

UJI *PLATE LOADING* TERHADAP DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PADA PONDASI TELAPAK DENGAN DAN TANPA MENGGUNAKAN GEOTEKSTIL DI ATAS TANAH LEMPUNG

I Wayan Redana¹, Anissa Maria Hidayati¹, dan A.A.N. Dharma Paramartha^{1,2}

¹Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Udayana

²Email: dharmaparamartha91@gmail.com

ABSTRAK

Pelaksanaan uji *plate loading* dilakukan di laboratorium pada pondasi ukuran 10 cm x 10 cm dan 20 cm x 20 cm yang bertujuan untuk mengestimasi daya dukung dan penurunan pondasi telapak dengan atau tanpa perkuatan geotekstil diatas tanah lempung. Daya dukung pondasi telapak diestimasi dengan memakai rumus Terzaghi, Meyerhof, dan menggunakan program *Plaxis 2D*. Peralatan dan bahan yang digunakan adalah box dengan ukuran panjang (P)=1.5 m, lebar (L)= 1.5 m dan tinggi (T)= 1.0 m, untuk ketinggian tanah lempung dalam box adalah 60 cm. Alat yang digunakan berupa *hydraulic jack & pump*, *test plate*, *pressure gauge (manometer)*, *dial gauge*, alat bantu dan timbangan. Pondasi diberikan beban secara bertahap sesuai dengan daya dukung Terzaghi dan Meyerhof. Pada pondasi dengan perkuatan geotekstil diberikan beban maksimum dua kali dari beban rencana dan penurunan yang terjadi dicatat secara bertahap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pondasi 20 cm x 20 cm, $D_f = 0$ m tanpa perkuatan geotekstil, uji *plate loading* memberikan daya dukung dan penurunan lebih kecil dari *Plaxis 2D* sebesar 75% dan 400%. Hasil penelitian daya dukung dan penurunan pada pondasi 20 cm x 20 cm, $D_f = 0$ m dengan perkuatan geotekstil, uji *plate loading* memberikan daya dukung dan penurunan lebih besar dari *Plaxis 2D* sebesar 29,8% dan penurunannya uji *plate loading* lebih kecil dari *Plaxis 2D* sebesar 41,6%.

Kata kunci: *pondasi telapak, uji plate loading, geotekstil, daya dukung, penurunan.*

ABSTRACT

PLATE LOADING TEST SUPPORT POWER AND DECREASE POWER ON THE FOOTING FOUNDATION WITH AND WITHOUT USING GEOTEXTILE ON THE CLAY SOIL

The plate loading test is carried out in a laboratory on a foundation of 10 cm x 10 cm and 20 cm x 20 cm with aims to estimate the carrying capacity and settlement of the palm foundation with or without geotextile reinforcement on clay. The carrying capacity of the individual footing is estimated using the Terzaghi, Meyerhof formula, and using the 2D *Plaxis* program. Equipment and materials used are boxes with length (P) = 1.5 m, width (L) = 1.5 m and height (T) = 1.0 m, for clay soil height in the box is 60 cm. The tools used are hydraulic jack & pump, test plate, pressure gauge (manometer), dial gauge, assistive devices, and scales. The foundation is given a load in stages according to the carrying capacity of Terzaghi and Meyerhof. On foundations with geotextile reinforcement, a maximum load of two times the planned load is given and the decline that occurs is recorded in stages. The results of the study on the foundation 20 cm x 20 cm, $D_f = 0$ m without geotextile reinforcement, plate loading test provides carrying capacity and settlement less than *Plaxis 2D* by 75% and 400%. The results of the study on the foundation 20 cm x 20 cm, $D_f = 0$ m with geotextile reinforcement, plate loading test provides carrying capacity greater than *Plaxis 2D* by 29.8% and settlement in plate loading test is smaller than *Plaxis 2D* by 41.6%.

Keywords: *individual footing, plate loading test, geotextile, carrying capacity, settlement.*

1 PENDAHULUAN

Secara umum tanah lempung adalah suatu jenis tanah kohesif yang mempunyai sifat yang sangat kurang menguntungkan dalam konstruksi teknik sipil yaitu kuat geser rendah, permeabilitas rendah dan kompresibilitasnya yang besar. Kondisi ini menyebabkan keruntuhan pondasi yang tidak merata, maka diperlukan usaha perbaikan tanah untuk mengantisipasi penurunan yang akan terjadi kedepannya. Perbaikan ini dapat dilakukan dengan menggunakan perkuatan geotekstil.

Pembuktian peranan penggunaan geotekstil dapat dibuktikan dengan melakukan pengujian *plate loading* dalam skala kecil dan pengujian lainnya di laboratorium. Pengujian-pengujian tersebut dilakukan untuk menemukan nilai daya dukung dan penurunan yang terjadi pada pondasi dangkal di atas tanah lempung. Nilai-nilai yang diperoleh dari hasil pengujian *plate loading* dan pengujian lainnya akan dianalisis dengan metode Terzaghi, metode Meyerhof dan program *Plaxis 2D*.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pondasi

Menurut kamus *Webster* kata pondasi memiliki beberapa arti, antara lain adalah suatu lapisan atau tanah padat di bawah bangunan atau bagian struktur paling bawah dari suatu bangunan. Maka pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian terendah dari bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya. Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban langsung, yakni: pondasi telapak, pondasi memanjang serta pondasi rakit. Pondasi telapak atau *individual footing* merupakan suatu bagian bangunan yang berguna untuk menumpu kolom bangunan, pilar jembatan, dan lain-lainnya dalam konstruksi bangunan sipil. Pada umumnya pondasi telapak berbentuk bujur sangkar atau persegi panjang. Pada pondasi telapak yang mendukung beban sentris tanpa momen, bentuk pondasi dapat digunakan dengan bentuk bujur sangkar (Gunawan, 1993).

2.2 Daya Dukung Tanah

Tanah mempunyai sifat untuk meningkatkan kepadatan dan kekuatan gesernya apabila mendapat tekanan. Apabila beban yang bekerja pada tanah pondasi telah melampaui daya dukung batasnya, tegangan geser yang ditimbulkan di dalam tanah pondasi melampaui ketahanan geser tanah pondasi maka akan berakibat keruntuhan geser dari tanah pondasi maka akan berakibat keruntuhan geser dari tanah pondasi (Suyono, 2000). Analisis-analisis daya dukung menggunakan pendekatan untuk memudahkan perhitungan, persamaan-persamaan yang dibuat berdasarkan sifat-sifat tanah dan bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Analisis dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berkelakuan sebagai bahan plastis. Pada awalnya konsep tersebut pertama kali diperkenalkan oleh Prandtl pada 1921 kemudian teori keruntuhan *plastis* Prandtl digunakan oleh Terzaghi (1943).

2.3 Persamaan Daya Dukung Terzaghi

Sesuai Terzaghi (1943), persamaan daya dukung beban ultimit di pondasi pada pondasi berbentuk segiempat untuk tanah kohesif dapat dilihat pada Persamaan (1) atau Persamaan (2).

Kapasitas dukung ultimit:

$$q_u = 1.3 c N_c + Df \gamma N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma \quad (1)$$

Kapasitas dukung ultimit netto:

$$q_u = 1.3 c N_c + Df \gamma (N_q - 1) + 0.4 \gamma B N_\gamma \quad (2)$$

dengan:

- q_u = daya dukung ultimit untuk pondasi (ton/m^2)
- c = kondisi tanah (ton/m^2)
- Df = kedalaman pondasi (m)
- γ = berat volume tanah (ton/m^3)
- $P_o = Df \gamma$ = tekanan overburden pada dasar pondasi (ton/m^2)
- N_c, N_q, N_γ = faktor daya dukung Terzaghi

2.4 Persamaan Daya Dukung Meyerhof

Persamaan daya dukung Meyerhof memperhitungkan bentuk pondasi, kemiringan beban dan kuat geser tanah di atas dasar pondasinya ditampilkan pada Persamaan (3).

$$q_u = s_c d_c i_c c N_c + s_q d_q i_q p_o N_q + s_\gamma d_\gamma i_\gamma 0.5 B^{-0.7} \gamma N_\gamma \quad (3)$$

dengan:

- q_u = daya dukung ultimit
- N_c, N_q, N_γ = faktor daya dukung untuk pondasi memanjang

S_x, S_q, S_y = faktor bentuk pondasi
 d_x, d_q, d_y = faktor-faktor kedalaman pondasi
 i_x, i_q, i_y = faktor kemiringan beban
 B' = lebar pondasi efektif
 $P_o = Df \gamma$ = tekanan overburden pada dasar pondasi.
 Df = kedalaman pondasi.
 γ = berat volume tanah.

2.5 Penurunan

Penurunan maksimum yang terjadi di struktur harus perlu diperhitungkan karena dapat mempengaruhi keamanan konstruksi dan pelayanan bangunan. Bila sebagian konstruksi menurun lebih dari bagian lain, akan terjadi distorsi pada struktur akan lebih berbahaya daripada penurunan secara merata (Redana, 2009). Penurunan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S = \mu_0 \mu_{1q} \frac{B}{E} \quad (4)$$

dengan:

S = penurunan segera rata-rata (m)
 q = beban netto yang bekerja (ton/m²)
 B = lebar pondasi (m)
 E = Young's Modulus (ton/m²)
 μ_1 = parameter akibat pengaruh bentuk pondasi dan kedalaman tanah
 μ_0 = parameter akibat pengaruh kedalaman dari pondasi.

2.6 Tanah Lempung

Tanah lempung adalah tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas tanah lempung rendah, bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung bersifat lengket (*kohesif*) dan sangat lunak. Susunan kebanyakan tanah lempung terdiri dari silika tetrahedral dan aluminium oktahedra. Silika dan aluminium secara parsial dapat digantikan oleh elemen yang lain dalam kesatuannya, keadaan ini dikenal sebagai substitusi isomorf (Hardiyatmo, 2017).

2.7 Geosintetik

Istilah umum untuk produk berbentuk lembaran yang terbuat dari bahan polimer lentur, digunakan dengan tanah, batuan, atau material geoteknik lainnya, sebagai suatu kesatuan pekerjaan buatan manusia, struktur, maupun sistem (Departemen Pekerjaan Umum, 2009).

Geosintetik memiliki fungsi primer dan fungsi sekunder, ada enam fungsi dari Geosintetik sebagai berikut;

- Filtrasi**
Bahan geosintetik digunakan untuk mengalirkan air ke dalam sistem drainase dan mencegah terjadinya migrasi partikel tanah melalui filter.
- Drainase**
Bahan geosintetik digunakan untuk mengalirkan air dari dalam tanah.
- Separator**
Bahan geosintetik digunakan di antara dua material tanah yang tidak sejenis untuk mencegah terjadi pencampuran material.
- Penghalang**
Bahan geosintetik digunakan untuk mencegah perpindahan zat cair atau gas.
- Proteksi**
Bahan geosintetik digunakan sebagai lapisan yang memperkecil tegangan lokal untuk mencegah atau mengurangi kerusakan pada permukaan atau lapisan tersebut.
- Perkuatan**
Kekuatan, kekakuan, interaksi tanah-geosintetik (friksi dan kunci/interlocking), rangkai, durabilitas.

2.8 Plate loading

Plate loading merupakan pengujian yang dilakukan sebagai pengukuran kekuatan dan deformasi tanah, serta digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah serta penurunannya utamanya pondasi dangkal. Langkah-langkah pengujian *plate loading* sebagai berikut yaitu siapkan pelat besi berbentuk lingkaran (atau bujur sangkar) dengan diameter (atau lebar) 30,5 cm diletakkan di dasar lubang paling sedikit 4 kali lebar pelat yang digunakan. Pengamatan terhadap besarnya beban dan penurunan yang terjadi dilakukan sampai mencapai keruntuhan dalam tanahnya, atau pengujian dihentikan bila tahanan telah mencapai mendekati 2 kali nilai daya dukung pondasi yang

dirancang. Penambahan beban yang diterapkan kira-kira 1/10 kali nilai estimasi daya dukung tanahnya. Dengan menggunakan data hasil pengujian beban pelat, daya dukung ultimit pondasi yang akan digunakan dapat dihitung dengan Persamaan (5) dan Persamaan (6).

$$Q_B = q_b ; \text{ untuk lempung} \quad (5)$$

$$q_B \left(\frac{B}{b} \right) q_b ; \text{ untuk tanah lempung} \quad (6)$$

Untuk intensitas beban q tertentu, penurunan pondasi dengan skala penuh diberikan oleh persamaan empiris dan dapat dihitung dengan Persamaan (7) dan Persamaan (8).

$$S_B = S_b \left(\frac{B}{b} \right) ; \text{ untuk lempung} \quad (7)$$

$$S_B = S_b \left(\frac{2B}{B+b} \right)^2 ; \text{ untuk lempung} \quad (8)$$

dengan:

- q_B = daya dukung ultimit pondasi skala penuh.
- q_b = daya dukung ultimit dari pengujian beban pelat.
- S_B = penurunan pada pondasi dengan lebar B .
- S_b = penurunan pada pelat uji dengan lebar b .
- b = lebar atau diameter pelat pengujian.
- B = lebar pondasi.

2.9 Plaxis 2D

Plaxis 2D adalah program yang didasarkan prinsip metode elemen hingga yang diperutungkan khusus untuk analisa deformasi dan stabilitas permasalahan-permasalahan geoteknik. Program *Plaxis 2D* di bagi menjadi empat program yang masing-masing program mempunyai fungsi yang berbeda-beda diantaranya *plaxis input*, *plaxis calculation*, *plaxis output*, dan *plaxis curve*.

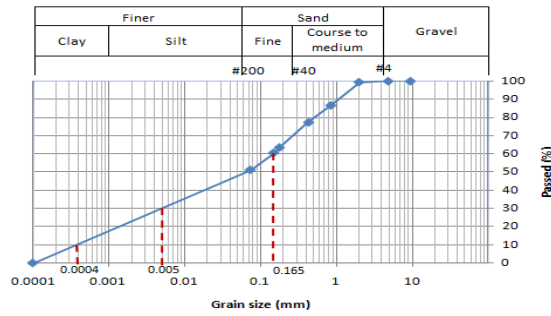
3 METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Udayana dengan menggunakan tanah lempung yang diambil dari Desa Dharmasaba Kabupaten Badung, Bali. Pengujian pendahuluan dari tanah lempung didapatkan dengan melakukan pengujian diantara pengujian saringan berdasarkan SNI 03-1968-1990, pengujian kadar air berdasarkan SNI 03-1971-1990, pengujian berat jenis tanah berdasarkan SNI 03-1964-1990, pengujian pemadatan (*proctor*) berdasarkan SNI 1742:2008, pengujian batas plastis berdasarkan SNI 03-1966-1990, pengujian UCT SNI 3638-2012 (*Unconfined Compression Test*) berdasarkan pengujian Konsolidasi SNI 2812-2011, pengujian Triaksial berdasarkan SNI 03-2455-1991, dan pengujian berat isi tanah lempung. Berdasarkan pengujian pendahuluan tersebut akan dihitung daya dukung dan penurunannya yang terjadi pada tanah Lempung Dharmasaba memakai metode Terzaghi dan metode Meyerhof. Sebagai pembanding dilakukan uji *plate loading* pada pondasi telapak 10 cm x 10 cm pada kedalaman $D_f = 0$ m dan $D_f = 0,08$ m tanpa dan dengan geotekstil dan pondasi telapak 20 cm x 20 cm pada kedalaman $D_f = 0$ m dan $D_f = 0,15$ m tanpa dan dengan geotekstil. Peralatan dan bahan yang digunakan pada uji *plate loading* adalah box berukuran panjang (P)=1.5 m, lebar (L)= 1.5 m dan tinggi (T)= 1.0 m, untuk ketinggian tanah lempung dalam box adalah 60 cm. Dengan alat *hydraulic jack & pump*, *test plate*, *pressure gauge (manometer)*, *dial gauge*, alat bantu, dan timbangan dan pembanding lain dilakukan pengecekan dengan cara numerik memakai program elemen hingga yakni *Plaxis 2D*. Hasil dari keempat pengujian itu akan dibandingkan untuk mengetahui daya dukung dan penurunan yang terjadi pada tanah lempung Dharmasaba.

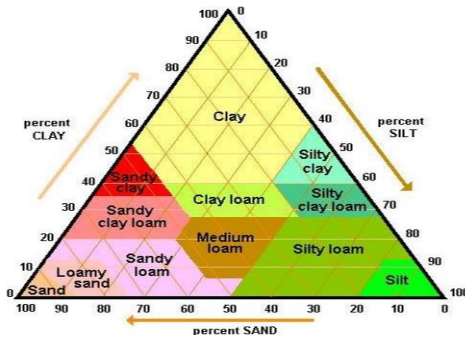
4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Saringan

Pengujian analisis saringan bertujuan menemukan pembagian butiran agregat kasar dan agregat halus memakai satu set penyaringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Hasil perhitungan analisis saringan untuk tanah lempung yang dipakai saat pengujian bias digambarkan sebagai grafik seperti pada Gambar 1. Hasil dari pengujian analisa saringan dapat diplot kedalam segitiga mississippi seperti pada Gambar 2. Hasil rekapitulasi pengujian sifat-sifat fisik tanah lempung Dharmasaba dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Hubungan antara diameter butiran dan persentase lolos.



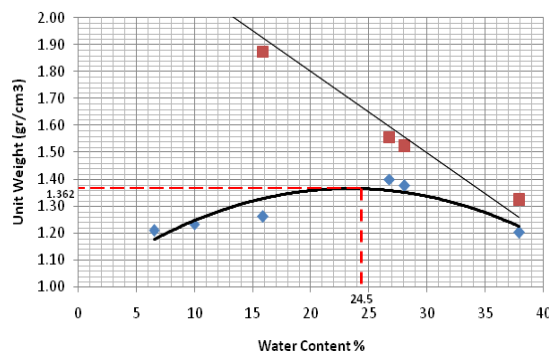
Gambar 2. Hubungan antara diameter butiran dan persentase lolos.

Tabel 1. Rekapitulasi pengujian pada tanah lempung percobaan.

No	Pengujian Pada Tanah Lempung Percobaan	Hasil	Keterangan
1	Pengujian Analisis Saringan Diameter butiran 0,075 mm (No.200) Koefisien Gradasi (C_c) Koefisien Keseragaman (C_u)	51,23 % 0,378 412,5	Tanah Lempung Bergradasi Buruk
2	Pengujian Batas Cair (LL)	47,23 %	Kelompok A-7-5/A-7-6 (AASHTO)
3	Pengujian Batas Plastis (PL)	35,20 %	Kelompok A-7-5/A-7-6 (AASHTO)
4	Pengujian Indeks Plastis (PI)	12,03	Kelompok A-7-5/A-7-6 (AASHTO)
5	Pengujian Kadar Air	32,6 %	
6	Pengujian Berat Jenis	2,664 gr	Tanah Lempung
7	Pengujian Berat Isi Tanah Lempung	12,4 Kn/M^3	

4.2 Pengujian Pemadatan (Proctor)

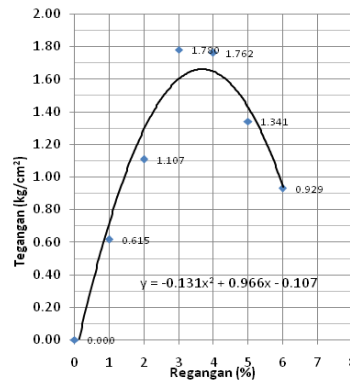
Pengujian pemadatan (*proctor*) dalam menemukan hubungan kadar air dengan berat volume, yang berguna juga untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan dalam menentukan kadar air optimum pada sampel tanah lempung. Hasil hitung pemadatan (*proctor*) tanah lempung dalam pengujian dapat dilihat dalam bentuk Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara berat volume kering serta kadar air.

Jadi nilai berat volume kering optimum (γ_d) yang didapat yakni 1,362 gr/cm^3 dan kadar air optimum (w_{opt}) dari tanah lempung yakni 24,5%.

4.3 Pengujian Uji Tekan Bebas (Unconfined Compression Test) tanpa menggunakan Geotekstil
 Hasil dari pengujian uji tekan bebas tanpa perkuatan geotekstil dapat dilihat pada Gambar 4.

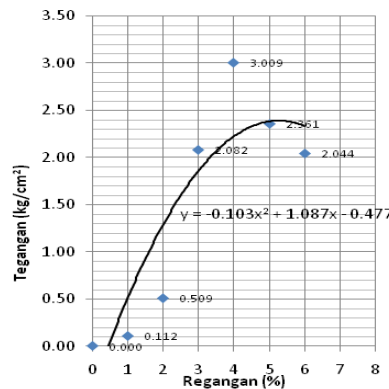


Gambar 4. Hubungan antara tegangan dan tegangan tanpa menggunakan geotekstil.

Gambar 4 menunjukkan nilai kuat tekan q_u adalah $1,780 \text{ kg/cm}^2 = 178 \text{ kN/m}^2$. Dapat digolongkan nilai q_u 178 kN/m^2 termasuk lempung kaku.

4.4 Pengujian Uji Tekan Bebas (Unconfined Compression Test) dengan menggunakan Geotekstil

Hasil dari pengujian uji tekan bebas dengan perkuatan geotekstil dapat dilihat pada Gambar 5. Gambar 5 menunjukkan nilai kuat tekan q_u adalah $3,009 \text{ kg/cm}^2 = 300,9 \text{ kN/m}^2$ termasuk lempung sangat kaku.



Gambar 5. Hubungan antara tegangan dan tegangan dengan menggunakan geotekstil.

4.5 Analisis Daya Dukung Menggunakan Metode Terzaghi Dan Metode Meyerhof Pada Pondasi 20 cm x 20 cm $D_f = 0 \text{ m}$ tanpa dan dengan Geotekstil

Kondisi tanah yang bervariasi, merupakan pertimbangan dari pemakaian faktor aman. Faktor aman (F_s) = 2,5 – 3 biasanya digunakan untuk menanggulangi ketidaktentuan tersebut (Hardiyatmo, 2017). Sesuai dengan pengujian yang dilakukan di laboratorium, perhitungan nilai daya dukung menggunakan metode Terzaghi dan Meyerhof untuk pondasi 20 cm x 20 cm dengan kedalaman $D_f = 0 \text{ m}$ tanpa dan dengan perkuatan geotekstil dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil perhitungan analisis daya dukung

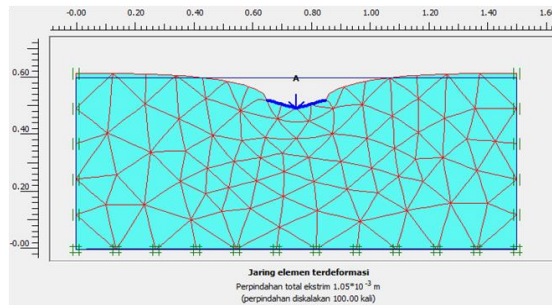
No.	Urutan	Perkuatan Geotekstil	
		Tidak	Ya
Pondasi 20 cm x 20 cm, $D_f = 0 \text{ m}$			
1	Metode Terzaghi		
	Daya Dukung (kN/m ²)	21.56	36.45
	Penurunan (m)	0.0007	0.00127
2	Metode Meyerhof		
	Daya Dukung (kN/m ²)	17.94	30.34
	Penurunan (m)	0.0006	0.0011

Dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa nilai daya dukung dan penurunan pada metode Meyerhof lebih kecil dari metode Terzaghi, maka nilai daya dukung yang digunakan dalam perhitungan yakni metode Terzaghi untuk mengetahui beban maksimum dari suatu pondasi.

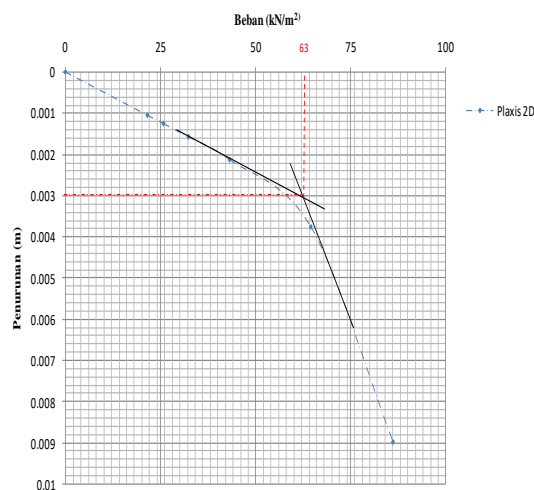
4.6 Plaxis 2D Pondasi 20 cm x 20 cm

4.6.1 Plaxis 2D Pondasi 20 cm x 20 cm, $D_f = 0$ m Tanpa Perkuatan Geotekstil

Daya dukung (σ_{ult}) Terzaghi adalah 643,73 kN/m². Dengan $FS=3$ daya dukung ijinnya (σ_{ijin}) 215,6 kN/m² dikalikan dengan ukuran pondasi 20 cm (0,2 m), maka gaya P sebesar 21,56 kN. Dapat dilihat pada Gambar 6, penampang geometri line pada Plaxis 2D dengan ukuran panjang (P) = 1,5 m dan tinggi (T) = 0,60 m menunjukkan terjadinya penurunan pada pondasi 20 cm x 20 cm, $D_f = 0$ m tanpa perkuatan geotekstil. Dari Gambar 7 dapat dilihat plot pembebanan dan penurunan hasil analisa Plaxis 2D.



Gambar 6. Penurunan pada pondasi 20 cm x 20 cm metode Terzaghi, $D_f = 0$ m tanpa perkuatan geotekstil.



Gambar 7. Hubungan antara beban dan penurunan berdasarkan Plaxis 2D.

Analisa Plaxis 2D memberikan hasil daya dukung dan penurunan beban P sebesar 63 kN dan 0,003 m. Sedangkan untuk Terzaghi memberikan daya dukung dan penurunan sebesar 21,56 kN dan 0,00073 m, maka nilai daya dukungnya Terzaghi < Plaxis 2D sebesar 192,2% dan penurunan Terzaghi < Plaxis 2D sebesar 311%.

4.6.2 Plaxis 2D Pondasi 20 cm x 20 cm, $D_f = 0$ m Dengan Perkuatan Geotekstil

Daya Dukung (σ_{ult}) Terzaghi adalah 1093,64 kN/m². Dengan $FS=3$ daya dukung ijinnya (σ_{ijin}) 364,54 kN/m² dikalikan dengan ukuran pondasi 20 cm (0,2 m), maka gaya P sebesar 36,45 Kn. Dapat dilihat pada Gambar 8, penampang geometri line pada Plaxis 2D berukuran panjang (P) = 1,5 m dan tinggi (T) = 0,60 m menunjukkan terjadinya penurunan pada pondasi 20 cm x 20 cm, $D_f = 0$ m dengan perkuatan geotekstil. Analisa Plaxis 2D memberikan hasil daya dukung dan penurunan beban P sebesar 73 kN dan 0,0034 m. Sedangkan untuk Terzaghi memberikan daya dukung dan penurunan sebesar 36,46 kN dan 0,00126 m, maka nilai daya dukungnya Terzaghi < Plaxis 2D sebesar 100% dan penurunan Terzaghi < Plaxis 2D sebesar 169,84%.

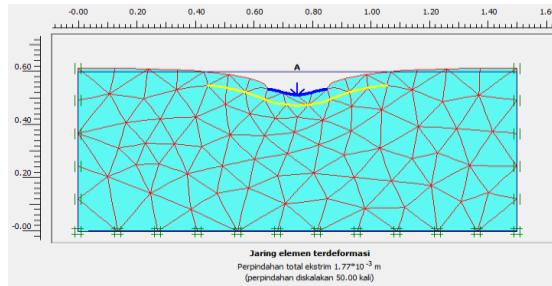
4.7 Pengujian Plate loading Pondasi 20 cm x 20 cm

Uji Plate loading dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Udayana, pembebanan pada pengujian ini dilakukan secara periodik. Daya dukung yang dianjurkan oleh Terzaghi guna mencari keamanan pondasi terhadap penurunan.

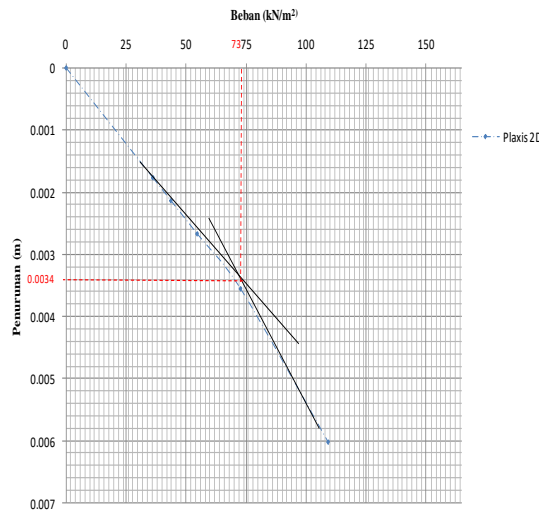
4.7.1 Pengujian Plate loading Pondasi 20 cm x 20 cm $D_f = 0$ m Tanpa Perkuatan Geotekstil

Adapun hasil pengujian tanpa perkuatan geotekstil dapat dilihat pada Tabel 3.

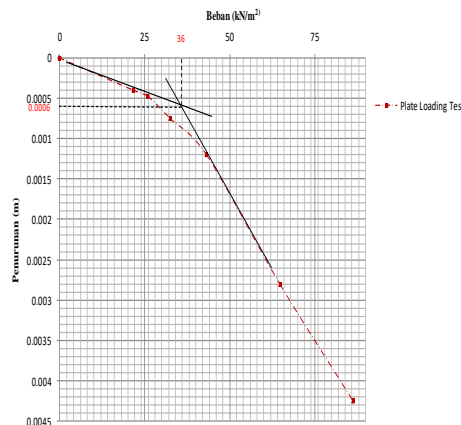
Uji Plate Loading Terhadap Daya Dukung dan Penurunannya pada Pondasi Telapak Dengan dan Tanpa Menggunakan Geotekstil di Atas Tanah Lempung



Gambar 8. Penurunan pada pondasi 20 cm x 20 cm metode Terzaghi, $D_f = 0$ m dengan perkuatan geotekstil.



Gambar 9 Hubungan antara beban dan penurunan berdasarkan *Plaxis 2D*.



Gambar 10. Hubungan antara beban dan penurunan *plate loading* pondasi 20 cm x 20 cm tanpa perkuatan geotekstil.

Hasil pengujian beban tahap I sampai tahap VII dapat dilihat pada Gambar 10. Sesuai hasil pengujian yang menggunakan daya dukung (σ_{ult}) Terzaghi adalah 643,73 kN/m² dan daya dukung ijinnya (σ_{ijin}) adalah 215,57 kN/m² dikalikan dengan ukuran pondasi maka $P = 21,6$ kN penurunan rata-rata 0,00040 m. Jika beban 2x lipat dari daya dukung ijinnya (σ_{ijin}), jadi terjadinya penurunan lebih besar yakni 0,00120 m, begitu selanjutnya hingga terjadi keruntuhan yang tidak diharapkan. Maka dari itu penggunaan beban sejumlah 21,56 kN sesuai rumus Terzaghi sangat aman untuk pondasi 20 cm x 20 cm tanpa perkuatan geotekstil.

4.7.2 Pengujian *Plate loading* Pondasi 20 cm x 20 cm $D_f = 0$ m Dengan Perkuatan Geotekstil

Adapun hasil pengujian dengan perkuatan geotekstil dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil pengujian beban tahap I sampai tahap VII dapat dilihat pada Gambar 11. Sesuai hasil uji yang dilaksanakan dengan memakai daya dukung (σ_{ult}) Terzaghi adalah 1093,64 kN/m² dan daya dukung ijinnya (σ_{ijin}) adalah 36,45 kN/m². Jika beban 2x lipat dari daya dukung ijinnya (σ_{ijin}), maka penurunan yang terjadi lebih besar yakni 0,00178 m, begitu selanjutnya sampai

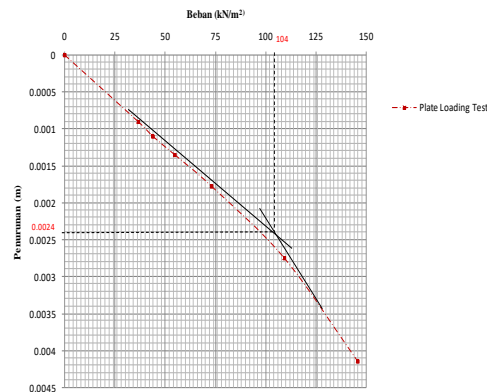
terjadi keruntuhan yang tidak diharapkan. Maka dari itu penggunaan beban sebesar 36,45 kN sesuai rumus Terzaghi sangat aman untuk pondasi 20 cm x 20 cm dengan perkuatan geotekstil.

Tabel 3. Hasil pengujian *plate loading* secara bertahap pondasi 20 cm x 20 cm.

Tahap	Beban (P) (kN)	Penurunan (m)
Tahap 1	21,6	0,00040
Tahap 2	25,9	0,00048
Tahap 3	32,3	0,00075
Tahap 4	43,1	0,00120
Tahap 5	64,7	0,00280
Tahap 6	86,2	0,00425
Tahap 7	108,0	0,00580

Tabel 4. Hasil pengujian *plate loading* secara bertahap pondasi 20 cm x 20 cm.

Tahap	Beban (P) (kN)	Penurunan (m)
Tahap 1	36,5	0,00090
Tahap 2	43,8	0,00110
Tahap 3	54,7	0,00135
Tahap 4	72,9	0,00178
Tahap 5	109,4	0,00275
Tahap 6	145,8	0,00415
Tahap 7	182,5	0,00590

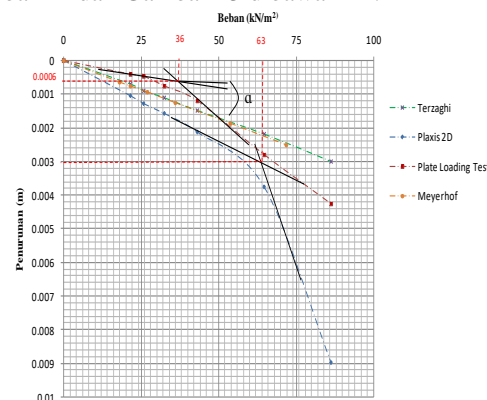


Gambar 11. Hubungan antara beban dan penurunan *plate loading* pondasi 20 cm x 20 cm dengan perkuatan geotekstil.

4.8 Rekapitulasi Perhitungan Pondasi 20 cm x 20 cm

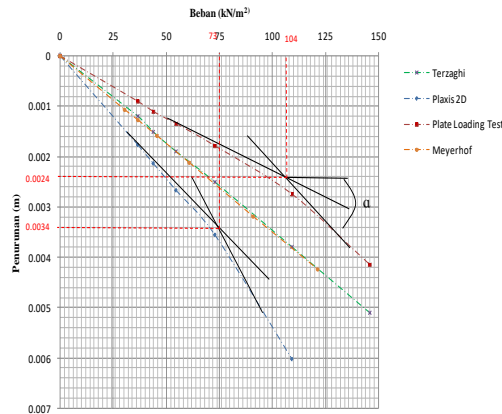
4.8.1 Rekapitulasi Perhitungan Pondasi 20 cm x 20 cm $D_f = 0$ m Tanpa dan Dengan Perkuatan Geotekstil

Rekapitulasi perhitungan untuk pondasi 20 cm x 20 cm kedalaman $D_f = 0$ m tanpa dan dengan perkuatan geotekstil dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13 dibawah ini.



Gambar 12. Hubungan antara beban dan penurunan berdasarkan analisis Terzaghi, Meyerhof, *Plaxis 2D* dan *plate loading Test*

Uji Plate Loading Terhadap Daya Dukung dan Penurunannya pada Pondasi Telapak Dengan dan Tanpa Menggunakan Geotekstil di Atas Tanah Lempung



Gambar 13. Hubungan antara beban dan penurunan berdasarkan analisis Terzaghi, Meyerhof, *Plaxis 2D* dan *plate loading test*

Gambar 12 dan Gambar 13 merupakan nilai daya dukung yang diperoleh berdasarkan hasil analisis Terzaghi, Meyerhof, *Plaxis 2D* dan *plate loading test* pada pondasi 20 cm x 20 cm kedalaman $D_f = 0$ m dan $D_f = 0,15$ m tanpa dan dengan perkuatan geotekstil. Dapat dilihat pada Gambar 12 kurva *plate loading test* titik runtuh terjadi pada beban 36 kN/m² dengan penurunan 0,0006 m. Sedangkan pada kurva *Plaxis 2D* titik runtuh terjadi pada beban 63 kN/m² dan penurunannya 0,003 m. Pada Gambar 13 merupakan nilai daya dukung yang diperoleh berdasarkan hasil *plate loading test* titik runtuh terjadi pada beban 104 kN/m² dengan penurunan 0,0024 m. Sedangkan pada kurva *Plaxis 2D* titik runtuh terjadi pada beban 73 kN/m² dan penurunannya 0,0034 m. Maka hasil dirangkum ke dalam Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Nilai Daya Dukung dan penurunan pada pondasi 20 cm x 20 cm.

D_f (m)	Metode	Tanpa Geotekstil		Dengan Geotekstil	
		Daya Dukung (kN)	Penurunan (m)	Daya Dukung (kN)	Penurunan (m)
0	Terzaghi	21,56	0,00073	36,46	0,00126
	Meyerhof	17,94	0,00063	30,34	0,00106
	Plaxis 2D	63	0,0030	73	0,0034
	Plate Loading	36	0,0006	104	0,0024

Dari Tabel di atas pada $D_f = 0$ m tanpa dan dengan perkuatan geotekstil mendapatkan persentase nilai daya dukung dan penurunan *plate loading* > Terzaghi sebesar 40% - 68%. Sedangkan pada *Plaxis 2D* nilai daya dukung dan penurunan *plate loading* < *Plaxis 2D* sekitar 2% - 400%.

5 KESIMPULAN

5.1 Simpulan

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Daya dukung yang dihasilkan untuk uji *plate loading* pondasi 20 cm x 20 cm, $D_f = 0$ m tanpa perkuatan geotekstil adalah 36 kN/m² dan penurunannya adalah 0,0006 m, jika diberi perkuatan geotekstil nilai daya dukungnya adalah 104 kN/m² dan penurunannya adalah 0,0024 m.
2. Pada pondasi 20 cm x 20 cm, $D_f = 0$ m tanpa dan dengan perkuatan geotekstil uji *plate loading* memberikan daya dukung lebih besar dari metode Terzaghi sebesar 40,1% dan 64,9%, untuk penurunannya tanpa geotekstil uji *plate loading* lebih kecil dari metode Terzaghi sebesar 16,6% dan dengan geotekstil uji *plate loading* lebih besar dari metode Terzaghi sebesar 50%.
3. Pada $D_f = 0$ m tanpa perkuatan geotekstil uji *plate loading* memberikan daya dukung lebih kecil dari *Plaxis 2D* sebesar 75% dan dengan perkuatan geotekstil uji *plate loading* lebih besar dari *Plaxis 2D* sebesar 29,87%, untuk penurunannya uji *plate loading* memberikan daya dukung lebih kecil dari *Plaxis 2D* sebesar 400% dan 41,6%.

5.2 Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai daya dukung dan penurunan untuk dimensi pondasi skala 1:1 menggunakan uji *plate loading*. Perhitungan daya dukung dan penurunan memakai metode Terzaghi, metode Meyerhof, *Plaxis 2D*, dan uji *plate loading* dimana uji *plate loading* lebih aman digunakan dibanding ketiga metode yang lain. Beban pondasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah beban statik. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan beban dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *Metode pengujian Tentang Analisis Saringan Agrerat Halus Dan Kasar*. SNI 03-1968-1990.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Metode Uji Kuat Tekan-Bebas Tanah Kohesif*. SNI 03-3638-2012.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2009. *Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah Dengan Geosintetik*. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2017. *Mekanika Tanah 1*. Edisi Ketujuh. PT. Gramedia, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2017. *Teknik Pondasi 1*. Edisi Ketujuh. PT. Gramedia, Jakarta.
- Gunawan, R. 1993. *Pengantar Teknik Fondasi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Meyerhof, G.G. 1976. Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundation. *ASCE Journal of Geotechnical Engineering*. Vol. 102(3), pp. 197-228.
- Redana, I.W. 2009. *Teknik Pondasi*. Udayana University Press, Bali.
- Suyono, Nt. 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Terzaghi, K. 1943. *Theoretical Soil Mechanics*. Wiley & Sons, New York.