

ANALISIS PERBANDINGAN PENURUNAN DAN DAYA DUKUNG FONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG DAN PASIR DENGAN VARIASI KONSISTENSI TANAH

¹Ahmad Umar Mutohar, ²Akmal Fikri Nugroho*,
³Dr. Abdul Rochim. ST., MT, ⁴Lisa Fitriyana. ST., MEng

¹ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

² Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

*Corresponding Author:

Umarmuthohar06@gmail.com

Akmalfikrinugroho@gmail.com

Abstrak

Permasalahan yang sering timbul pada konstruksi struktur bawah yaitu fondasi dangkal pada tanah lempung dan tanah pasir mengalami penurunan karena terjadinya kenaikan tegangan sehingga mengakibatkan terjadinya perpindahan partikel tanah, relokasi partikel tanah dan keluarnya air pori dari tanah yang di sertai berkurangnya volume tanah. Maka dari itu perlu adanya penelitian ini untuk mengetahui daya dukung pondasi pada tanah lempung dan pasir serta perbandingan penurunan fondasi dangkal menggunakan program Plaxis v.20.

Penurunan tanah merupakan proses satu dimensi dimana melibatkan banyak parameter sebagai penyebabnya. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi dalam penurunan tanah ialah kohesi tanah (c), sudut geser (ϕ), berat volume tanah (ϕ). Dalam penelitian penurunan dan daya dukung fondasi dangkal menggunakan variasi dalam konsistensi tanah lempung yaitu *soft*, *firm*, *stiff*, dan tanah pasir yaitu *loose*, *medium*, *dense*.

Dalam Analisa penurunan fondasi dangkal dengan fondasi Lebar 2,5 meter dan kedalam tanah 10 meter pada variasi konsistensi tanah mengalami penurunan tanah terbesar yaitu pada variasi tanah soft clay sedalam 0,004137 meter dan pada perhitungan manual menggunakan metode Terzaghi (1943) untuk mencari daya dukung fondasi, daya dukung fondasi yang paling besar 2580,2 kN/m² pada tanah Dense Sand.

Kata Kunci: Manual; Plaxis;

Abstract

The problem that often arises in the construction of substructures is that shallow foundations in clay soils and sandy soils experience subsidence due to an increase in stress, resulting in movement of soil particles, relocation of soil particles and the release of pore water from the soil which is accompanied by a reduction in soil volume. Therefore, this research is necessary to determine the bearing capacity of foundations on clay and sand and the comparison of shallow foundation settlement using the Plaxis v.20 program.

Land subsidence is a one-dimensional process which involves many parameters as causes. Several factors that can influence soil settlement include soil cohesion (c), friction angle (ϕ), soil volume weight (γ). In research on settlement and bearing capacity of shallow foundations using variations in the consistency of clay soil, namely soft, firm, stiff, and sand soil, namely loose, medium, dense.

In the analysis of shallow foundation settlement with a foundation width of 2.5 meters and a soil depth of 10 meters, variations in soil consistency experienced the largest soil settlement, namely in soft clay soil variations as deep as 0.004137 meters and in manual calculations using the Terzaghi (1943) method to find the bearing capacity. Foundation, the greatest bearing capacity of the foundation is 2580.2 kN/m² on Dense Sand soil.

Keywords:; shallow foundation,Plaxis v.20

HALAMAN PENGESAHAN ARTIKEL

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

1. Nama : Ahmad Umar Mutohar
Nim : 30202000023
Fakultas : Teknik
Prodi : Teknik Sipil
2. Nama : Akmal Fikri Nugroho
Nim : 30202000024
Fakultas : Teknik
Prodi : Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS PERBANDINGAN PENURUNAN DAN DAYA DUKUNG
FONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG DAN PASIR DENGAN
VARIASI KONSISTENSI TANAH

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping

Dr. Abdul Rochim, ST. MT

Lisa Fitriyana ST., M. Eng

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN ARTIKEL

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

1. Nama : Ahmad Umar Mutohar

Nim : 30202000023

2. Nama : Akmal Fikri Nugroho

Nim : 30202000024

JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS PERBANDINGAN PENURUNAN DAN DAYA DUKUNG
FONDASI DANGKAL PADA TANAH LEMPUNG DAN PASIR
DENGAN VARIASI KONSISTENSI TANAH

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 2024

Yang membuat pernyataan

Ahmad Umar Mutohar

Nim: 30202000023

Akmal Fikri Nugroho

Nim: 30202000024

1. PENDAHULUAN

Salah satu ilmu Teknik Sipil yang membahas tentang permasalahan kekuatan tanah dan batuan serta kemampuan menahan beban bangunan yang ada di atasnya ialah ilmu geoteknik. Menurut A. Cassagrande pada tahun 1942 dan direvisi pada tahun 1952 oleh The Corps of Engineers and The US Bureau of Reclamation, Pada prinsipnya menurut metode ini, ada 2 pembagian jenis tanah yaitu tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) dan tanah berbutir halus (lanau dan lempung). Tanah digolongkan dalam butiran kasar jika lebih dari 50% tertahan di atas saringan no. 200. Sementara itu tanah digolongkan berbutir halus jika lebih dari 50% lolos dari saringan no. 200. Tanah Pasir atau tanah berbutir kasar atau juga dapat disebut tanah non kohesif merupakan tanah yang memiliki ukuran 0,02 mm sampai 2 mm dan sering menimbulkan permasalahan dalam pekerjaan Teknik Sipil karena tidak adanya daya ikat antar partikel. Sedangkan tanah lempung atau tanah berbutir halus adalah tanah yang memiliki sifat kohesif dan plastis. Rendahnya kuat geser dan permeabilitas yang dimiliki oleh tanah ini mengakibatkan penurunan dan lateral deformation.

Dalam suatu bangunan struktur itu di bagi menjadi dua yaitu struktur atas dan struktur bawah. Konstruksi struktur bawah adalah pondasi yang berguna untuk meneruskan beban bangunan dari struktur atas ke tanah. Dan salah satu pondasi yang biasa di gunakan adalah pondasi dangkal yang biasanya digunakan untuk bangunan yang beratnya relative tidak besar yang biasanya di sebut pondasi langsung (*spread footing*) yaitu dengan memperlebar bagian bawah dan kolom atau dinding bangunan, sehingga beban bangunan di sebar (*spread*) menjadi desakan yang lebih kecil dari pada daya dukung tanah yang di izinkan.

Pondasi dangkal atau *shallow foundation* adalah jenis pondasi yang ditanam di tanah keras dengan kedalaman mendekati tanah bagian atas. Umumnya, suatu pondasi disebut pondasi dangkal jika kedalamannya mencapai sekitar 5-6 meter tidak lebih dari itu. Pondasi dangkal memang paling banyak digunakan khususnya untuk pembuatan rumah tinggal yang bebannya tidak terlalu berat.. Pembuatan pondasi dangkal juga dapat dilakukan dengan cara manual, artinya tidak perlu menggunakan mesin atau alat bantu khusus Kedalaman 5 meter untuk menanam pondasi sudah sangat cukup untuk menjaga kekuatan struktur. Selain itu, biaya pembuatan pondasi dangkal juga relatif terjangkau. Proses pembangunannya pun relatif lebih mudah, sehingga cocok digunakan untuk pembuatan rumah pribadi atau bangunan berukuran sedang lainnya.

Permasalahan yang sering timbul pada konstruksi struktur bawah yaitu fondasi dangkal pada tanah lempung dan tanah pasir mengalami penurunan karena terjadinya kenaikan tegangan sehingga mengakibatkan terjadinya perpindahan partikel tanah, relokasi partikel tanah dan keluarnya air pori dari tanah yang di sertai berkurangnya volume tanah. Maka dari itu perlu adanya penelitian ini untuk mengetahui daya dukung pondasi pada tanah lempung dan pasir serta perbandingan penurunan fondasi dangkal menggunakan *program Plaxis v.20*.

2. METODE

Penelitian dilakukan dengan tahap penelitian dari awal sampai dengan akhir sehingga didapatkan kesimpulan dari setiap proses yang dilakukan. Penjelasan terhadap tahapan dari penelitian ini ditampilkan . Berdasarkan dari flowchart tersebut dapat dijabarkan tahapan penelitian yang diuraikan sebagai berikut:

Tahap pendahuluan ini dilakukan untuk mengumpulkan segala informasi, data tanah dan perumusan masalah terkait dengan jenis tanah yang akan kami lakukan

penelitian ini.

1. Data tanah yang di jabarkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 yang di peroleh ini kemudian diolah dan ada beberapa data tanah yang di dapatkan berdasarkan korelasi, yang kemudian disusun sesuai dengan jenis tanah yang akan di lakukan perhitungan dan analisis terhadap fondasi dangkal.
2. Proses perhitungan dan analisis kapasitas daya dukung pondasi dangkal berdasarkan data tanah sesuai dengan lokasi penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode rumusan dari Terzaghi (1943).
3. Analisis daya dukung fondasi ini dilakukan dengan memberikan variasi jenis tanah dan kedalaman yang sudah di tentukan.
4. Proses perhitungan dan analisis penurunan pondasi dangkal berdasarkan data tanah sesuai dengan lokasi penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Program *Software plaxis v20*.
5. Hasil akhir dari penelitian ini akan memberikan kesimpulan dari analisis yang didapatkan dengan menggunakan trial & error.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Tanah Lempung

Pada penelitian ini menggunakan parameter konsistensi tanah lempung yaitu *soft clay*, *firm clay*, *stiff clay* yang bersumber dari Brouwer, J.J.M (2002) dan Bageman (1965) data yang diambil seperti Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data variasi konsistensi tanah lempung

Jenis Tanah	porosity	N-spt	μ	C	ϕ	γ	γ_{sat}	E	c'	Cm
Lempung	Soft Clay	3	0,35	12	-	14	14	1	0	25
	Firm Clay	6	0,35	25	-	17	17	2	10	50
	Stiff Clay	12	0,35	50	-	19	19	7	27	150

b. Tanah Pasir

Pada penelitian ini parameter tanah pasir yang digunakan yaitu *loose*, *medium*, *dense* yang bersumber dari Brouwer, J.J.M (2002) dan Mayerhoff (1965) data yang diambil seperti disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data variasi konsistensi tanah pasir

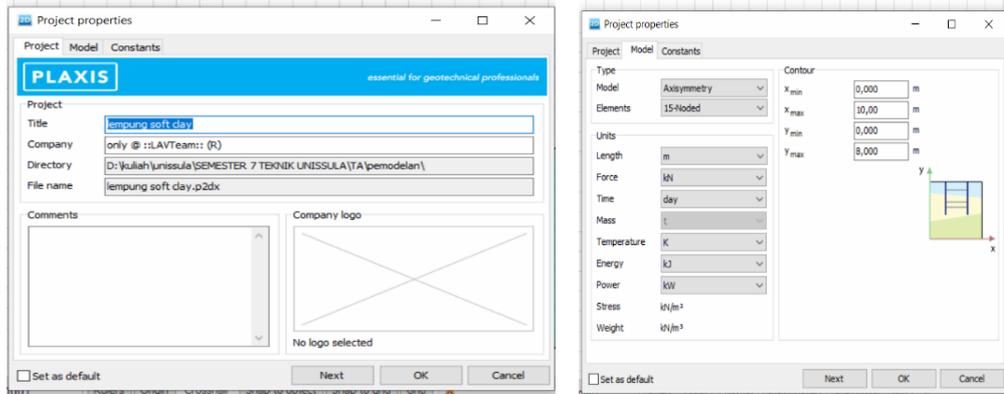
Jenis Tanah	porosity	N-spt	μ	C	ϕ	γ	γ_{sat}	E	c'	Cm
Pasir	Loose Sand	7	0,5	-	30	17	19	25	-	-
	Medium Sand	20	0,5	-	34	18	20	75	-	-
	Dense Sand	40	0,5	-	35	19	21	140	-	-

3.1 Pemodelan Fondasi Dangkal pada Aplikasi *Plaxis V.20*

Pada pemodelan *software* Plaxis V.20 digunakan parameter yang bersumber dari Bageman (1995), Mayerhof (1965) dan Brouwer, J.J.M (2002) untuk mengetahui hasil penurunan fondasi dangkal pada tanah lempung dan tanah pasir yang telah di variasikan.

3.3.1 Project Properties

Pada analisa yang kita buat menggunakan model *plane strain* dan *element node* sejumlah 15 *node*. Dimensi geometri diatur sedemikian rupa sehingga posisi dapat *center* kanan kiri, nilai kedalaman yang kita ambil sebesar sepuluh meter, nilai tersebut kita ambil agar mengetahui terjadinya penurunan maksimum maka hasil pemodelan semakin teliti. Satuan yang kita gunakan yaitu meter (m) karena pengukuran pada kondisi asli menggunakan satuan meter (m).

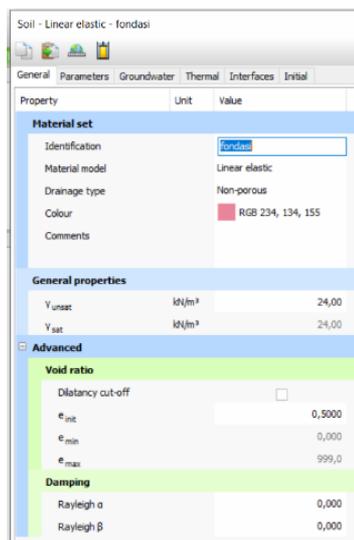


Gambar 4. 1 Project properties

3.3.2 Material Setting

a. Fondasi

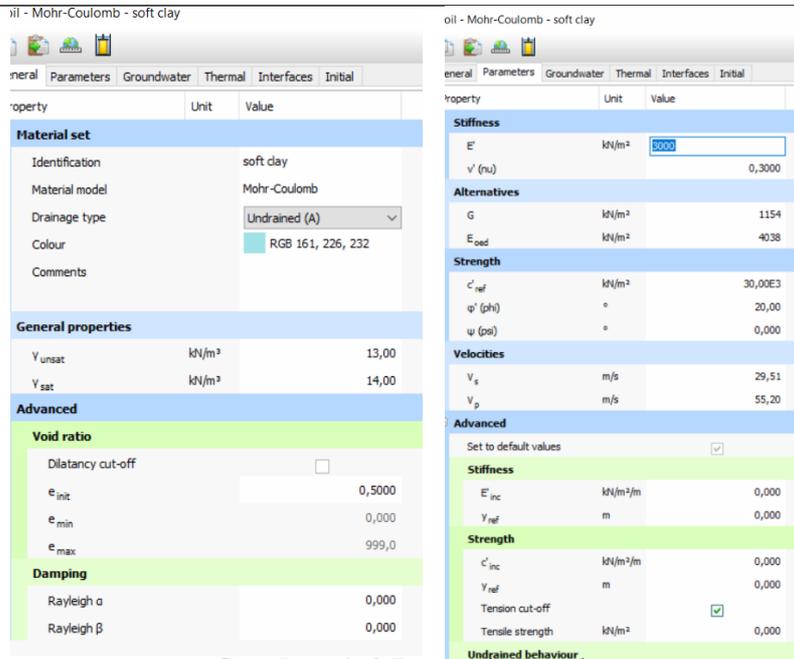
Pada jendela soil pilih option show material untuk memasukan parameter fondasi, model material yang digunakan yaitu *linear elastic* dan *type drainage*, yaitu Non-porous dan pada parameter pada E, V(nu), G, di masukan nilai sesuai data beton yang di gunakan.



Gambar 4. 2 Input Material Fondasi

b. Tanah

Untuk mensimulasikan perilaku tanah yang sesuai dari parameter material dan berbagai kumpulan data disimpan dalam material dari database, pada pilihan general indentification, material model, drainage type, γ_{unsat} dan γ_{sat} di ganti sesuai dengan data tanah yang digunakan.



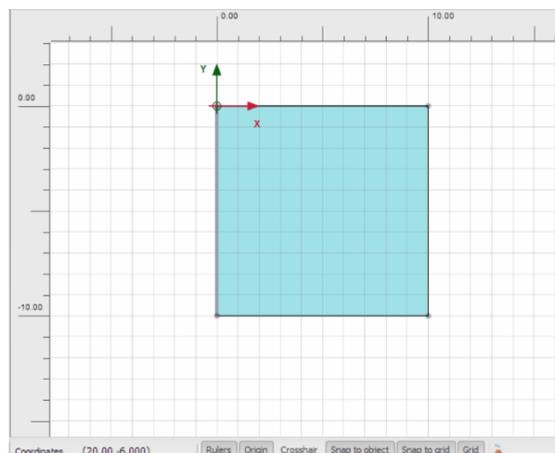
Gambar 4. 3 Properti Tanah

3.3.3 Pemodelan Sederhana

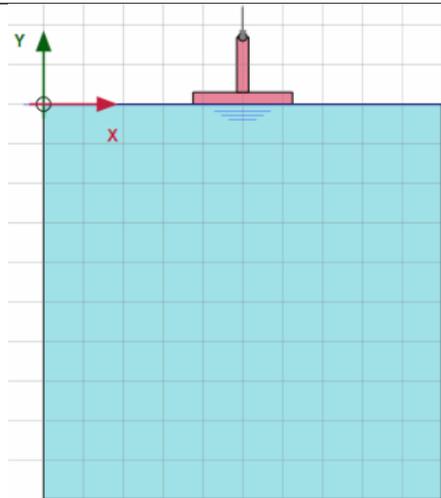
Sebelum masuk ke pemodelan fondasi dangkal dan tanah yang telah di variasikan kita mencoba pemodelan secara sederhana agar mempermudah dalam memahami hasil perhitungan.

3.3.3.1 Pemodelan

Pada langkah ini dilakukan pemodelan tanah lempung yaitu yaitu *soft clay*, *firm clay*, *stiff clay* dan tanah pasir yaitu *loose*, *medium*, *dense*, sedalam 10 meter dan lebar tanah 10 meter, dan lebar fondasi 2,5 meter dengan beban terpusat sebesar 60 ton.



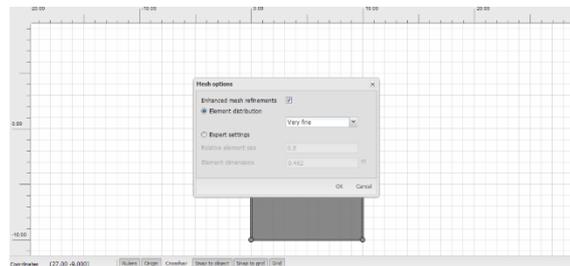
Gambar 4. 4 Pemodelan Tanah Asli



Gambar 4. 5 Permodelan Tanah dan Fondasi

4 Mesh

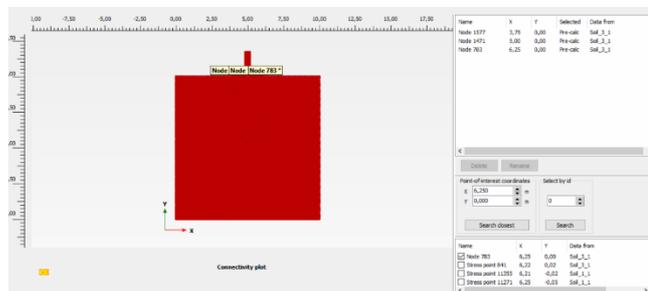
Pada jendela *mesh* gunakan pilihan *Very Fine*, untuk mendapatkan hasil yang sangat baik dan agar perintah yang dibuat pada jendela struktur aktif.



Gambar 4. 6 Jendela *mesh*

5 Penentuan Titik Monitoring

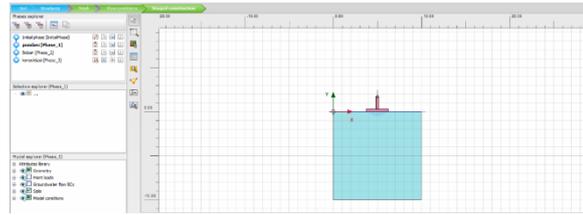
Selanjutnya pilih titik monitoring pada tanah lempung yaitu yaitu *soft clay*, *firm clay*, *stiff clay* dan tanah pasir yaitu *loose*, *medium*, *dense*, untuk mengetahui hasil *output* dari plaxis, guna mengetahui lebih detail hasil penurunannya.



Gambar 4. 7 Titik Monitoring

6 Staged Construction

Sebelum masuk calculate dynamic kita mencari elastic dan elastoplastic pada option permodelan elastic guna mencari penurunan fondasi pada tanah yang telah di variasikan konsistensi tanahnya.



Gambar 4.8 Staged Construction

3.4 Hasil Perbandingan Penurunan Fondasi Dangkal

Hasil tabel di bawah ini adalah hasil dari penurunan fondasi dangkal pada tanah lempung dan tanah pasir yang telah di variasikan konsistensi tanahnya dengan beban terpusat sebesar 60 ton.

3.4.1 Berat Sendiri Fondasi

Diketahui :

$$\gamma_b = 24 \text{ kN/m}^3$$

Maka di peroleh berat sendiri fondasi :

$$\begin{aligned} I &= (L \times P \times T) \times \gamma_b \\ &= (2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 1 \text{ m}) \times 24 \text{ kN/m}^3 \\ &= 14,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} II &= (L \times P \times T) \times \gamma_b \\ &= (2,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 1) \times 24 \text{ kN/m}^3 \\ &= 18 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Berat sendiri fondasi} &= 14,4 \text{ kN} + 18 \text{ kN} \\ &= 32,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Hasil Penurunan

Jenis Tanah	Penurunan Pondasi dengan berat sendiri fondasi (tanpa beban) (cm)	Penurunan pondasi + beban Tanah (cm)
Soft clay	0,4137	27,13
Firm clay	0,1457	9,123
Stiff clay	0,03943	2,424
Loose sand	0,2468	8,043
Medium sand	0,1491	4,325
Dense sand	0,07556	1,994

3.5 Hasil Perhitungan Manual

Dalam perhitungan manual pada pemodelan fondasi dangkal dan tanah tersebut menggunakan metode Terzaghi (1943) untuk mencari daya dukung fondasi pada tanah lempung dan tanah pasir yang telah di variasikan konsistensi tanahnya. Berikut adalah data faktor daya dukung tanah Terzaghi (1943) :

Tabel 4.4 Faktor Daya Dukung Tanah Terzaghi (1943)

Φ (°)	General Shear Failure			Local Shear Failure		
	Nc	Nq	N γ	N'c	N'q	N' γ
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,5	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

Tabel 4.5 Hasil Daya Dukung Fondasi

Jenis Tanah	Daya Dukung Fondasi Dangkal (kN/m ²)
Soft clay	85,5
Firm clay	142,5
Stiff clay	285
Loose sand	418,625
Medium sand	787,5
Dense sand	1007

Pada tanah lempung yang telah divariasikan konsistensi tanah dengan jenis *soft clay*, *firm clay*, *stiff clay* memiliki daya dukung tanah yang berbeda. Semakin keras (kuat) tanah, maka semakin besar nilai kohesi (c) tanah sehingga daya dukung fondasi semakin besar.

Untuk tanah pasir yang telah divariasikan konsistensi tanah dengan jenis *loose sand*, *medium sand*, *dense sand* memiliki nilai sudut geser (ϕ) yang berbeda, Semakin besar nilai sudut geser (ϕ) pada tanah pasir tersebut, maka semakin besar daya dukung fondasi pada tanah.

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung fondasi dengan metode Terzaghi (1943) pada Tabel 4.4 dapat diambil kesimpulan bahwa nilai daya dukung fondasi pada tanah pasir lebih besar di bandingkan tanah lempung. Hal tersebut dikarenakan pada tanah pasir terdapat nilai sudut geser (ϕ) dimana parameter tersebut sangat mempengaruhi dalam menentukan daya dukung fondasi, artinya nilai sudut geser (ϕ) pada tanah lebih berpengaruh dibandingkan nilai kohesi (c) tanah dalam menentukan daya dukung fondasi.

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan dan Analisa diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil *output* Plaxis V20, bisa dilihat penurunan fondasi dangkal pada tanah lempung yang diberi beban terpusat sebesar 60 ton yang paling kecil mengalami penurunan ialah tanah *stiff clay* yaitu 2,424 cm.
2. Dari hasil *output* Plaxis V20, bisa dilihat penurunan fondasi dangkal pada tanah pasir yang di beri beban terpusat sebesar 60 ton yang paling kecil mengalami penurunan ialah tanah *deinse* sand yaitu 1,994 cm
3. Pada perhitungan daya dukung fondasi secara manual menggunakan metode Terzaghi (1943) pada tanah pasir lebih besar daya dukungnya dari pada tanah lempung dimana daya dukung fondasi konsistensi *deinse* ialah 1007 kN/m² dan daya dukung tanah lempung konsistensi *stiff* yaitu 285 kN/m².

UCAPAN TERIMA KASIH

Beribu ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dan memberikan dukungannya dalam proses penelitian dan penyusunan artikel tugas akhir ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih secara khusus kepada Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, S.H, M.Hum. selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Bapak Dr. Abdul Rochim, ST. MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST. MT selaku Dosen Pembimbing Pertama, Ibu Lisa Fitriyana ST., M. Eng selaku dosen pembimbing kedua, serta keluarga dan teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisah, E., Dhiniati, F., Sipil, T., Teknologi, I., Alam, P., Masik, J., No, S., & Selatan, S. (2023). *Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal dengan Teori Terzaghi dan Mayerhof*. 15, 127–136.
- Analisis Dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 1*. (n.d.).
- Bowles, J. E. (2005). *Analisis Dan Desain Pondasi II*. Erlangga, Jakarta, 2, 474.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Penerbit Erlangga, 1–300.
- Hardiyatmo, H. C. (2001). *Teknik Fondasi 1 Edisi Kedua*. In Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. (2008). *Teknik Fondasi II*. Gadjah Mada University Press, 316.
- Lestari, R. T., Y, A. H., & Karim, M. H. (2023). *Analisis Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal Terhadap Kedalaman (Studi Kasus: Kalimantan)*. 5(3).
- Martini. (2004). *Analisis Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal Dengan Beberapa Metode*.
- Na, D. E. C., & Hipertensiva, C. (n.d.). *Analisis & Perencanaan Fondasi Bagian 1*.
- Nugroho, S. A. (2011). *Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Gambut dengan Kombinasi Geotekstil dan Grid Bambu*. Jurnal Teknik Sipil, 18(1), 31. <https://doi.org/10.5614/jts.2011.18.1.3>
- Nusantara, M. A. (2014). *Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah*. Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan, 2(3), 297–302.

-
- Teguh, R., Rusbandi, R., Sudiadi, S., Novita, D., & Mardiani, M. (2022). ***Penerapan Aplikasi Plaxis Pada Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang.*** *Fordicate*, 1(2), 124–132.
<https://doi.org/10.35957/fordicate.v1i2.2406>
- Liliwarti, L., Silvianengsih, S., & Satwarnirat, S. (2015). ***Karakteristik Sifat Mekanis Tanah Lempung Terhadap Kadar Air (Kampus Unand Limau Manis Padang).*** *Rekayasa Sipil*, 4(1), 21–26.
- Spt, P. (n.d.). ***Daya Dukung Pondasi Telapak Berdasarkan Pengujian Lapangan Data CPT Data SPT.***
- Prof.Ir.H.Pratikso, MST., P. . (2015). ***Pondasi Dangkal.***