

DAYA DUKUNG PONDASI TELAPAK DENGAN *PLATE LOADING TEST* PADA TANAH PASIR

Krisantos Ria Bela, I Wayan Redana dan Anissa Maria Hidayati

Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Udayana

Email: krisantos_bela@yahoo.com

ABSTRAK

Plate Loading Test adalah salah satu pengujian yang dilakukan untuk mengukur kekuatan dan deformasi tanah, dan digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah serta penurunannya terutama untuk pondasi dangkal. Nilai daya dukung, penurunan, dan angka keamanan (*FS*) yang diperoleh dari *Plate Loading Test* untuk pondasi 10 cm x 10 cm adalah 14.50 kN/m², penurunannya adalah 0.000037 m. Sedangkan pada pondasi 20 cm x 20 cm, nilai daya dukungnya adalah 29.95 kN/m², penurunannya adalah 0.000149 m. Dengan beban kerja sesuai beban ijin Terzaghi dengan angka keamanan (*FS*) = 2, maka uji *Plate Loading Test* pada pondasi 10 cm x 10 cm memberikan angka keamanan lebih besar dari 2 yaitu (*FS*) = 2.30 dan pada pondasi 20 cm x 20 cm memberikan angka keamanan lebih besar dari 2 yaitu (*FS*) = 2.38. Untuk Persentase perbandingan antara *Plate Loading Test* dengan Metode Terzaghi pada pondasi 10 cm x 10 cm, nilai daya dukungnya adalah 56.52 % dan penurunannya adalah 63.49 %. Sedangkan pada pondasi 20 cm x 20 cm, Persentase perbandingan daya dukungnya adalah 57.90 % dan penurunannya adalah 63.74 %. Untuk Persentase perbandingan antara *Plate Loading Test* dengan Metode Meyerhof pada pondasi 10 cm x 10 cm, nilai daya dukungnya adalah 54.83 % dan penurunannya adalah 62.07 %. Sedangkan pada pondasi 20 cm x 20 cm, Persentase perbandingan daya dukungnya adalah 56.26 % dan penurunannya adalah 62.32 %. Untuk Persentase perbandingan antara *Plate Loading Test* dengan *Plaxis 2D* pada pondasi 10 cm x 10 cm, nilai daya dukungnya adalah 56.52 %, dan penurunannya adalah 59.46 %. Untuk pondasi 20 cm x 20 cm, Persentase perbandingan daya dukungnya adalah 57.90 % dan penurunannya adalah 61.74 %.

Kata kunci: *daya dukung, penurunan, angka keamanan (FS), pondasi telapak, plate loading test*

BEARING CAPACITY OF FOOTING FOUNDATION WITH PLATE LOADING TEST ON SAND SOIL

ABSTRACT

Plate Loading Test is one of the tests conducted to measure the strength and deformation of the soil, and is used to determine the power of bearing capacity and its decrease, especially for shallow foundations. The value of bearing capacity, deformation, and safety factor (*FS*) obtained from *Plate Loading Test* for foundation 10 cm x 10 cm is 14.50 kN/m², the deformation is 0.000037 m. While on the foundation of 20 cm x 20 cm, the bearing capacity value is 29.95 kN/m², the deformation is 0.000149 m. Based on working load according to Terzaghi license load with safety factor (*FS*) = 2, then *Plate Loading Test* on foundation 10 cm x 10 cm gives safety factor greater than 2 that is *FS* = 2.30 and on foundation 20 cm x 20 cm gives safety factor greater than 2 that is *FS* = 2.30. For Percentage comparison between *Plate Loading Test* with Terzaghi Method on foundation 10 cm x 10 cm, its bearing capacity is 56.52 % and the deformation is 63.49 %. While on the foundation of 20 cm x 20 cm, the percentage comparison of bearing capacity is 57.90 % and the deformation is 63.74 %. For Percentage of comparison between *Plate Loading Test* with Meyerhof Method on 10 cm x 10 cm foundation, its bearing capacity is 54.83 % and the deformation is 62.07 %. While on the foundation of 20 cm x 20 cm, the percentage comparison of bearing capacity is 56.26 % and the deformation is 62.32 %. For percentage comparison between *Plate Loading Test* with *Plaxis 2D* on foundation 10 cm x 10 cm, its bearing capacity is 56.52 %, and the deformation is 59.46 %. For the foundation of 20 cm x 20 cm, the percentage ratio of carrying capacity is 57.90 % and the deformation is 61.74 %.

Keywords: *bearing capacity, deformation, Safety Factor (SF), footing foundation, plate loading test*

1 PENDAHULUAN

Perencanaan sebuah gedung harus dilakukan secara teliti dan hati-hati, baik itu struktur bagian atas maupun struktur bagian bawah (pondasi) yang sangat berfungsi sebagai penopang berdirinya gedung tersebut. Pondasi telapak merupakan pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung sebuah kolom serta meneruskan beban yang bekerja menuju ke tanah dasar. Kapasitas daya dukung pondasi telapak harus lebih besar dari beban yang bekerja sehingga dapat menahan bangunan secara aman. Besarnya kapasitas daya dukung tanah terhadap pondasi tergantung dari sifat-sifat teknis tanah, kedalaman, dimensi pondasi, dan besarnya dapat dihitung berdasarkan karakteristik kuat geser tanah yang diperoleh dari hasil pengujian tanah dilapangan. *Plate Loading Test* adalah salah satu pengujian yang dilakukan untuk mengukur kekuatan dan deformasi tanah, dan digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah serta penurunannya terutama untuk pondasi dangkal. Adapun pengujian dilakukan di laboratorium menggunakan box dengan ukuran $P = 1.5$ m, $L = 1.5$ m dan $T = 1.0$ m dengan pondasi yang digunakan adalah 10 cm x 10 cm dan 20 cm x 20 cm. Untuk ketinggian pasir dalam box adalah 40 cm. Alat yang digunakan berupa *Hydraulic jack & Pump, Test Plate, Pressure Gauge* (Manometer), *Dial Gauge*, alat bantu, dan timbangan. Kemudian, dari hasil *Plate Loading Test* dilakukan perhitungan menggunakan cara analitis dan numerik. Dimana cara analitis yang digunakan adalah dengan Metode Terzaghi dan Metode Meyerhof. Dalam menghitung daya dukung pondasi, Terzaghi hanya memperhitungkan faktor bentuk dari suatu pondasi, sedangkan Meyerhof memperhitungkan faktor bentuk, kemiringan beban, dan kuat geser tanah diatas pondasi. Dari hasil perhitungan menggunakan cara analitis, kita juga melakukan simulasi perhitungan menggunakan program *Plaxis 2D* berdasarkan nilai daya dukung (q_{ult}) terendah dengan angka keamanan (FS) = 2, 1, 0.75, dan 0.50.

2 DAYA DUKUNG PONDASI TELAPAK

Terdapat dua klasifikasi pondasi yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal didefinisikan sebagai pondasi yang mendukung bebannya secara langsung, seperti pondasi memanjang, pondasi telapak, dan pondasi rakit. Pondasi dalam didefinisikan sebagai pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras yang terletak relatif jauh dari permukaan tanah, contohnya pondasi sumuran dan pondasi tiang (Hardiyatmo, 2002).

2.1 Pondasi telapak

Pondasi telapak adalah suatu pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah pondasi. Pondasi telapak pada umumnya dibangun diatas tanah pendukung pondasi dengan membuat suatu tumpuan yang bentuk dan ukurannya sesuai dengan beban bangunan dan daya dukung tanah pondasi itu (Bouwles, 1982).

2.2 Tipe-Tipe keruntuhan pondasi

Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh Vesic (1963), membagi mekanisme keruntuhan pondasi menjadi tiga macam yaitu:

1. Keruntuhan geser umum (General shear failure)

Keruntuhan pondasi terjadi menurut bidang runtuh yang diidentifikasi dengan jelas. Suatu baji tanah berbentuk tepat pada dasar pondasi zona A yang menekan tanah ke bawah hingga menyebabkan aliran tanah secara plastis pada zona B. Gerakan kearah luar dikedua zona tersebut ditahan oleh tahanan tanah pasir dibagian C. Saat tahanan tanah pada pasir bagian C terlampaui, terjadi gerakan tanah yang mengakibatkan pengelembungan tanah di sekitar pondasi. Saat keruntuhan, terjadi gerakan massa tanah ke luar dan ke atas. Keruntuhan geser umum terjadi relatif mendadak yang diikuti oleh penggulingan pondasi.

2. Keruntuhan geser lokal (Local shear failure)

Tipe keruntuhan hampir sama dengan keruntuhan geser umum, namun bidang runtuh yang terbentuk tidak sampai ke permukaan tanah. Jadi bidang runtuh yang kontinu tidak berkembang. Pondasi tenggelam akibat bertambahnya beban pada kedalaman yang relatif dalam, yang menyebabkan tanah yang didekatnya mampat.

3. Keruntuhan penetrasi

Pada tipe keruntuhan ini, dapat dikatakan keruntuhan geser tanah tidak terjadi. Akibat beban pondasi hanya menembus dan menekan tanah kesamping yang menyebabkan pemampatan tanah didekat pondasi. Pemampatan tanah akibat penetrasi pondasi, berkembang hanya pada zona terbatas tepat didasar dan disekitar pondasi.

2.3 Teori kapasitas dukung tanah

Kapasitas dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan yaitu tahanan geser yang dikeraskan oleh tanah disepanjang bidang-bidang gesernya. Perancangan pondasi harus mempertimbangkan adanya keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan. Untuk itu perlu dipenuhi kriteria-

kriteria yaitu: Kriteria stabilitas dan Kriteria penurunan. Persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi dalam perancangan pondasi adalah sebagai berikut:

1. Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampaunya kapasitas daya dukung tanah harus dipenuhi. Dalam hitungan kapasitas dukung umumnya digunakan faktor aman 3 (tiga).
2. Penurunan pondasi harus masih dalam batas nilai yang ditoleransikan khususnya penurunan yang tidak seragam (*Differential Settlement*) harus tidak mengakibatkan kerusakan pada struktur.

2.4 Persamaan daya dukung terzaghi

Kapasitas dukung ultimit (*Ultimit Bearing Capacity, q_u*) didefinisikan sebagai beban maksimum persatuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan. Menurut Terzaghi (1943), persamaan daya dukung beban ultimit pada pondasi berbentuk bujur sangkar untuk tanah non kohesif diberikan pada persamaan 1:

$$q_u = D_f \gamma (N_q - 1) + 0.4 \gamma B N_\gamma \quad (1)$$

dimana :

- q_u = Daya Dukung Ultimit untuk Pondasi (ton/m^2);
- D_f = Kedalaman Pondasi (m);
- γ = Berat volume tanah (ton/m^3);
- $P_o = D_f \gamma$ = Tekanan overburden pada dasar pondasi (ton/m^2); dan
- N_c, N_q, N_γ = Faktor daya dukung Terzaghi.

Untuk faktor N_c, N_q, N_γ adalah faktor-faktor kapasitas dukung pada keruntuhan geser lokal yang nilai-nilainya tergantung dari sudut geser dalam (ϕ).

2.5 Persamaan daya dukung meyerhof

Meyerhof (1976), menyarankan persamaan kapasitas dukung dengan mempertimbangkan bentuk pondasi, kemiringan beban dengan kuat geser tanah diatas pondasi. Sehingga perhitungan daya dukung pondasi dangkal dengan beban statis pada tanah pasir (tanah non kohesif) seperti pada persamaan 2:

$$q_u = S_c d_c i_c P_o (N_q - 1) + S_\gamma d_\gamma i_\gamma 0.5 B \gamma N_\gamma \quad (2)$$

dimana :

- q_u = Kapasitas Daya Dukung Ultimit (ton/m^2);
- N_c, N_q, N_γ = Faktor Daya Dukung Mayerhof;
- S_c, S_q, S_γ = Faktor bentuk pondasi;
- d_c, d_q, d_γ = Faktor kedalaman pondasi;
- i_c, i_q, i_γ = Faktor Kemiringan beban;
- B = Lebar Pondasi (m);
- $P_o = D_f \gamma$ = Tekanan Overburden pada dasar pondasi (ton/m^2);
- D_f = Kedalaman Pondasi (m); dan
- γ = Berat volume tanah (ton/m^3).

2.6 Penurunan

Maksimum penurunan pada struktur harus diperhatikan kerana dapat mempengaruhi penampilan, konstruksi dan pelayanan dari bangunan (Redana, 2009). Apabila satu bagian dari konstruksi menurun lebih dari bagian yang lain, maka akan terjadi distorsi pada struktur dan tentunya sangat berbahaya dibanding kalau terjadi penurunan secara merata. Adapun rumus yang digunakan dalam menghitung penurunan seperti pada persamaan 3:

$$S = \mu_0 \mu_1 q \frac{B}{E} \quad (3)$$

dimana :

- q = Beban netto yang bekerja (ton/m^2);
- B = Lebar pondasi (m);
- E = Young's Modulus (ton/m^2);
- μ_1 = Parameter akibat pengaruh bentuk pondasi dan kedalaman tanah; dan
- μ_0 = Parameter akibat pengaruh kedalaman dari pondasi.

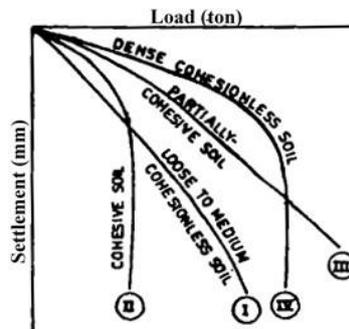
2.7 Tanah pasir

Pasir merupakan suatu jenis material tanah berbutir yang terjadi secara alami dan tersusun dari pecahan batuan yang halus serta partikel-partikel mineral. Komposisi pasir sangat bervariasi tergantung pada sumber dan keadaan batuan setempat, sebagian besar terdiri dari mineral kuarsa dan feldspar. Untuk mengetahui spesifikasi

dari pasir sangat bergantung pada kuat geser tanah pasir, yaitu kohesi 'c' atau tarik-menarik antar partikel dan sudut gesekan 'φ' atau tahanan terhadap gesekan antar partikel.

2.8 Plate loading test

Plate Loading Test adalah salah satu pengujian yang dilakukan untuk mengukur kekuatan dan deformasi tanah, dan digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah serta penurunannya terutama untuk pondasi dangkal. Adapun kurva antara pembebanan dan penurunan yang terjadi sampai mencapai keruntuhan adalah seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Kurva hubungan antara beban dan penurunan

2.9 Plaxis

Plaxis (Finite Element Code For Soil and Rock Analysis) adalah program pemodelan dan *postprocessing* metode elemen hingga yang mampu melakukan analisa masalah-masalah geoteknik dalam perencanaan sipil seperti deformasi dan stabilitas.

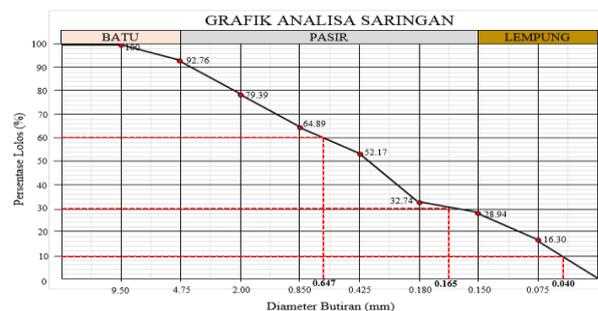
3 METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yaitu data hasil uji dilaboratorium, yang meliputi pengujian sifat-sifat fisik dan mekanis dari tanah pasir yaitu analisis saringan, kadar air, berat jenis tanah, pemadatan (*proctor*), *sandcone*, triaksial, dan berat isi pasir. Dari hasil percobaan yang dilakukan, dapat dihitung nilai daya dukung dari pondasi telapak yang direncanakan dengan menggunakan cara analitis yaitu metode *terzaghi* dan metode *meyerhof*, serta cara numerik dengan menggunakan program elemen hingga yaitu *Plaxis 2D*. Kemudian dari hasil analisa tersebut, kita dapat melakukan menggunakan alat *plate loading test*.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian analisis saringan

Tujuan pengujian analisa saringan adalah untuk menentukan pembagian butiran dari agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan saringan. Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah pasir yang tertahan saringan No. 4 (4.75 mm) sampai saringan No. 200 (0.075). Hasil pengujian analisis saringan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Diameter Butiran dan Persentase Lolos

4.2 Pengujian kadar air

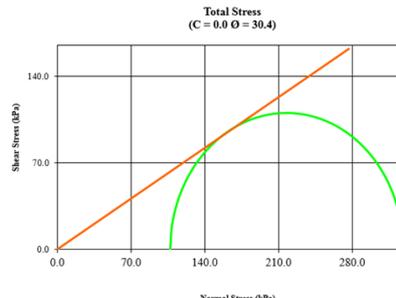
Tujuan pengujian kadar air adalah untuk memperoleh angka presentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, kadar air yang digunakan dalam perhitungan adalah kadar air rata-rata yaitu 13.17 %.

4.3 Pengujian berat jenis tanah

Tujuan pengujian berat jenis tanah adalah untuk mengetahui perbandingan antara rho (ρ) suatu benda dengan rho (ρ) air pada temperatur dan volume yang sama untuk sampel tanah pasir yang lolos saringan 4,75 mm (No. 4) menggunakan alat piknometer. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, nilai dari berat jenis rata-rata pasir adalah 2.555 gram.

4.4 Pengujian triaksial

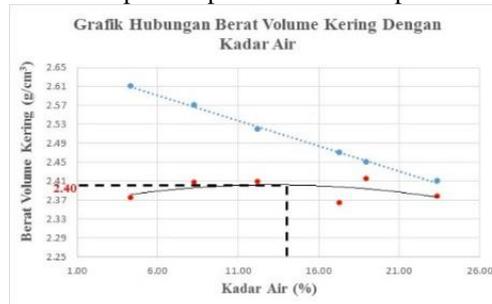
Tujuan pengujian Triaksial adalah untuk mengetahui kohesi (c) dan sudut geser dari tanah (ϕ). Berdasarkan hasil pengujian triaksial pada sampel tanah pasir yang digunakan dapat dilihat dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 3, dengan nilai sudut geser dalam (ϕ) yang diperoleh adalah 30.4° dan kohesi (c) dari pasir adalah 0.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Normal Stress (kPa) dan Shear Stress (kPa)

4.5 Pengujian pemadatan (proctor)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah apabila dipadatkan dengan tenaga tertentu (dalam hal ini digunakan cara standar proctor) dan untuk menentukan berat volume kering maximum ($\gamma_d \max$) dan kadar air optimum (W_{opt}) dari suatu contoh tanah. Hasil dari pengujian pemadatan (*proctor*) untuk tanah pasir dapat dilihat dalam pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Berat Volume Kering dan Kadar Air

Nilai Berat Volume Kering Optimum (γ_d) yang diperoleh adalah $2.40 \text{ g/cm}^3 = 24.00 \text{ kN/m}^3$ dan Kadar air optimum (W_{opt}) dari tanah pasir adalah 14.50 %.

4.6 Sandcone

Tujuan metode ini adalah memperoleh angka kepadatan lapangan (γ_d). Berdasarkan hasil dari perhitungan *sandcone* untuk tanah pasir, nilai kepadatan kering maximum laboratorium adalah sebesar 2.40 Gram/cm^3 dan nilai kepadatan kering maximum lapangan yang disarankan adalah 51.94 %. Hasil pengujian memenuhi standar, karena nilai kepadatan untuk tanah jenis pasir jika > 50 maka kepadatannya sangat padat (*very dense*).

4.7 Berat isi pasir

Tujuan dari pengujian berat isi tanah pasir adalah untuk mengetahui perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara (W) dengan volume (V). Adapun hasil pengujian berat volume pada tanah pasir dalam keadaan jenuh (γ_t) = 16 kN/m^3 dan tanah pasir dalam keadaan kering (γ_t) = 18.4 kN/m^3 .

4.8 Analisa perhitungan daya dukung menggunakan metode terzaghi

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dilaboratorium, maka perhitungan nilai daya dukung menggunakan metode Terzaghi untuk pondasi $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ diperoleh $q_u = 12.61 \text{ kN/m}^2$ dan penurunan yang terjadi adalah $S = 0.000027 \text{ m}$. Sedangkan untuk pondasi $20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$, nilai daya dukung yang diperoleh adalah $q_u = 25.22 \text{ kN/m}^2$ dan penurunan yang terjadi adalah $S = 0.00011 \text{ m}$.

4.9 Analisa perhitungan daya dukung menggunakan metode meyerhof

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan di laboratorium, maka perhitungan nilai daya dukung menggunakan metode Terzaghi untuk pondasi $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ diperoleh $q_u = 13.10 \text{ kN/m}^2$ dan penurunan yang

terjadi adalah $S = 0.000028$ m. Sedangkan untuk pondasi 20 cm x 20 cm, nilai daya dukung yang diperoleh adalah $q_u = 26.20$ kN/m² dan penurunan yang terjadi adalah $S = 0.00011$ m.

4.10 Analisa perhitungan daya dukung menggunakan plaxis 2D

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan di laboratorium, maka data yang diperoleh diinput kedalam program elemen hingga, sehingga total penurunan yang terjadi oleh pondasi 10 cm x 10 cm dengan menggunakan daya dukung ijin (σ_{ijin}) ketika beban diberikan 1/2 beban Terzaghi dengan $FS = 2$ adalah 0.000015 m. Sedangkan ketika beban diberikan sesuai beban ultimit (σ_{ult}) Terzaghi dengan $FS = 1$, penurunan yang terjadi adalah 0.000028 m. Ketika beban diberikan lebih besar dari (σ_{ult}) Terzaghi dengan $FS = 0.75$, penurunannya adalah 0.000043 m dan $FS = 0.50$, penurunannya adalah 0.000056 m. Sedangkan Total penurunan yang terjadi oleh pondasi 20 cm x 20 cm dengan menggunakan daya dukung ijin (σ_{ijin}) ketika beban diberikan 1/2 beban Terzaghi dengan $FS = 2$ adalah 0.000057 m. Ketika beban diberikan sesuai beban ultimit (σ_{ult}) Terzaghi dengan $FS = 1$, penurunan yang terjadi adalah 0.000114 m. Ketika beban diberikan lebih besar dari (σ_{ult}) Terzaghi dengan $FS = 0.75$, penurunannya adalah 0.000172 m dan $FS = 0.50$, penurunannya adalah 0.000230 m.

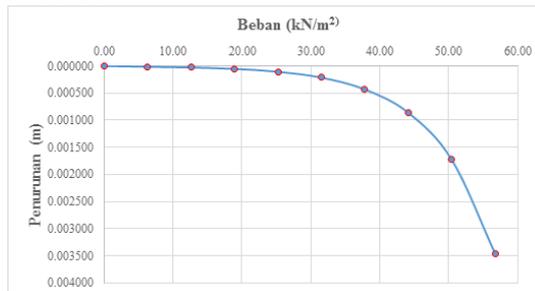
4.11 Pengujian penurunan menggunakan plate loading test

Pengujian dengan *plate loading* yang dilakukan di laboratorium secara bertahap, berdasarkan daya dukung yang disarankan oleh Terzaghi untuk mencari keamanan dari pondasi terhadap penurunan. Adapun hasil pengujian yang dilakukan secara bertahap pada pondasi 10 cm x 10 cm seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Plate Loading* pada Pondasi 10 cm x 10 cm

Tahap	Beban (kN/m ²)	Percobaan 1 (m)	Percobaan 2 (m)	Penurunan (m)
Tahap 1	6.30	0.000014	0.000017	0.000016
Tahap 2	12.61	0.000026	0.000029	0.000028
Tahap 3	18.91	0.000056	0.000052	0.000054
Tahap 4	25.22	0.000104	0.000108	0.000106
Tahap 5	31.52	0.000211	0.000218	0.000215
Tahap 6	37.82	0.000433	0.000432	0.000433
Tahap 7	44.13	0.000866	0.000855	0.000861
Tahap 8	50.43	0.001722	0.001728	0.001725
Tahap 9	56.74	0.003458	0.003455	0.003457

Hasil beban tahap I sampai tahap IX untuk pondasi 10 cm x 10 cm digambarkan untuk mendapatkan besar penurunan seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan antara beban dan penurunan pada pondasi 10 cm x 10 cm

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan daya dukung (σ_{ult}) Terzaghi, dimana nilai daya dukung ultimit (σ_{ult}) adalah 12.61 kN/m² dan daya dukung ijinnya (σ_{ijin}) adalah 6.30 kN/m² dengan angka keamanannya adalah $FS = 2$. Jika beban ditambahkan sebesar 18.91 kN/m², sudah terjadi penurunan sebesar 0.000054 m. Jika beban ditambahkan lagi sebesar 2 kali daya dukung ultimit, maka penurunan yang terjadi akan semakin besar yaitu 0.000106 m. Begitu seterusnya sampai terjadi keruntuhan yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, dengan menggunakan beban sebesar 6.30 kN/m² dengan $FS = 2$ sesuai rumus Terzaghi, sudah sangat amat untuk pondasi 10 cm x 10 cm.

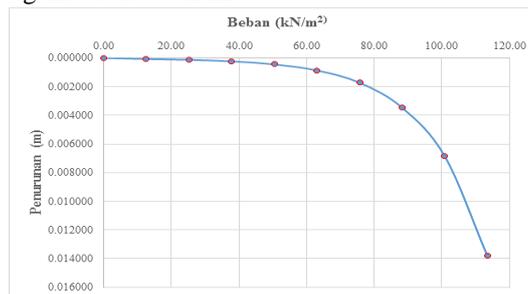
Sedangkan hasil pengujian yang dilakukan secara bertahap untuk pondasi 20 cm x 20 cm adalah seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Plate Loading* pada Pondasi 20 cm x 20 cm

Tahap	Beban (kN/m ²)	Percobaan 1 (m)	Percobaan 2 (m)	Penurunan (m)
Tahap 1	12.61	0.00008	0.00006	0.00007

Tahap	Beban (kN/m ²)	Percobaan 1 (m)	Percobaan 2 (m)	Penurunan (m)
Tahap 2	25.22	0.00011	0.00014	0.00013
Tahap 3	37.82	0.00021	0.00025	0.00023
Tahap 4	50.43	0.00047	0.00041	0.00044
Tahap 5	63.04	0.00088	0.00085	0.00087
Tahap 6	75.65	0.00173	0.00171	0.00172
Tahap 7	88.26	0.00347	0.00346	0.00347
Tahap 8	100.86	0.00691	0.00681	0.00686
Tahap 9	113.47	0.01381	0.01383	0.01382

Hasil beban tahap I sampai tahap IX untuk pondasi 20 cm x 20 cm digambarkan untuk mendapatkan besar penurunan seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 6. Grafik Hubungan antara beban dan penurunan pada pondasi 20 cm x 20 cm

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan daya dukung (σ_{ult}) Terzaghi, dimana daya dukung ultimit (σ_{ult}) adalah 25.22 kN/m² dan daya dukung ijinnya (σ_{ijin}) adalah 12.61 kN/m² dengan angka keamanannya adalah $FS = 2$. Jika beban ditambahkan sebesar 37.82 kN/m², sudah terjadi penurunan sebesar 0.00023 m. Jika beban ditambahkan lagi sebesar 2 kali daya dukung ultimit, maka penurunan yang terjadi akan semakin besar yaitu 0.00044 m. Begitu seterusnya sampai terjadi keruntuhan yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, dengan menggunakan beban sebesar 12.61 kN/m² dengan $FS = 2$ sesuai rumus Terzaghi, sudah sangat amat untuk pondasi 20 cm x 20 cm.

4.12 Rekapitulasi perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan, program elemen hingga, dan pengujian yang telah dilakukan dilaboratorium pada pondasi telapak yang berada diatas tanah pasir dengan ukuran 10 cm x 10 cm dan 20 cm x 20 cm dapat dilihat pada tabel rekapitulasi dibawah ini:

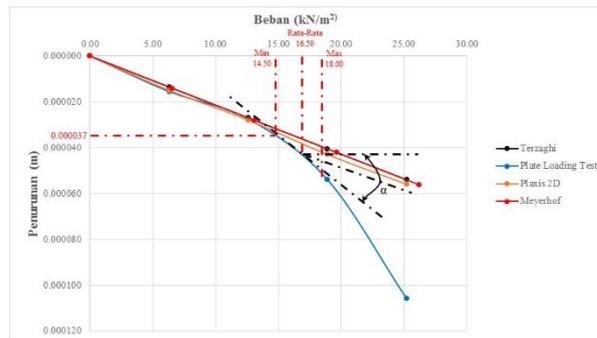
Tabel 3. Nilai daya dukung dan penurunan pada Pondasi 10 cm x 10 cm

Daya Dukung Terzaghi (kN/m ²)	Daya Dukung Meyerhof (kN/m ²)	Penurunan (m)			
		Terzaghi	Meyerhof	Plaxis 2D	Plate Loading Test
6.30	6.55	0.000014	0.000014	0.000015	0.000016
12.61	13.10	0.000027	0.000028	0.000028	0.000028
18.91	19.65	0.000041	0.000042	0.000043	0.000054
25.22	26.20	0.000054	0.000056	0.000056	0.000106

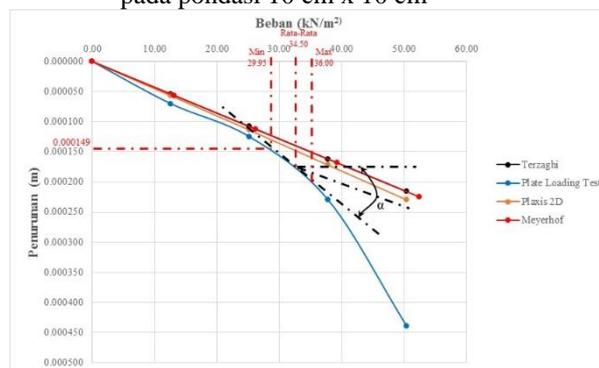
Tabel 4. Nilai daya dukung dan penurunan pada Pondasi 20 cm x 20 cm

Daya Dukung Terzaghi (kN/m ²)	Daya Dukung Meyerhof (kN/m ²)	Penurunan (m)			
		Terzaghi	Meyerhof	Plaxis 2D	Plate Loading Test
12.61	13.10	0.000054	0.000056	0.000057	0.000070
25.22	26.20	0.000108	0.000112	0.000114	0.000125
37.82	39.30	0.000162	0.000168	0.000172	0.000230
50.43	52.40	0.000216	0.000225	0.000230	0.000440

Dari hasil rekapitulasi diatas, dapat diplot dalam gambar untuk mengetahui perbedaan dari cara analitis dan pengujian dilaboratorium untuk pondasi 10 cm x 10 cm dan 20 cm x 20 cm seperti pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Hubungan antara Beban dan penurunan berdasarkan analisis Terzaghi dan *Plate Loading Test* pada pondasi 10 cm x 10 cm



Gambar 8. Hubungan antara Beban dan penurunan berdasarkan analisis Terzaghi dan *Plate Loading Test* pada pondasi 20 cm x 20 cm

4.13 Analisa hasil

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium menggunakan *Plate Loading Test*, Nilai daya dukung minimum yang diperoleh untuk pondasi telapak berukuran 10 cm x 10 cm adalah 14.50 kN/m² dan penurunannya adalah 0.000037 m. Berdasarkan perhitungan Terzaghi, nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) adalah 12.61 kN/m² dengan angka keamanan (FS) = 2 sehingga nilai daya dukung ijin (q_{ijin}) adalah 6.30 kN/m². Apabila dalam melakukan pengujian *Plate Loading* secara bertahap menggunakan nilai daya dukung ijin (q_{ijin}) Terzaghi yaitu 6.30 kN/m², maka angka keamanan yang dianjurkan oleh *Plate Loading Test* adalah (FS) = 2.30. Sedangkan untuk pondasi telapak 20 x 20 cm, nilai daya dukung yang diperoleh adalah 29.95 kN/m² dan penurunannya adalah 0.000149 m. Berdasarkan perhitungan Terzaghi, nilai daya dukung ultimit (q_{ult}) adalah 25.22 kN/m² dengan angka keamanan (FS) = 2 sehingga nilai daya dukung ijin (q_{ijin}) adalah 12.61 kN/m². Apabila dalam melakukan pengujian *Plate Loading* secara bertahap menggunakan nilai daya dukung ijin (q_{ijin}) Terzaghi yaitu 12.61 kN/m², maka angka keamanan yang dianjurkan oleh hasil *Plate Loading Test* adalah (FS) = 2.38.

5 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah disampaikan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Daya dukung yang dihasilkan untuk pondasi 10 cm x 10 cm adalah 14.50 kN/m² dan penurunannya adalah 0.000037 m, dengan angka keamanan (FS) = 2.30. Sedangkan untuk pondasi 20 cm x 20 cm, nilai daya dukungnya adalah 29.95 kN/m² dan penurunannya adalah 0.000149 m, dengan angka keamanan (FS) = 2.38.
2. Persentase perbandingan daya dukung yang dihasilkan *Plate Loading Test* untuk pondasi 10 cm x 10 cm dibandingkan dengan Metode Terzaghi adalah 56.52 % dan penurunannya adalah 63.49 %. Sedangkan untuk pondasi 20 cm x 20 cm, daya dukungnya adalah 57.90 % dan penurunannya adalah 63.74 %. Untuk pondasi 10 cm x 10 cm dengan Metode Meyerhof, daya dukungnya adalah 54.83 % dan penurunannya adalah 62.07 %. Sedangkan untuk pondasi 20 cm x 20 cm, daya dukungnya adalah 56.26 % dan penurunannya adalah 62.32 %.
3. Persentase perbandingan daya dukung yang dihasilkan *Plate Loading Test* untuk pondasi 10 cm x 10 cm dengan *Plaxis 2D* adalah 56.52 % dan penurunannya adalah 59.46 %. Sedangkan untuk pondasi 20 cm x 20 cm, daya dukungnya adalah 57.90 % dan penurunannya adalah 61.74 %.

6 DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D 3689. 2007. *Standard Test Methods for Deep Foundations Under Static Axial Tensile Load*. United States: Ali Qzaz
- Bowles, J.E. 1982. *Analisis dan Desain Fondasi*. Jilid 1. Edisi keempat. Jakarta: Erlangga.
- Brinkgreve, R.B. 2002. *Reference Manual V.8, Manual Plaxis*. Delft, Netherlands: A.A Balkema Publisher.
- Das, B.M. 1997. *Principles Of Foundation Engineering*. Third Edition. Boston: PWS Publishing Company.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Teknik Fondasi I*. Edisi Kedua. Jakarta: PT. Gramedia.
- Meyerhof, G.G. 1976. *Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundation (Journal of Geotechnical Engineering)*. ASCE, 102(3), 197-228.
- Redana, I.W. 2009. *Teknik Pondasi*. Bali: Udayana University Press.
- Terzaghi, K. 1943. *Theoretical Soil Mechanics*. New York: Wiley & Sons. United States Departement of Agriculture (USDA). 1938. <https://hajrichsan.wordpress.com/tekstur-tanah/>
- Vesic, A.S. 1963. *Ultimate Loads and Settlements of Deep Foundation in Sand. Proc. Symp. On Bearing Capacity and Settlement of Foundation*. Duke University.