekatan analisis dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan manual menggunakan metode Poulos dengan hasil simulasi melalui perangkat lunak Plaxis 3D. Penggunaan Plaxis 3D bertujuan untuk memberikan kemudahan dalam proses analisis secara praktis dan efisien, serta memfasilitasi perbandingan hasil antarproyek secara lebih sistematis. Dengan demikian, penelitian ini mencoba mengevaluasi sejauh mana hasil perhitungan manual menggunakan metode Poulos sejalan atau berbeda dengan hasil yang diperoleh dari simulasi digital menggunakan Plaxis 3D.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji tentang daya dukung fondasi dengan berbagai pendekatan, salah satunya adalah studi oleh I Nyoman Sutarja, I Wayan Redana, dan I Made Putra Dwityagana, yang meneliti desain fondasi tiang rakit menggunakan metode Poulos dan perangkat lunak Plaxis. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk merancang alternatif desain fondasi tiang-rakit dengan memanfaatkan kedua metode tersebut sebagai alat analisis.

Fenomena yang menjadi perhatian dalam studi ini adalah tingginya beban yang ditanggung oleh struktur gedung bertingkat, terutama pada bangunan dengan lebih dari 10 atau bahkan 20 lantai. Dalam kasus tertentu, bangunan bertingkat tinggi yang diteliti memiliki luas denah sekitar 29,5 x 31 meter, meskipun pada tahap perencanaan sebelumnya dirancang dengan ukuran 28 x 35 meter dari titik as. Kondisi ini diperparah dengan lokasi pondasi yang berdekatan dengan kawasan permukiman, sehingga keberadaan air tanah dari lingkungan sekitar turut mempengaruhi proses pelaksanaan fondasi raft dan dapat menimbulkan kendala dalam konstruksi.

Jenis tanah keras yang menjadi dasar bangunan ini membutuhkan sistem fondasi yang memiliki kapasitas dukung tinggi agar dapat menjamin kestabilan struktur terhadap beban berat serta mampu menahan gaya seismik. Fondasi yang tidak dirancang dengan tepat dapat menyebabkan deformasi atau pergeseran bangunan yang membahayakan keselamatan.

Oleh karena itu, tugas akhir ini disusun sebagai bentuk pengembangan dari studi sebelumnya yang telah menggunakan metode Poulos dan software PLAXIS 3D dalam mengevaluasi daya dukung pondasi. Penelitian ini secara khusus bertujuan untuk membandingkan hasil analisis antara metode manual dan simulasi komputer guna memberikan gambaran yang lebih akurat dan komprehensif dalam menentukan kapasitas dukung fondasi raft pada struktur bangunan bertingkat.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa daya dukung ultimate terhadap fondasi raft menurut Metode Poulos & Davis ?
2. Berapa hasil nilai daya dukung ultimate fondasi raft dengan menggunakan *software Plaxis 3D* ?
3. Berapa hasil perbandingan daya dukung menurut Metode Poulos & Davis menggunakan *software Plaxis 3D* ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi nilai kapasitas dukung maksimum (ultimate bearing capacity) dari fondasi raft berdasarkan pendekatan analitis menggunakan metode Poulos & Davis.
2. Menganalisis daya dukung maksimum fondasi raft melalui pemodelan digital menggunakan perangkat lunak Plaxis 3D.
3. Membandingkan hasil evaluasi daya dukung fondasi raft antara perhitungan manual dengan metode Poulos & Davis dan hasil simulasi dari *software Plaxis 3D*.

1.4 Batasan Masalah

1. Fokus penelitian ini diarahkan pada proyek konstruksi gedung bertingkat tinggi sebagai objek kajian utama.
2. Pengumpulan data dilakukan melalui metode observasi langsung di lapangan, dokumentasi, serta wawancara dengan pihak-pihak yang memiliki keterlibatan langsung dalam proyek terkait studi perbandingan daya dukung fondasi raft menggunakan metode Poulos dan perangkat lunak Plaxis.
3. Penelitian ini hanya memanfaatkan data hasil pengujian tanah menggunakan metode Standard Penetration Test (SPT).
Data yang digunakan bersifat sekunder, meliputi hasil uji SPT serta gambar struktur bangunan yang diperoleh dari proyek pembangunan gedung bertingkat tinggi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memperluas pengetahuan serta memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai penerapan analisis perbandingan daya dukung pondasi pada bangunan gedung, khususnya

melalui pendekatan metode Poulos dan simulasi menggunakan perangkat lunak Plaxis. Selain itu, hasil studi ini juga dapat menjadi sumber referensi yang bermanfaat bagi penelitian selanjutnya yang mengangkat topik serupa dalam tugas akhir maupun kajian akademik di bidang teknik sipil.

TINJAUAN PUSTAKA

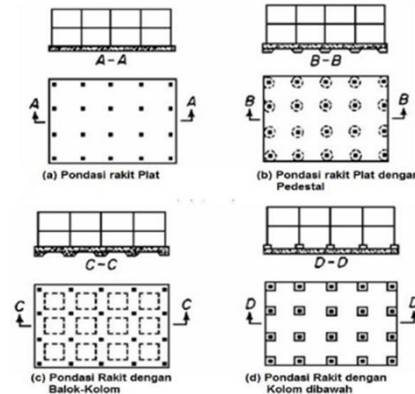
2.1 Karakteristik dan Kinerja Fondasi Rakit pada Berbagai Kondisi Tanah

Fondasi rakit (*raft foundation*) merupakan jenis fondasi dangkal (*shallow foundation*) berbentuk pelat beton bertulang yang berfungsi untuk menopang dan mengintegrasikan beberapa kolom yang tersusun dalam barisan tertentu [3]. Sistem fondasi ini dirancang untuk menyalurkan beban dari elemen vertikal struktur, seperti kolom dan dinding, secara merata ke tanah pendukung di bawahnya.

Penggunaan fondasi rakit menjadi solusi yang tepat pada kondisi tanah dengan daya dukung rendah maupun situasi pembebanan yang kompleks. Beberapa karakteristik utama dan kondisi yang mendukung penggunaan fondasi ini antara lain sebagai berikut:

1. Tanah dengan Kapasitas Dukung Rendah
Pada tanah yang memiliki kemampuan dukung terbatas, penyatuan beberapa kolom dalam satu pelat beton berukuran besar dapat mengurangi tekanan kontak terhadap tanah. Strategi ini secara efektif membantu meningkatkan kapasitas dukung tanah melalui distribusi beban yang lebih luas dan merata.
2. Ketidakteraturan Distribusi Beban
Apabila beban struktural tidak terdistribusi secara seragam, fondasi rakit akan berperan seperti jembatan yang menjangkau area dengan beban bervariasi. Kondisi ini mampu meminimalkan risiko penurunan tanah (*differential settlement*), sehingga kestabilan struktur dapat lebih terjaga.
3. Adanya Tekanan Hidrostatik yang Signifikan
Dalam lingkungan yang memiliki tekanan air tanah tinggi, pelat fondasi yang luas pada fondasi rakit dapat mengurangi risiko gaya angkat hidrostatik. Luas permukaan fondasi yang besar memungkinkan fondasi ini menahan tekanan ke atas dengan lebih baik.
4. Luas Fondasi Mencapai Setengah dari Luas Bangunan
Apabila area yang dibutuhkan untuk fondasi mencakup sekitar 50% dari keseluruhan denah bangunan, maka penggunaan fondasi rakit menjadi lebih ekonomis dibandingkan sistem fondasi telapak tunggal.

Dari segi perhitungan, kapasitas dukung dan penurunan tanah pada fondasi rakit dapat dianalisis menggunakan pendekatan yang serupa dengan fondasi telapak biasa. Namun, dalam praktiknya, fondasi rakit menawarkan efisiensi dan kestabilan yang lebih baik, khususnya pada kondisi tanah yang lemah atau tidak seragam.



Gambar 2.1 Jenis Pondasi Dangkal

2.1.1 Fondasi Kombinasi Tiang dan Rakit

Fondasi tiang-rakit merupakan sistem fondasi gabungan yang mengintegrasikan elemen pelat rakit dan kelompok tiang dalam satu kesatuan struktural. Pemilihan sistem ini umumnya didasarkan pada kebutuhan untuk mengendalikan penurunan tanah secara serempak, terutama pada bangunan dengan luas bentang yang besar. Menurut Poulos, pondasi tiang-rakit menunjukkan kinerja optimal apabila diterapkan pada kondisi geoteknik tertentu, antara lain: lapisan tanah berupa lempung dengan kekakuan tinggi, pasir yang padat, serta tanah berlapis yang tidak mengandung zona tanah lunak di bawah dasar pondasi tiang.

Konsep kombinasi antara pelat dan tiang dalam fondasi ini memungkinkan transfer beban secara simultan ke tanah keras, sehingga mampu meningkatkan stabilitas struktur dan meminimalkan deformasi diferensial. Pendekatan ini juga sering dipilih sebagai solusi teknis pada lokasi proyek dengan daya dukung tanah yang bervariasi secara vertikal maupun horizontal.

2.2 Karakteristik Tanah Keras

Tanah keras, yang sering disebut sebagai lapisan tanah bawah, merupakan bagian dari profil tanah yang berada di bawah lapisan tanah atas dan umumnya memiliki ketebalan antara 50 hingga 60 cm. Lapisan ini memiliki struktur yang lebih padat dan stabil dibandingkan tanah permukaan, serta terletak pada kedalaman lebih dari 2 meter dari permukaan tanah [4]. Karena karakteristik kekakuan dan daya dukungnya yang lebih tinggi, tanah keras sering dijadikan sebagai lapisan tumpu utama untuk fondasi bangunan, khususnya pada struktur yang memerlukan kestabilan tinggi terhadap beban vertikal maupun lateral.



2.3 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah merujuk pada kapasitas suatu tanah dalam menahan tekanan vertikal dari struktur bangunan tanpa mengalami kegagalan geser ataupun penurunan berlebih yang dapat membahayakan stabilitas struktur di atasnya [5]. Nilai daya dukung ini menjadi parameter penting dalam perencanaan dimensi struktur dan perhitungan beban yang akan diterapkan pada fondasi bangunan.

Apabila hasil evaluasi menunjukkan bahwa tanah tidak mampu menahan beban sesuai rancangan, maka perlu dilakukan upaya perbaikan berdasarkan data kapasitas dukung yang telah tersedia. Perbaikan ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan tanah agar sesuai dengan kebutuhan teknis. Beberapa teknik perbaikan yang umum dilakukan meliputi penimbunan dan pemadatan, yang berfungsi untuk memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kepadatannya guna memperoleh nilai daya dukung yang lebih optimal.

2.4 Klasifikasi Kapasitas Dukung Pada Fondasi Permukaan

Berdasarkan ketentuan dalam *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung Tahun 1936* [7], daya dukung tanah pada pondasi permukaan diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama berdasarkan tingkat kekuatannya, yaitu:

1. Tanah berkarakter keras, dengan kapasitas dukung lebih dari 5 kg/cm²
2. Tanah berkonsistensi sedang, dengan daya dukung berada pada rentang 2–5 kg/cm²
3. Tanah lunak, yang hanya mampu menahan beban antara 0,5–2 kg/cm²

Klasifikasi ini digunakan sebagai acuan penting dalam menentukan jenis pondasi yang sesuai dengan kondisi tanah di lokasi proyek. Semakin tinggi nilai daya dukung tanah, semakin besar pula kemampuan tanah tersebut dalam menopang beban struktural tanpa mengalami penurunan yang signifikan.

2.4.1 Daya Dukung Ultimate Komponen Pondasi Raft

Dalam penyusunan tugas akhir ini, perhitungan kapasitas daya dukung ultimit dari pondasi raft dilakukan dengan menggunakan pendekatan Poulos. Metode ini diformulasikan dalam persamaan berikut [8]:

$$P_{ur} = K_1 N_r \text{ (kPa)}$$

Dimana :

P_{ur} = kapasitas daya dukung ultimit pada komponen pondasi raft

N_r = nilai rata-rata hasil uji Standard Penetration Test (NSPT) yang diambil pada kedalaman sebesar 1,5 kali lebar pondasi

K_1 = koefisien korelasi yang disesuaikan dengan jenis tanah di lokasi

Nilai K_1 dan K_2 sebagai faktor koreksi dalam metode Poulos ditentukan berdasarkan karakteristik tanah, sebagai mana dirangkum dalam Tabel 2.1 berikut:

Jenis Tanah	K1	K2 (DP**)	K2 (NDP**)
Pasir	90	325	165
Lanau berpasir	80	205	115
Lanau berlempung	80	165	100
Lempung	65	100	80

Tabel 2.1 Nilai Koefisien Korelasi K_1 dan K_2
Berdasarkan Jenis Tanah

Sumber : (Sutarja, Redana and Dwityagana) 2019

2.5 Karakteristik Modulus Elastisitas Material Struktural

Penentuan nilai modulus elastisitas untuk beton, baja tulangan, serta tendon prategang dilakukan dengan acuan ketentuan teknis sebagai berikut:

1. Untuk beton dengan berat jenis W_c berkisar antara 1500 hingga 2500 kg/m³, nilai modulus elastisitas E_c dapat dihitung menggunakan rumus:

$$E_c = 0,043 \cdot W_c^{1,5} \cdot \sqrt{f'_c}$$

(dalam satuan MPa). Namun, pada beton normal, rumus yang lazim digunakan adalah:

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c}$$

2. Nilai modulus elastisitas untuk baja tulangan non-prategang (E_s) dapat dianggap tetap sebesar 200.000 MPa.
3. Untuk tendon yang digunakan dalam sistem prategang, nilai modulus elastisitasnya (E_c) diperoleh berdasarkan hasil pengujian laboratorium atau merujuk pada spesifikasi teknis dari produsen material terkait [12].

2.6 Implementasi Teknologi Pemodelan Visual dalam Rekayasa Fondasi

Kemajuan teknologi digital secara signifikan telah mempermudah berbagai aktivitas dalam bidang teknik sipil, baik dalam tahap perencanaan maupun pelaksanaan di lapangan. Proses-proses yang sebelumnya dilakukan secara manual kini dapat diselesaikan dengan lebih efisien berkat bantuan perangkat lunak dan



peralatan modern. Dalam praktiknya, teknologi pemodelan visual memainkan peran sentral dalam mendukung perancangan sistem rekayasa.

Pemodelan visual merujuk pada proses representasi grafis dari cetak biru suatu sistem informasi, yang mencakup elemen-elemen utama seperti komponen, antarmuka pengguna (interface), serta hubungan antarbagian dalam sistem tersebut. Tujuan utamanya adalah menyederhanakan proses pemahaman dan komunikasi teknis antar pengguna [13].

Di ranah geoteknik, khususnya pada perencanaan fondasi, telah tersedia berbagai perangkat lunak yang mampu mensimulasikan dan menganalisis performa sistem fondasi secara lebih akurat. Beberapa aplikasi perangkat lunak yang umum digunakan dalam pemodelan dan analisis fondasi antara lain Plaxis dan Allpile, yang memungkinkan pengguna untuk melakukan evaluasi teknis terhadap daya dukung tanah dan perilaku struktur fondasi secara efisien dan berbasis data.

2.6.1 Pemanfaatan Perangkat Lunak Plaxis 3D dalam Analisis Geoteknik

Plaxis 3D merupakan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga (finite element method) yang secara luas digunakan dalam bidang geoteknik untuk melakukan simulasi perilaku tanah berdasarkan model-model pendekatan teoritis [14]. Salah satu fitur unggulan dari Plaxis adalah kemampuannya dalam mensimulasikan tahapan pelaksanaan konstruksi secara bertahap, sesuai dengan kondisi aktual di lapangan.

Dalam penerapannya, Plaxis menyediakan antarmuka input dan output yang mendukung proses pemodelan struktur fondasi secara komprehensif. Pada penelitian ini, penggunaan Plaxis difokuskan untuk melakukan analisis perilaku fondasi melalui tahapan input dan output data yang terstruktur. Tahapan input dalam Plaxis mencakup:

1. Pengaturan global seperti pembuatan proyek baru dan penentuan dimensi geometri;
2. Penyusunan model geometri;
3. Pendefinisian karakteristik material; dan
4. Proses perhitungan berdasarkan titik nodal yang dipilih.

Sementara itu, hasil keluaran (output) dari simulasi meliputi:

1. Visualisasi deformasi jaring elemen; dan
2. Penyajian kurva hubungan antara beban dan perpindahan.

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

1. Mulai

Penelitian diawali dengan penetapan topik, yaitu analisis perbandingan efektivitas konstruksi fondasi raft pada struktur gedung bertingkat tinggi, yang dikaji melalui metode manual dan pemodelan menggunakan perangkat lunak Plaxis 2D.

2. Studi Literatur

Proses ini dilakukan guna mengumpulkan teori-teori pendukung serta hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan objek kajian. Literatur yang dikaji mencakup aspek geoteknik, teknik fondasi, dan pemanfaatan software simulasi dalam rekayasa sipil.

3. Observasi Awal

Proses ini dilakukan guna mengumpulkan teori-teori pendukung serta hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan objek kajian. Literatur yang dikaji mencakup aspek geoteknik, teknik fondasi, dan pemanfaatan software simulasi dalam rekayasa sipil.

4. Pengumpulan Data

Data diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu:

- a) Data Primer, diperoleh melalui wawancara dan diskusi teknis dengan praktisi atau ahli yang terlibat dalam proyek pembangunan, serta observasi langsung terhadap struktur fondasi yang sedang dikonstruksi.
- b) Data Sekunder, mencakup dokumen teknis seperti hasil uji Standard Penetration Test (SPT/N-SPT), gambar desain struktur, serta data perhitungan kapasitas dukung tanah pada fondasi raft.

5. Pengolahan Data

Seluruh data yang terkumpul, baik primer maupun sekunder, diolah secara kuantitatif dan kualitatif. Analisis ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan penelitian serta mencapai tujuan utama dalam studi ini.

6. Penyusunan Prototype

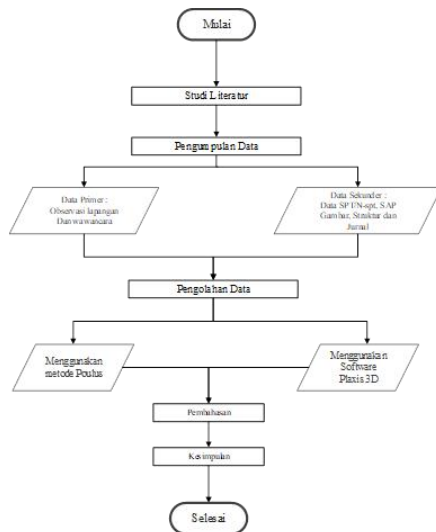
Sebagai luaran tambahan dari penelitian ini, disusun sebuah prototipe berupa buku modul prosedur analisis fondasi raft dengan pendekatan manual dan numerik menggunakan Plaxis 2D. Modul ini diharapkan dapat menjadi pedoman teknis untuk studi sejenis di masa mendatang.

7. Kesimpulan & Saran

Berdasarkan hasil analisis, disimpulkan efektivitas masing-masing metode dalam konteks penerapan fondasi raft pada bangunan bertingkat tinggi. Rekomendasi juga disampaikan untuk pengembangan metode analisis di proyek konstruksi selanjutnya.

8. Selesai

Penelitian dianggap selesai setelah seluruh tahapan metodologis dilaksanakan secara sistematis dan menyeluruh sesuai dengan kerangka kerja yang telah dirancang.



Hasil & Pembahasan

4.1 Deskripsi Umum Perencanaan Pondasi

Bab ini menguraikan hasil analisis terhadap data yang telah diperoleh dari studi tanah pada proyek pembangunan gedung Universitas Muhammadiyah Surabaya (UMS). Fokus utama analisis ini adalah pada perencanaan pondasi dengan sistem *raft foundation*, yang digunakan dalam konstruksi gedung tersebut. Adapun spesifikasi teknis dari pondasi raft yang diterapkan antara lain sebagai berikut:

- Dimensi pondasi raft : 2950 mm × 3100 mm
- Ukuran penampang kolom : 80 cm × 80 cm
- Kedalaman pondasi : 3 meter
- Jumlah titik pondasi : 69 titik
- Kualitas beton yang : Mutu K-400 ($f'c = 33,2 \text{ MPa}$)

Perhitungan kapasitas daya dukung pondasi dilakukan berdasarkan data hasil penyelidikan tanah, khususnya menggunakan nilai *N-SPT* sebagai acuan. Selanjutnya, metode analitis yang diterapkan adalah pendekatan Poulos & Davis, yang kemudian divalidasi melalui pemodelan numerik dengan memanfaatkan perangkat lunak Plaxis Versi 24.

4.2 Daya Dukung Metode Manual Metode Poulos

Menurut Poulos And Davis perhitungan daya dukung metode manual Raft Foundation mempunyai langkah – langkah perhitungan menurut metode poulos .

Langkah menggunakan metode poulos and davis :

- 1) Daya Dukung Ultimit Rakit
Diket :
- L_r = Panjang Pondasi Bangunan
 - B_r = Lebar Pondasi Bangunan
 - N_r = NSPT Rata-rata
 - K_1 = Korelasi Jenis Tanah
- Tabel Korelasi Jenis – jenis tanah

Jenis Tanah	K1	K2 (DP)	K2 (NDP)
Pasir	90	325	165
Lanau Pasir	80	205	115
Lanau Lempung	80	165	100
Lempung	65	100	80

Rumus :

- $P_{ur} = K_1 \times N_r$
 $= 90 \times 45,99$
 $= 4139,1 \text{ KN}$

Diket :

- $L_r = 25$ m
- $B_r = 25$ m
- $N_r = 45,99$
- $K_1 = 90$

- 2) Daya Dukung Ultimat Selimut Tiang
Rumus :

$$\begin{aligned} F_s &= 2,8 \times N_s + 10 \\ &= 2,8 \times 24,2 + 10 \\ &= 77,76 \text{ Kpa} \end{aligned}$$

Diket :

- F_s = tahanan friksi ultimit (kPa)
- N_s = 24,2 (nilai rata-rata NSPT sepanjang batang tiang)
- Dilihat pada gambar tabel excel :

Depth (m)	Deskripsi	Jenis Tanah	N - SPT	13.5 14.5	14 14.5	SAND (Pasir)	Tanah non kohesif	27
0				15				
1	SAND (Pasir)	Tanah non kohesif		15.5				
2				16				
2.5	CLAY (Lempung)	Tanah kohesif	1	16.5		FINE SAND (Pasir halus)	Tanah non kohesif	17
3				17				
3.5	CLAY (Lempung)	Tanah kohesif	3	17.5				
4				18				
4.5				18.5		SILT AND CLAY (Lempau dan Lempung)	Tanah kohesif	17
5				19				
5.5				19.5				
6	CLAY (Lempung)	Tanah kohesif	1	20				
6.5				20.5				
7				21				
7.5				21.5				
8	CLAY (Lempung)	Tanah kohesif	3	22				
8.5				22.5		SAND (Pasir)	Tanah non kohesif	24
9				23				
9.5	CLAY (Lempung)	Tanah kohesif	8	23.5				
10				24				
10.5				24.5				
11				25				
11.5	SILT AND FINE SAND (Lempau dan Pasir halus)	Tanah kohesif	20	25.5		SILT AND CLAY (Lempau dan Lempung)	Tanah kohesif	26
12				26				
12.5				26.5		FINE SAND (Pasir halus)	Tanah non kohesif	28

37			38			
27,5			38,5			33
28		28	39			
28,5			39,5			
29			40			50
29,5		33	40,5			
30			41			
30,5			41,5			
31	SILT AND CLAY (Lempu dan Lempung)	Tanah kohesif	42		SAND (Pasir)	Tanah hici kohesif
31,5			42,5			42
32			43			
32,5			43,5			
33			44			
33,5			44,5			50
34		29	45			
34,5			45,5			
35			46			
35,5			46,5			
36	CLAY AND SILT (Lempung dan Lempu)	Tanah kohesif	47			
36,5			47,5			50
37			48			

Gambar 4. 12 Tabel Excel NSPT Rata-rata Sepanjang Tiang



(Sumber : Dokumen Pribadi)

3) Daya Dukung Ultimat Tiang

Rumus :

- $A_s = D \times 4 \times L$
 $= 0,5 \times 4 \times 20$
 $= 40 \text{ m}^2$
- $P_s = f_s \times A_s$
 $= 77,76 \times 40$
 $= 3110,4$
- $F_b = K_2 \times N_b$
 $= 325 \times 31$
 $= 10075$
- $A_b = D \times D$
 $= 0,5 \times 0,5$
 $= 0,25 \text{ m}^2$
- $P_b = f_b \times A_b$
 $= 10075 \times 0,25$
 $= 2518,75$

Diket :

- D = Dimensi Tiang
 $= 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$
- L = Panjang Tiang
 $= 20 \text{ m}$

3.1) Tahanan Ujung Tiang

Diket :

- F_b = Tahanan Ujung Ultimat Tiang (Kpa)
- N_b = NSPT di dekat ujung tiang (NSPT kedalaman 20 m)
- Dilihat pada gambar tabel excel :

20		31
20,5		
21		
21,5		
22		24
22,5		
23		
23,5		
24		35
24,5		

Gambar 4.1 NSPT di ujung tiang

- K_2 = Tabel Jenis Tanah Pasir
- Dilihat tabel korelasi jenis tanah

Jenis Tanah	K1	K2 (DP)	K2 (NDP)
Pasir	90	325	165
Lanau Pasir	80	205	115
Lanau Lempung	80	165	100
Lempung	65	100	80

- Daya Dukung Total

$$\begin{aligned}
 P_u &= P_s + P_b \\
 &= 3110,4 + 2518,75 \\
 &= 5629,15 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

4) Kekakuan Pondasi

Rumus :

$$\frac{G_s}{1 - \nu} \beta_z \sqrt{4c}$$

$$K_r =$$

Diket :

- C = Kohesi Tanah = 41,6
- Dilihat pada gambar tabel excel :

C	Q	106,5
0	50	0
0	0	0
13	0	0
6	202,5	0
13	105,5	0
50	106,5	0
0	109	0
0	105,5	0
0	107	41,6923
103,5		

Gambar 4.2 Kohesi Tanah Rata-rata

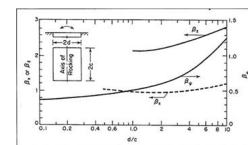
Diket :

- K_r = Kekakuan komponen rakit
- G_s = Modulus geser tanah rata-rata ujung tiang
 $= 33326$
- Dilihat pada gambar tabel excel :

20	31	0	27,8	18	0,25	33326	2000	39	7
20,5	30	0	27,8	18	0,25	33326	37420	40	11
21	29	0	27,8	18	0,25	33326	35840	41	15
21,5	28	0	27,8	18	0,25	33326	34280	42	19
22	27	0	27,8	18	0,25	33326	32740	43	23
22,5	26	0	27,8	18	0,25	33326	31220	44	27
23	25	0	27,8	18	0,25	33326	29720	45	31
23,5	24	0	27,8	18	0,25	33326	28240	46	35
24	23	0	27,8	18	0,25	33326	26780	47	39
24,5	22	0	27,8	18	0,25	33326	25340	48	43

Gambar 4.3 Modulus geser tanah rata-rata ujung tiang

- β_z = Koefisien Dimensi Rakit
 $= 2,75$
- Dilihat pada gambar excel :



Gambar 4.4 Koefisien dimensi rakit

- ν = Poisson Ratio
 $= 0,25$

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 K_r &= \frac{G_s}{1 - \nu} \beta_z \sqrt{4c} \\
 &= \frac{33326}{1 - 0,25} \times 2,75 \sqrt{4 \times 41,6} \\
 &= \frac{33326}{0,75} \times 2,75 \times 12,8 \\
 &= 44,43 \times 2,75 \times 12,8 \\
 &= 1.563,9 \text{ Mn}
 \end{aligned}$$



5) Kekakuan rakit

Rumus :

$$\lambda = \frac{E}{G}$$

Diket :

- E = Modulus Young Tiang
= 766 x NSPT
= 766 x 24,2
= 18537,2 Kn/m²
- G = Modulus geser tanah rata-rata
= 19662,9 Kn/m²
- λ = Lamda

Perhitungan :

$$\lambda = \frac{E}{G} = \frac{18537,2}{19662,9} = 0,94$$

$$= \frac{20}{0,25} \times \sqrt{\frac{2}{1 \times 0,94}} = 0,8 \times \sqrt{2,12} = 1,16$$

5.c) Rumus :

$$\xi = \ln \left(\frac{2,5\rho(1-\nu)L}{r_0} \right)$$

Diket :

- ξ = Tiang end-bearing (tiang friksi = 1)
- r₀ = Radius Tiang
= 0,25

Perhitungan :

$$\xi = \ln \left(\frac{2,5\rho(1-\nu)L}{r_0} \right) = \ln \left(\frac{9375}{0,25} \right) = \ln (37,50) = 3,62$$

5.a) Koreksi untuk diameter tiang tidak seragam

Rumus :

$$\eta = r_b / r_0$$

Diket :

- r₀ = Radius Tiang
= 0,5
 $\frac{0,5}{2}$
= 0,25
- r_b = Radius Beban
= 0,25 x 0,25
= 0,06

Diket :

- η = Tiang tidak seragam

Perhitungan :

$$\eta = r_b / r_0 = \frac{0,25}{0,06} = 4,16$$

5.b) Rumus :

$$\mu_l = \frac{L}{r_0} \sqrt{\frac{2}{\varsigma \lambda}}$$

Diket :

- L = Panjang Tiang
= 20 m
- r₀ = Radius Tiang
= 0,25
- ς = Tiang Friksi
= 1

Perhitungan :

$$\mu_l = \frac{L}{r_0} \sqrt{\frac{2}{\varsigma \lambda}}$$

6) Kekakuan Sistem Pondasi Tiang – Rakit

Rumus :

$$K_{pr} = \frac{1-0,6}{1-0,64} \frac{kr}{kp} K_p$$

Diket :

- K_{pr} = Kekakuan sistem pondasi tiang – rakit
- K_p = Kekakuan grup tiang (Mn/m)
- K_r = Kekakuan komponen rakit (Mn/m)

Perhitungan :

$$K_{pr} = \frac{1-0,6}{1-0,64} \frac{kr}{kp} K_p = \left(\frac{1-0,6 \times 31,74}{1-0,64 \times 31,74} \right) \times 49,27 = \left(\frac{1-19,044}{1-20,313} \right) \times 49,27 = \left(\frac{-18,044}{-19,313} \right) \times 49,27 = 0,93 \times 49,27 = 45,82 \text{ Mn}$$

Diket :

- K_p = 49,27 Mn
- K_r = 1.563,9 Mn

7) Kekakuan satu tiang

Rumus :

$$K_p = G_l r_0 \frac{\frac{4\pi}{(1-\nu)\xi} + \rho \frac{2\pi}{\varsigma} \frac{\text{Tanh}(\mu L)}{\mu L} \frac{L}{r_0}}{1 + \frac{1}{\pi} \frac{4\pi}{(1-\nu)\xi} \frac{\text{Tanh}(\mu L)}{\mu L} \frac{L}{r_0}}$$

Diket :

- GI = Modulus geser tanah di kedalaman ujung tiang
- r₀ = Radius tiang



- ζ = Tiang friksi
- ν = Poisson ratio
- L = Panjang tiang
- ρ = Besar beban yang diaplikasikan pada raki

Diket :

- GI = 19662,9
- r_0 = 0,25
- ξ = 3,62
- ν = 0,25
- L = 20
- ρ = 250
- ζ = 1

Perhitungan :

$$\begin{aligned} K_p &= G_l r_0 \frac{4\pi}{(1-\nu)\xi} + \rho \frac{4\pi}{\varsigma} \frac{Tanh(\mu L)}{\mu L} \frac{L}{r_0} \\ &= 19662,9 \times 0,25 \frac{4 \times 3,14}{(1-0,25) \cdot 3,62} + 250 \frac{2 \times 3,14}{3,62} \times \frac{(1,16)}{1,16} \\ &= 19662,9 \times 0,25 \frac{12,56}{2,71} + 250 \times \frac{6,28}{3,62} \times 1 \times 80 \\ &= (22759,8) + (34.600) \\ &= 57359,8 \\ &= 1164,05 \\ &= 49,27 \text{ Mn} \end{aligned}$$

- 8) Kekakuan grup tiang

Rumus :

- $K_p - \text{sys} = K_p \sqrt{np}$

Diket :

- K_p = Kekakuan satu tiang tunggal (Mn/m)
- N_p = Jumlah tiang
- K_{p-SVS} = Kekakuan grup tiang (Mn/m)

Diket :

- $K_p = 49,27 \text{ Mn/n}$
- $N_p = 20$
 $= \sqrt{20}$
 $= 4.47$

Perhitungan :

- $K_p - \text{sys} = K_p \sqrt{np}$
 $= 49,27 \times \sqrt{20}$
 $= 220,23 \text{ Mn}$

- 9) Proporsi Beban Komponen Tiang Dalam Sistem
P.Tiang Rakit

Rumus :

$$\bullet \quad \alpha = \frac{0,2}{1-0,8 \left(\frac{Kp}{Kr} \right)} \left(\frac{Kp}{Kr} \right)$$

Diket :

- β_b = Proporsi Beban Komponen Tiang
- α = Alpha

Perhitungan :

- $$\alpha = \frac{0,2}{1-0,8 \left(\frac{Kp}{Kr} \right)} \left(\frac{Kp}{Kr} \right)$$

$$= \frac{0,2}{1-0,8 \left(\frac{49,27}{1563,9} \right)} \times \left(\frac{49,27}{1563,9} \right)$$

$$= 0,205 \times 0,031$$

$$= 0,006355$$
- $$\beta_b = \frac{1}{1+\alpha}$$

$$= \frac{1}{1+0,006355}$$

$$= 0,99$$

- 10) Kurva – Tri linear, Beban Penurunan

Rumus :

- $P1 = pu : \beta_b$

Diket :

- β_b = Proporsi Beban Komponen Tiang
- P_u = Daya Dukung Ultimat Tiang

Perhitungan :

- $P_1 = p_u : \beta_b$
 $= 5629,15 : 0,99$
 $= 5686,01 \text{ Kn/m}^2$

Rumus :

- $S = \frac{P1}{Kpr}$

Diket :

- P = Beban Vertikal yang bekerja (Kn)
- S = Penurunan (m)
- K_{pr} = Kekakuan aksial sistem pondasi tiang rakit

Perhitungan :

- $$S = \frac{P_1}{K_{pr}}$$

$$= \frac{5686,1}{45,82}$$

$$= 124,09 \text{ m}$$

$$= 124,09 \times 100$$

$$= 12.409 \text{ cm (untuk } P < P_1)$$

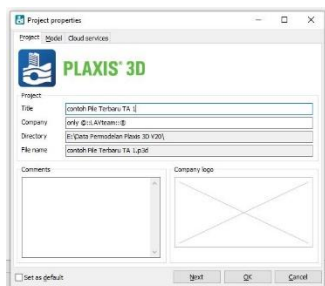
4.3 Daya Dukung Menggunakan Software Plaxis Berdasarkan Poulus & Davis

Berdasarkan hasil perhitungan dalam metode Poulos & Davis, Didapatkan penurunan hasil sebesar 12,4 cm. Berdasarkan hasil perhitungan pada Plaxis sebesar 21,79 cm. Beban tersebut akan dimodelkan ke



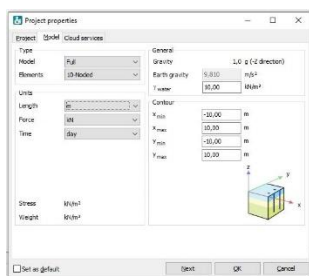
dalam Plaxis menggunakan 1 data tanah yang ada, Berikut ini adalah hasil dari permodelannya. Adapun tahapan pemodelan berdasarkan metode Poulos & Davis dijelaskan sebagai berikut:

- a. Mulai plaxis 3D dengan mengklik dua kali program input, Klik mulai proyek baru, Di lembar tab proyek masukkan Pile Terbaru 1.



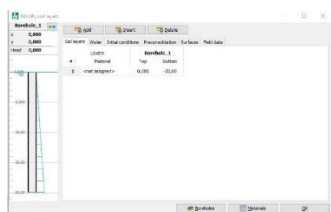
Gambar 4. 17 Input Proyek Baru Plaxis 3D
(Sumber : Dokumen Pribadi)

- b) Menentukan project properties dari model yang akan dibuat. Pada tugas akhir ini, Dimodelkan menggunakan full dengan elemen 10-noded dengan lebar kontur Xmin = -10 m dan Xmax nya = 10 m Sedangkan untuk Ymin = -10 m dan Ymax = 10 m.



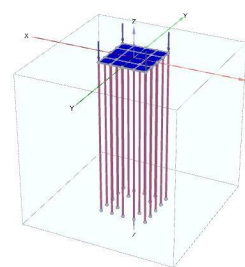
Gambar 4. 18 Input Project Properti Plaxis 3D
(Sumber : Dokumen Pribadi)

- c) Mendefinisikan kondisi tanah asli sesuai dengan data yang digunakan. Pada tahapan ini tidak perlu memasukkan kondisi muka air tanah dan membuat lapisan tanah sesuai dengan kedalaman rencana. Pada tugas akhir ini, lapisan tanah dibagi berdasarkan rentang nilai n-spt.



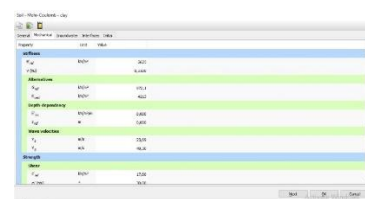
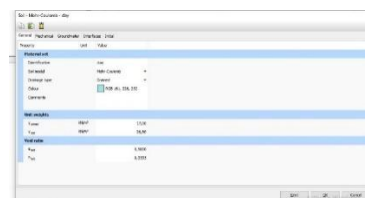
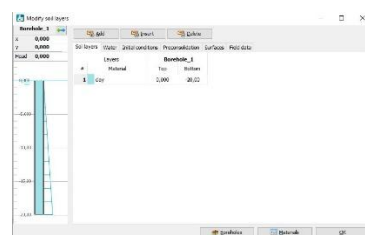
Gambar 4. 19 Input Kondisi Tanah Asli
(Sumber : Dokumen Pribadi)

d) Menggambar geometri model, Setelah mendefinisikan kondisi tanah asli maka akan muncul geometri model lapisan tanah. Tahapan selanjutnya menggambarkan geometri model dari metode Poulos & Davis, Karena fondasi tersebut memiliki panjang fondasi 20 m maka fondasi tersebut dimodelkan menggunakan full node. Karena penelitian ini menggunakan model full node. Dilanjutkan dengan menggambar dan mengaktifkan plat lantai, titik point dan tiang pancang, Tampilan model pada tahap ini seperti pada Gambar 4.15 :



Gambar 4. 20 Gambar Struktur Tiang Pancang
(Sumber : Dokumen Pribadi)

- e) Membuat dan menerapkan material tanah pada geometri model. Parameter Pile terbaru yang di input dilihat pada parameter Excel tersebut. Setelah geometri model yang dibentuk selesai dibuat, maka selanjutnya membuat lapisan tanah sesuai input data parameter dan menerapkannya pada model seperti pada Gambar 4.16.

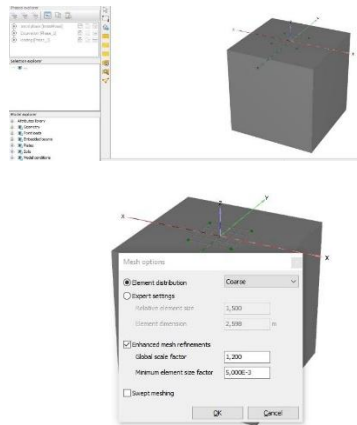


Gambar 4. 21 Menerapkan Material Tanah Clay

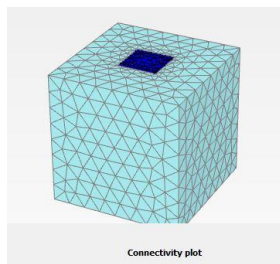


(Sumber : Dokumen Pribadi)

f) Mesh atau proses pembagian model tanah menjadi elemen – elemen jaring. Pada tahap ini dipilih Mesh Course untuk memodelkan data yang ada, Hasil pemodelan jaring dapat dilihat pada Gambar 4.17.

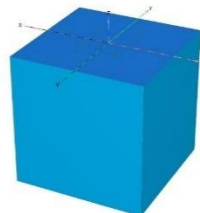


Gambar 4. 22 Penentuan Course Mesh
(Sumber : Dokumen Pribadi)



Gambar 4. 23 Hasil Elemen Jaring
(Sumber : Dokumen Pribadi)

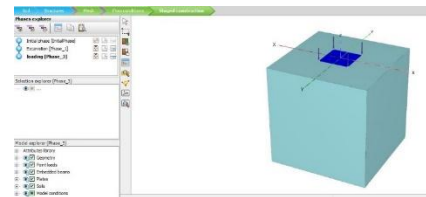
g) Flow Condition , pada tahapan ini biarkan parameter yang ada sama dengan setelan aslinya, di tahap ini menampilkan kondisi muka air tanah model secara global seperti pada Gambar 4.19 .



Gambar 4. 24 Kondisi Air Muka Tanah
(Sumber : Dokumen Pribadi)

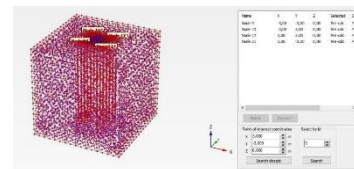
h) Tahap konstruksi, pada tahap ini terdapat tahapan bawaan yaitu tahapan inisial dimana pada tahap ini menggambarkan kondisi tanah awal. Kemudian dibuat tahapan untuk mendefinisikan fondasi tiang pancang , Pada

tahap ini menerapkan material plat lantai, titik point dan tiang pancang. Kemudian dibuat tahapan untuk mendefinisikan fondasi tiang pancang , Pada tahap ini menerapkan nilai titik point sebesar 95.000 Kn, serta mengaktifkan plat lantai dan tiang pancang tersebut. Tampilan tahap ini bisa dilihat pada Gambar 4.20 di bawah ini :

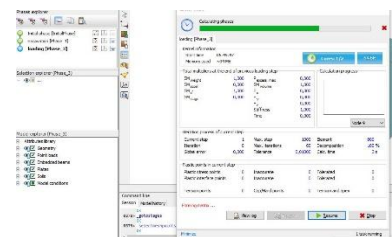


Gambar 4. 25 Tahapan Konstruksi Lengkap
(Sumber : Dokumen Pribadi)

i) Tahap Kalkulasi, pada tahapan ini dilakukan perhitungan pada model yang telah dibuat, dan hasil perhitungan dapat dilihat pada Plaxis Output , atau langsung dengan memilih menu lihat hasil kalkulasi. Tahap sebelum kalkulasi dibuat harus menetapkan Noded . Tahap kalkulasi akan berjalan dengan tampilan seperti pada Gambar 4.21 di bawah ini, tahapan ini memerlukan waktu beberapa saat hingga proses kalkulasi selesai.

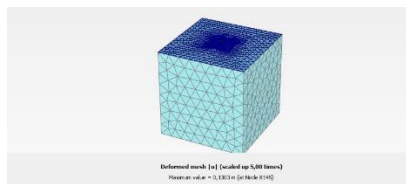


Gambar 4. 26 Menetapkan Noded
(Sumber : Dokumen Pribadi)



Gambar 4. 27 Proses Tahap Kalkulasi
(Sumber : Dokumen Pribadi)

j) Hasil kalkulasi, hasil kalkulasi yang dicari adalah penurunan yang sesuai dengan rencana dan hasil gaya yang bekerja pada penurunan rencana, dimana nantinya hasil tersebut akan diolah untuk mendapatkan nilai daya dukungnya. Hasil dari penurunan yang diinput akan bernilai sebesar 0,1303 m akan menjadi 13,3 cm.



Gambar 4. 28 Hasil Kalkulasi Penurunan
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Kesimpulan & Saran

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data yang telah dilakukan, diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan hasil daya dukung ultimate terhadap fondasi raft menurut metode Poulos & Davis berdasarkan data manual mendapatkan hasil nilai daya dukung ultimate fondasi raft sebesar 4139,1 Kn.
2. Perhitungan hasil daya dukung ultimate fondasi raft dengan bantuan software plaxis 3D . Berdasarkan data manual mendapatkan hasil nilai daya dukung ultimate sebesar 4139,1 Kn untuk berdasarkan bantuan Software Plaxis 3D nilai sebesar 3750 Kn.
3. Hasil pada perhitungan daya dukung ultimate terhadap fondasi raft menurut metode Poulos & Davis mempunyai nilai sebesar 4139,1 Kn, Untuk hasil perbandingan pada Software Plaxis 3D mempunyai nilai percentase sebesar 10,3 %.

B. Saran

Berdasarkan hasil kajian dalam Tugas Akhir ini, saran-saran yang berkaitan dengan pemodelan metode Poulos & Davis menggunakan perangkat lunak Plaxis dapat dikemukakan sebagai berikut:

1. Penggunaan metode analisis lainnya sehingga terdapat perbandingan, pembelajaran dan temuan lain yang berkaitan dengan pemodelan menggunakan software Plaxis 3D untuk simulasi analitis metode Poulos & Davis (fondasi tiang pancang).
2. Pemahaman dan asumsi pemodelan yang baik maupun sesuai dalam pengolahan data sangat diperlukan untuk mendapatkan nilai penurunan fondasi yang seharusnya ataupun yang mendekati dengan nilai hasil analitis metode manualnya.
3. Perlu adanya perbandingan hasil perhitungan rencana nilai daya dukung penurunan menggunakan metode manual analitis maupun software Plaxis dan software lainnya dengan

hasil nilai penurunan yang sesuai dengan model yang dibuat, agar menghasilkan referensi baru tentang metode perhitungan Poulos & Davis (fondasi tiang pancang) yang paling efektif untuk digunakan dalam perencanaan.

Daftar Pustaka

- [1] G. P. Kamagi, "Analisis Life Cycle Cost Pada Pembangunan Gedung (Studi Kasus : Proyek Bangunan Rukan Bahu Mall Manado)," Sipil Statik Vol.1 No.8, vol. 1, no. juli 2013, pp. 549–556, 2013.
- [2] A. Y. Trinanda, "Tinjauan Daya Dukung Pondasi Sumuran Pada Gedung-X Di Kota Bukittinggi," J. Rivet, vol. 1, no. 01, pp. 26–31, 2021, doi: 10.47233/rivet.v1i01.237.
- [3] R. A. Ega Wahyudi, Indah Rosanti, "Tinjauan Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Flat Satbrimob Polda Di Kabupaten Kubu Raya," vol. 1, no. 1, pp. 23–30, 2020.
- [4] S. N. Hutagalung, "Emahaman Metode Numerik (Studi Kasus Metode New-Rhapon) Menggunakan Pemrograman Matlab," J. Teknol. Inf., vol. 1, no. 1, p. 95, 2017, doi: 10.36294/jurti.v1i1.109.
- [5] S. F. Oktaviana, F. Sarie, and O. Hendri, "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Abu Ampas Tebu, Semen Portland, Dan Abu Terbang Terhadap Kuat Geser Dan Daya Dukung Tanah," J. Kacapuri J. Keilmuan Tek. Sipil, vol. 4, no. 1, p. 67, 2021, doi: 10.31602/jk.v4i1.5119.
- [6] N. T. Shinde, S. R. Kuwar, A. P. Khairnar, Y. J. Khairnar, and S. R. Shivde, "Tunnel Analysis using Plaxis 2D," no. 4, pp. 4–5, 2019.
- [7] Harpito, "Analisis Beban-Perpindahan Pondasi Raft Pile Dengan Menggunakan Sap2000," UIN Sultan Syarif Kasim Riau, vol. 1, no. 2, pp. 103–110, 2015.
- [8] Komarudin, "Studi Penanganan Pondasi Tangki Pada Kelompok Tiang Dengan Sistem Pile Raft Dan Perpanjangan Tiang," J. Rekayasa Infrastruktur, vol. 1, no. 4, pp. 163–228, 2016.
- [9] A. Yusti and F. Fahriani, "Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi Dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test Dan CAPWAP," J. Fropil, vol. 2, no. 1, pp. 19–31, 2014.
- [10] A. Usman, "Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Gambut Menggunakan Kombinasi Perkuatan Anyaman Bambu Dan Grid Bambu Dengan Variasi Lebar Dan Jumlah Lapisan Perkuatan," J. Tek. Sipil dan Lingkung., vol. 2, no. 3, pp. 297–302, 2014.
- [11] L. Sinyawati, S. Winarto, and A. Ridwan, "Studi Perencanaan Struktur Pondasi Tiang Pancang Gedung Fakultas Syariah Iain



- Ponorogo,” J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil, vol. 1, no. 2, pp. 227–237, 2018, doi: 10.30737/jurmateks.v1i2.380.
- [12] R. Saputra and D. W. Edy, “Analisis Perkuatan Daya Dukung Pondasi Rakit (Raft Foundation) Dengan Geotekstil pada Tanah Lempung,” 2000.
- [13] R. Kusumawardani, H. Apriyatno, R. J. Rachmawati, and R. Anggraini, “Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang-Rakit Pada Daerah Rawan Gempa Menggunakan Metode Poulos Dan Program Numeris Plaxis,” J. Tek. Sipil dan Perenc., vol. 18, no. 2, pp. 127–138, 2016, doi: 10.15294/jtsp.v18i2.7835.
- [14] F. Fahriani and Y. Apriyanti, “Analisis Daya Dukung Tanah Dan Penurunan Pondasi,” Fropil, vol. 3, no. 2, pp. 89–96, 2015.
- [15] P. E. Agustyawan and S. Arif, “Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Pengujian Cone Penetration Test (CPT) Dan Standard Penetration Test (SPT) Pada Tanah Berpasir,” Eff. Addit. Zeolite Mater. Strength Red Brick Post Burn., vol. 4, no. 1, pp. 1–15, 2020.
- [16] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, “Cara uji penetrasi lapangan dengan,” 2008.
- [17] E. Tanuwijaya, A. Kawanda, and H. Wijaya, “Studi Korelasi Nilai Tahanan Konus Sondir Terhadap Parameter Tanah Pada Proyek Di Jakarta Barat,” JMTS J. Mitra Tek. Sipil, vol. 2, no. 4, p. 169, 2019, doi: 10.24912/jmts.v2i4.6188.
- [18] R. S. Warman, “Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik Dan Pondasi,” pp. 1–94, 2019.
- [19] Badan Standardisasi Nasional, “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung,” Sni 2847-2019, no. 8, p. 720, 2019.
- [20] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 03-2847:2002 Standart Nasional Indonesia Beton,” 2002.
- [21] B. Chairullah, “Analisa Daya Dukung Pondasi Dengan Metoda Spt, Cpt, Dan Meyerhof Pada Lokasi Rencana Konstruksi Pltu Nagan Raya Provinsi Aceh,” Teras J., vol. 3, no. 1, pp. 15–24, 2016, doi: 10.29103/tj.v3i1.43.
- [22] M. A. Nusantara, “Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah,” J. Tek. Sipil dan Lingkung., vol. 2, no. 3, pp. 297–302, 2014.
- [23] H. T. Santoso and J. Hartono, “Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasar Hasil Uji Spt Dan Pengujian Dinamis,” J. Ris. Rekayasa Sipil, vol. 4, no. 1, p. 30, 2020, doi: 10.20961/jrrs.v4i1.44635.
- [24] S. Kasus et al., “Aplikasi Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal Berbasis MITApp Inventor,” vol. 5, pp. 88–98.
- [25] I. N. Sutarja, I. W. Redana, and I. M. P. Dwityagana, “Desain Pondasi Tiang Rakit Dengan Metode Poulos Dan Software Plaxis,” J. Spektran, vol. 7, no. 1, pp. 93–104, 2019.
- [26] R. Annizaar, Suroso, and Harimurti, “Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Dan Tiang Bor Pada Pekerjaan Pembuatan Abutment Jembatan Labuhan Madura,” Jmts, pp. 1–11, 2015.
- [27] G. S. Meyer, G. de A. D. Bahia, A. C. M. de Carvalho, A. L. U. Gonçalves, and A. B. de Pinho, “Comparação Do Método Empírico De Poulos E Davis (1980), Utilizado Para Estimativa De Recalques, Com Os Resultados De Monitoramento De Recalques Em Estacas Tipo Hélice Contínua,” no. 1980, pp. 2090–2097, 2022, doi: 10.4322/cobramseg.2022.0264.
- [28] P. Sulistyorini, “Pemodelan Visual dengan Menggunakan UML dan Rational Rose,” J. Teknol. Inf. Din. Vol., vol. XIV, no. 1, pp. 23–29, 2009.
- [29] N. A. Lestari, “Analisis Pengaruh Tahapan Penggalan Basement Menggunakan Aplikasi Bmcolpy/G Dan Plaxis 2D,” Pros. Semin. Intelekt. Muda, vol. 1, no. 1, pp. 79–84, 2019, doi: 10.25105/psia.v1i1.5906.