

## Perbandingan Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal Menggunakan Metode Terzaghi, Mayerhoff dan Plaxis 2D

Tigo Mindiastwi<sup>1\*</sup>, Muhammad Afifassauqi Mustofa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

\*Email: [tigomindiastwi@untagsmg.ac.id](mailto:tigomindiastwi@untagsmg.ac.id)

Diterima November 2023; Disetujui November 2023; Dipublikasi Desember 2023

**Abstract.** Soil bearing capacity is the ability of the soil to safely withstand pressure or loads from the structure above the building without causing failure or settlement. Several methods are used to analyze the bearing capacity of soil, including the Terzaghi, Mayerhoff, Hasen, Vesic, Oshaki methods and using software with different parameters and results. The aim of this research is to determine the comparison of the bearing capacity of shallow foundation soils using the Terzaghi, Mayerhoff methods and Plaxis 2D software. Secondary data used is in the form of planning drawings and soil data from laboratory tests. Based on analysis using the Terzaghi, Mayerhoff and Plaxis 2D software methods, the bearing capacity value of the permitted land (Qall) was obtained respectively at 20,322, 25,612 and 16,827 t/m<sup>2</sup>. Based on the results of the bearing capacity of shallow foundation soil using the analytical method and Plaxis 2D software, it was found that the calculation of the permissible soil bearing capacity (Qall) of shallow foundations using the Meyerhoff method was greater than the calculation by the Terzaghi method and Plaxis 2D software.

**Keywords:** Soil Carrying Capacity, Shallow Foundations, Terzaghi, Mayerhof, Plaxis

**Abstrak.** Daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah dalam menahan tekanan atau beban dari struktur atas bangunan dengan aman tanpa menimbulkan kegagalan ataupun penurunan. Beberapa metode digunakan untuk menganalisis daya dukung tanah, diantaranya yaitu dengan metode Terzaghi, Mayerhoff, Hasen, Vesic, Oshaki dan menggunakan *software* dengan parameter dan hasil yang berbeda. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbandingan daya dukung tanah pondasi dangkal menggunakan metode Terzaghi, Mayerhoff dan *software Plaxis 2D*. Data sekunder yang digunakan berupa gambar perencanaan dan data tanah hasil uji laboratorium. Berdasarkan analisis menggunakan metode Terzaghi, Mayerhoff dan *Software Plaxis 2D* diperoleh nilai daya dukung tanah ijin (Qall) secara berurutan sebesar 20,322, 25,612 dan 16,827 t/m<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil daya dukung tanah pondasi dangkal pada metode analitis dan *software plaxis 2D* didapatkan bahwa perhitungan daya dukung tanah ijin (Qall) pondasi dangkal metode Meyerhoff lebih besar dari perhitungan metode Terzaghi dan *Software Plaxis 2D*.

**Kata Kunci:** Daya Dukung Tanah, Pondasi Dangkal, Terzaghi, Mayerhof, Plaxis

## 1 Pendahuluan

Daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah dalam menahan tekanan atau beban dari struktur atas bangunan dengan aman tanpa menimbulkan kegalalan ataupun penurunan [1]. Berbagai metode dikembangkan oleh ahli geoteknik untuk menganalisis daya dukung tanah, baik dengan metode analitis maupun dengan menggunakan bantuan program komputer atau *software*. Analisis untuk menghitung daya dukung tanah yang sering digunakan antara lain yaitu dengan persamaan Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic dan Oshaki. Sedangkan untuk metode elemen hingga yaitu dengan bantuan program *software plaxis 2D*. Metode-metode tersebut mempunyai perhitungan serta parameter yang berbeda sehingga menghasilkan daya dukung tanah yang berbeda [2], [3].

Pada analisis daya dukung tanah menggunakan metode Terzaghi memperhitungkan faktor daya dukung tanah  $N_q$ ,  $N_c$  dan  $N_\gamma$  serta faktor bentuk pondasi seperti bujur sangkar dan lingkaran. Meyerhof menggunakan persamaan yang hampir sama dengan Terzaghi akan tetapi pada persamaan Meyerhof terdapat faktor bentuk ( $S_q$ ), faktor kedalaman ( $d_i$ ) dan faktor kemiringan ( $i_i$ ) [4]. *Software Plaxis* merupakan salah satu program aplikasi komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan khusus untuk menganalisis deformasi dan stabilitas dalam bidang geoteknik, seperti daya dukung tanah dalam perencanaan sipil [5].

Pondasi merupakan bagian terbawah dari suatu struktur bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari struktur atas ke lapisan tanah atau batuan yang berada di bawahnya. Terdapat dua jenis pondasi berdasarkan kedalamannya yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Banyak faktor yang mempengaruhi dalam menentukan jenis pondasi, faktor tersebut antara lain beban, karakteristik tanah dilokasi struktur bangunan serta faktor non-teknis seperti biaya konstruksi dan waktu konstruksi [6].

Penelitian ini berfokus pada analisis metode perhitungan daya dukung tanah menggunakan metode Terzaghi, Meyerhof dan Elemen Hingga atau Plaxis 2D. Lokasi penelitian pada pembangunan Gedung BPKB Polres Pati. Tanah yang terdapat pada daerah pembangunan merupakan tanah lempung dan menggunakan pondasi dangkal yaitu pondasi tapak setempat (*footplate*).

## 2 Metodologi Penelitian

Metode penelitian pada penelitian ini dengan menggunakan data sekunder data tanah berdasarkan uji laboratorium dan data gambar perencanaan pondasi dangkal (*Footplate*)

pada Proyek pembangunan Gedung BPKB Polres Pati. Berdasarkan data tanah dan gambar perencanaan daya dukung pondasi dangkal dianalisis menggunakan metode analitis (Metode Terzaghi dan Metode Mayerhof) dan metode elemen hingga menggunakan software Plaxis 2D.

## 2.1 Data Tanah

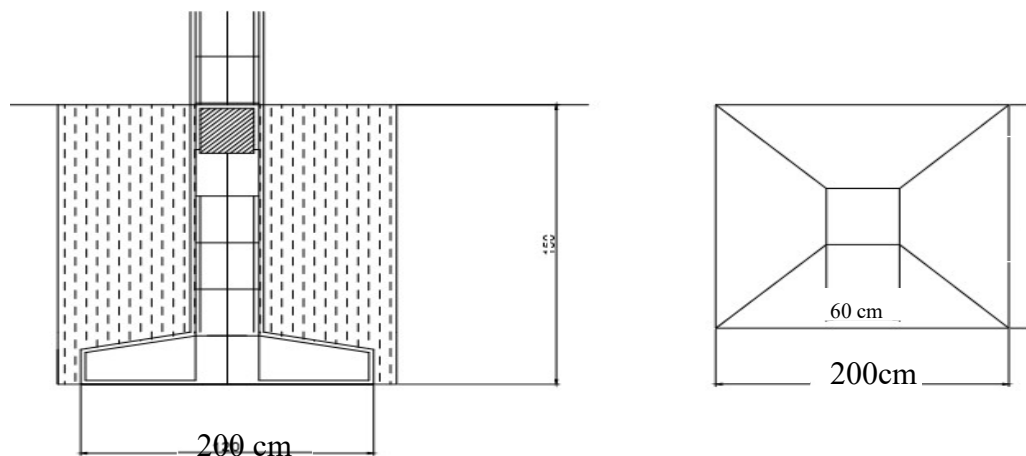
Berdasarkan uji laboratorium didapatkan karakteristik tanah pada lokasi penelitian seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik tanah

No	Karakteristik Tanah	Hasil	Satuan
1	Sudut geser ( $\phi$ )	17,463	$^{\circ}$
2	Kohesi ( $c$ )	0,275	kg/cm <sup>2</sup>
3	Berat isi tanah ( $\gamma$ )	1,154	g/cm <sup>3</sup>
4	Berat isi tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ )	1,645	g/cm <sup>3</sup>

## 2.2 Data Gambar Perencanaan

Pondasi *Footplate* beton bertulang dengan ukuran 2 x 2 m, dengan kedalaman 1,3 M dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pondasi Dangkal *Footplate*

## 3 Hasil dan Pembahasan

Menghitung kapasitas dukung dengan menggunakan metode analitis dengan metode Terzaghi dan Mayerhof dilakukan dengan cara menentukan titik tinjauan pada kedalaman yang telah ditentukan berdasarkan parameter tanah yang ada. Adapun data material yang

akan digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari pihak kontraktor yang menanganai pekerjaan pembangunan Gedung BPKB Polres Pati berupa *direct shear test dan soil test*.

### 3.1 Kapasitas Daya Dukung Tanah Metode Analitis

#### 3.1.1 Analisis Daya Dukung Metode Terzaghi

Berdasarkan Data Labolatorium maka dapat dihasilkan data data sebagai berikut:

Dimensi Pondasi

$$Df = 1,3 \quad m$$

$$B = 2,0 \quad m$$

Lampiran data tanah uji *direct shear test dan soil test* ,diketahui :

$$\text{Sudut geser } (\phi) = 17,463^\circ$$

$$\text{Kohesi } (c) = 0,275 \text{ kg/cm}^2 = 2750 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat isi tanah } (\gamma) = 1,154 \text{ g/cm}^3 = 1154 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat isi tanah jenuh } (\gamma_{sat}) = 1,654 \text{ g/cm}^3 = 1654 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat isi air } (\gamma_w) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Angka keamanan } (Fs) = 3$$

Interpolasi Daya Dukung Tanah dilakukan dengan metode sebagai berikut :

Faktor daya dukung pada keruntuhan geser umum menggunakan tabel 2.1

$$\text{Sudut geser } (\phi) = 17,463^\circ$$

Berada diantara sudut geser  $17^\circ$  dan  $18^\circ$

Maka hasil Interpolasi nya adalah

$$\text{Interpolasi } N_c \quad N_c 17^\circ = 14,60$$

$$N_c 18^\circ = 15,12$$

$$N_c 17,463^\circ = \frac{x}{(17,463 - 17)} \left( \frac{15,12 - 14,60}{(17 - 18)} \right)$$

$$x = \frac{x}{(0,463)} \frac{0,52}{1}$$

$$x = 0,241$$

$$\text{Maka } N_c 17,463^\circ = 14,60 + 0,241$$

$$= 14,841$$

$$\text{Interpolasi } N_q \quad N_q 17^\circ = 5,45$$

$$N_q 18^\circ = 6,04$$

$$N_q 17,463^\circ = \frac{x}{(17,463 - 17)} \left( \frac{5,45 - 6,04}{(17 - 18)} \right)$$

$$x = 0,273$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } N_q 17,463^\circ &= 5,45 + 0,273 \\ &= 5,723 \end{aligned}$$

Interpolasi  $N_\gamma$   $N_\gamma 17^\circ = 2,18$

$$N_\gamma 18^\circ = 2,59$$

$$N_\gamma 17,463^\circ = \frac{x}{(17,463 - 17)} \left( \frac{2,18 - 2,59}{(17 - 18)} \right)$$

$$x = 0,19$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } N_\gamma 17,463^\circ &= 2,18 + 0,19 \\ &= 2,37 \end{aligned}$$

Kapasitas daya dukung ultimit pada kerutuhan geser umum untuk nilai sudut geser ( $\phi$ ) = 17,463 Maka didapat nilai :

$$N_c = 14,841$$

$$N_q = 5,723$$

$$N_\gamma = 2,37$$

Pondasi berbentuk bujur sangkar, maka rumus yang digunakan adalah:  $q_u = 1,3cN_c + \square D_f N_q + 0,4\gamma B N_\gamma$

Tinggi muka air tanah di atas pondasi  $D = 1$  m

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai  $\gamma'$  di tanah terendam air, digunakan rumus :

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 1654 - 1000 = 654 \text{ kg/m}^3$$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1154 (1,3 - 1) + 654(1) = 1000,2 \text{ kg/m}^2$$

maka didapat nilai dukung ultimit :

$$q_u = 1,3cN_c + qN_q + 0,4\gamma B N_\gamma$$

$$= 1,3(2750)(14,841) + 1000,2(5,723) + 0,4(1154)(2)(2,37)$$

$$= 60968,704 \text{ kg/m}^2$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai  $F_s = 3$ , maka :  $q_{\text{ijin}} = q_u / F_s =$

$$60968,704 / 3 = 20322,901 \text{ kg/m}^2 = 20,322 \text{ t/m}^2$$

### 3.1.2 Analisis Daya Dukung Metode Mayerhof

Sudut geser ( $\phi$ ) = 17,463°

Berada diantara sudut geser 17° dan 18°

Maka hasil Interpolasi nya adalah

$$\begin{aligned} \text{Interpolasi } N_c \quad N_c 17^\circ &= 12,34 \\ N_c 18^\circ &= 13,10 \\ N_c 17,463^\circ &= \frac{x}{(17,463 - 17)} \left( \frac{12,34 - 13,10}{(17 - 18)} \right) \\ x &= \frac{x}{(0,463)} \frac{0,76}{1} \\ x &= 0,352 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } N_c 17,463^\circ &= 12,34 + 0,352 \\ &= 12,692 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interpolasi } N_q \quad N_q 17^\circ &= 4,77 \\ N_q 18^\circ &= 5,26 \\ N_q 17,463^\circ &= \frac{x}{(17,463 - 17)} \left( \frac{4,77 - 5,26}{(17 - 18)} \right) \\ x &= 0,227 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } N_q 17,463^\circ &= 4,77 + 0,227 \\ &= 4,997 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interpolasi } N_\gamma \quad N_\gamma 17^\circ &= 3,53 \\ N_\gamma 18^\circ &= 4,07 \\ N_\gamma 17,463^\circ &= \frac{x}{(17,463 - 17)} \left( \frac{3,53 - 4,07}{(17 - 18)} \right) \\ x &= 0,25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } N_\gamma 17,463^\circ &= 3,53 + 0,25 \\ &= 3,78 \end{aligned}$$

Kapasitas daya dukung ultimit pada kerutuhan geser umum untuk nilai sudut geser ( $\phi$ ) = 17,463° Maka didapat nilai :

$$N_c = 12,692$$

$$N_q = 4,997$$

$$N_\gamma = 3,78$$

$$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$$

maka :

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{Nq}{Nc} = 1 + \frac{2}{2} \times \frac{4.997}{12.962} = 1,385$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan \phi = 1 + \frac{2}{2} \times \tan 17,463^\circ = 1,314$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \left( \frac{B}{L} \right) = 1 - 0,4 \left( \frac{2}{2} \right) = 0,6$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan 17,463^\circ (1 - \sin 17,463^\circ)^2 \tan^{-1} (1,3/2) \\ = 1,231$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \left( \frac{1 - F_{qd}}{Nq \times \tan \phi} \right) = 1,231 - \left( \frac{1 - 1,231}{4,997 \times \tan 17,463^\circ} \right) = 1,368$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Untuk  $F_{ci}$ ,  $F_{qi}$ ,  $F_{\gamma i} = 1$  karena bebannya tegak

Dari grafik data lab 1 tinggi muka air tanah berada di atas dasar pondasi yaitu  $D = 1$  m, maka:

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D$$

untuk nilai  $\gamma'$  di tanah terendam air, digunakan rumus :  $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 1654 - 1000 = 654 \text{ kg/m}^3$

$$q = \gamma(D_f - D) + \gamma' D = 1154(1,3 - 1) + 654(1) = 1000,2 \text{ kg/m}^2$$

maka didapat daya dukung ultimit :

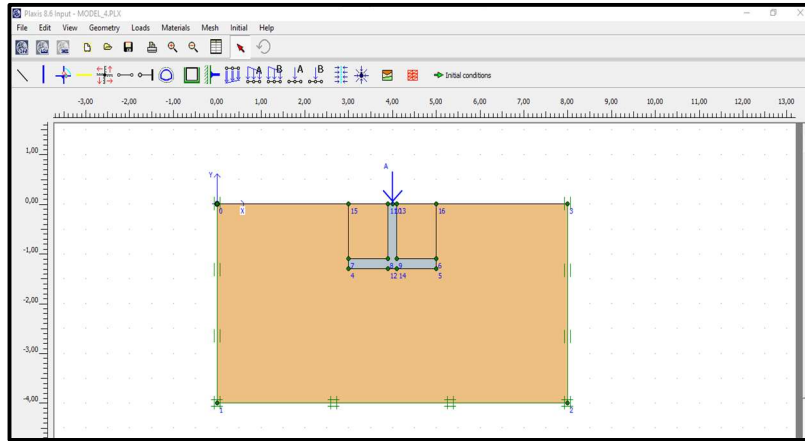
$$q_u = c \cdot Nc \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot Nq \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \\ = 2750(12,692) (1,385) (1,368) (1) + 1000,2(4,997) (1,314) (1,231) (1) + \\ 0,5(1154) (2) (3,78) (0,6) (1) (1) \\ = 76834,958 \text{ kg/m}^2$$

Untuk angka keamanan maka kita ambil nilai  $F_s = 3$ , maka :  $q_{ijin} = q_u / F_s = 76834,958 / 3 = 25611,652 \text{ kg/m}^2 = 25,612 \text{ t/m}^2$ .

## 3.2 Daya Dukung Tanah *Software Plaxis 2D*

### 3.2.1 Permodelan Geometri

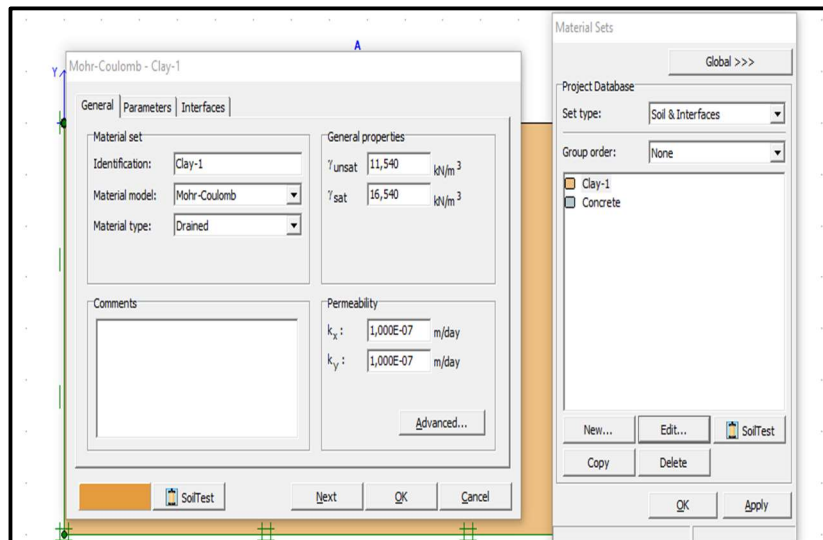
Pembuatan sebuah model elemen hingga dimulai dengan pembuatan geometri model. Pada penelitian ini dimodelkan klaster dengan tinggi kontur geometri adalah  $2L$  dimana  $L$  merupakan kedalaman pondasi yaitu  $1,3$  m, sedangkan untuk lebar geometri menggunakan *aximetry*  $6$  m yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan Geometri

### 3.2.2 Input Data Tanah

Parameter material *Mohr-Coulomb* yang merupakan pemodelan dengan kondisi elastis-plastis terdiri dari yakni *Modulus Young* ( $E$ ) dan *Poisson Rasio* ( $\nu$ ), kohesi ( $c$ ), sudut gesek dalam ( $\phi$ ), berat jenis kering ( $\gamma_{dry}$ ), berat jenis jenuh ( $\gamma_{sat}$ ), yang ditunjukkan pada Gambar 3.

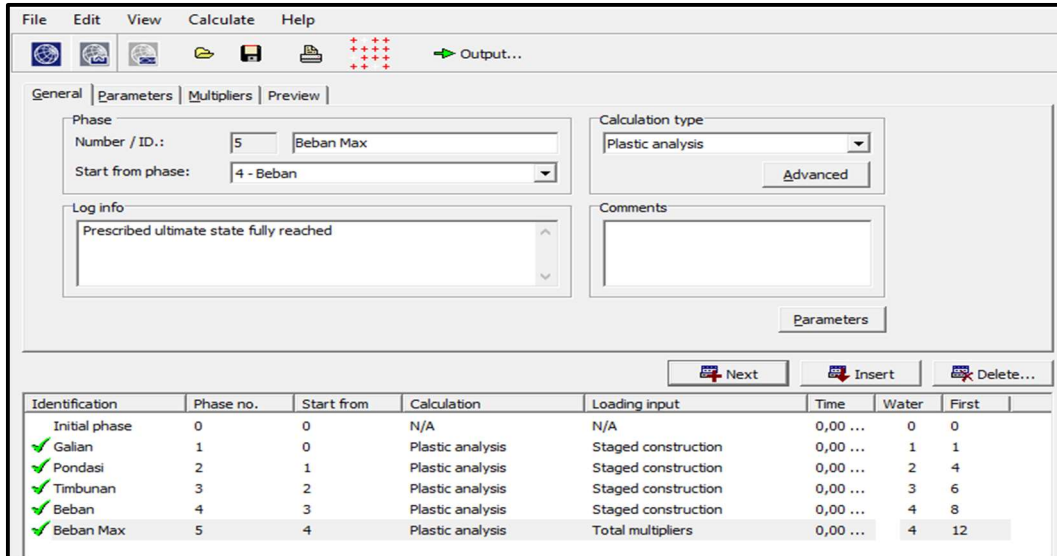


Gambar 3. Input Parameter Tanah

### 3.2.3 Kalkulasi

Pada tahap kalkulasi terdapat lima tahapan yang dilakukan seperti pada Gambar 4. Tahap pertama yaitu galian, tahap kedua yaitu mengaktifkan pondasi, tahap ketiga timbunan, tahap ke empat dengan mengaktifkan beban pada pondasi, tahap terakhir yaitu dengan memasukkan beban maksimal sampai mengalami failure atau kegagalan.

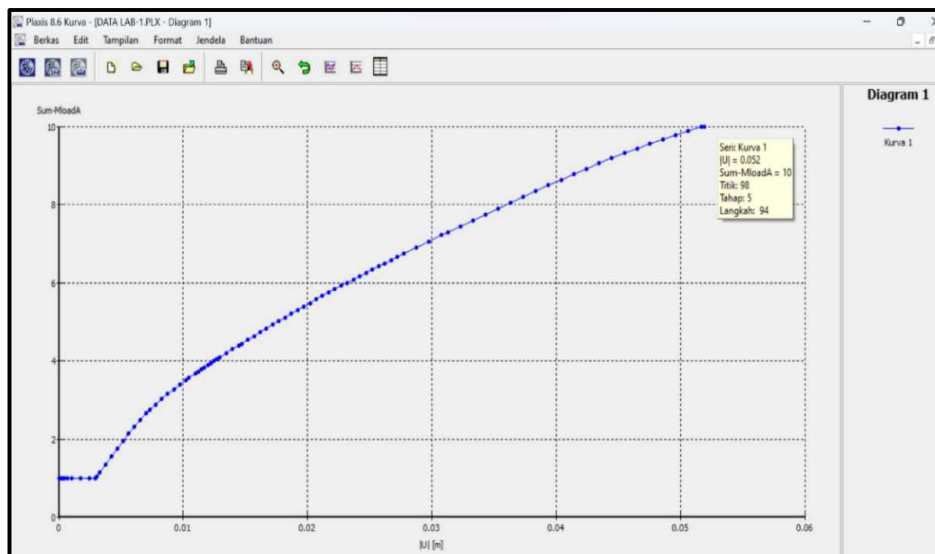




**Gambar 4.** Perhitungan Plaxis 2D

### 3.2.4 Output

Dari hasil perhitungan data maka bisa digambarkan grafik hubungan antara perpindahan (u) dan total beban (SumloadA). Hasil output grafik dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Hasil Output Plaxis 2D

Input beban pada pondasi adalah -100 kN, sehingga besarnya beban yang dapat dipikul pada saat mencapai keruntuhan adalah sebagai berikut:

$$\Sigma\text{-MloadA} = 10, P_{\text{ultimate}} = 10 \times -100 \text{ kN} = 1000 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}\text{Daya dukung ultimate (Qul)} &= P_{\text{ultimate}} / B + \gamma_{\text{concrete}} \cdot t_h \\ &= 1000/2 + 24 (0,6) \\ &= 500 + 14,4 = 514,4 \text{ kN/m}^2 = 51,44 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Faktor aman (SF)} = 3$$

$$\begin{aligned}\text{Qijin} &= (\text{Qul}) / 3 \\ &= 514,4 / 3 \\ &= 168,267 \text{ kN/m}^2 \\ &= 16,827 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

### 3.3 Perbandingan Metode Analitis dan Metode Elemen Hingga (Plaxis 2D)

Berdasarkan analisis menggunakan metode Terzaghi, Mayerhoff dan software Plaxis 2D didapatkan hasil bahwa daya dukung izin (Qall) tertinggi yaitu menggunakan metode Mayerhoff sebesar 25,612 t/m<sup>2</sup>, kemudian Terzaghi dengan nilai sebesar 20,322 t/m<sup>2</sup> kemudian hasil daya dukung tanah izin (Qall) terkecil yaitu dengan metode elemen hingga (Plaxis 2D) 16,82 t/m<sup>2</sup>. Hasil dari perhitungan antara metode analitis dengan metode plaxis dikumpulkan dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Daya dukung metode analitis dan plaxis

Terzaghi		Meyerhof		Plaxis	
Qult (t/m <sup>2</sup> )	Qall (t/m <sup>2</sup> )	Qult (t/m <sup>2</sup> )	Qall (t/m <sup>2</sup> )	Qult (t/m <sup>2</sup> )	Qall (t/m <sup>2</sup> )
60,968	20,322	76,835	25,612	51,44	16,827

## 4 Kesimpulan

Berdasarkan analisis perhitungan mengenai daya dukung dan penurunan tanah pada pondasi dangkal dengan cara analitis dan menggunakan metode elemen hingga, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Besar kapasitas daya dukung tanah ijin (Qall) pada pondasi dangkal menurut metode metode Terzaghi 20,322 t/m<sup>2</sup>, metode Mayerhoff 25,612 t/m<sup>2</sup> dan dengan software Plaxis 2D 16,827 t/m<sup>2</sup>.
- 2) Hasil perbandingan daya dukung tanah pondasi dangkal poyek pembangunan gedung BPKB Polres Pati pada metode analitis dan metode plaxis didapatkan bahwa perhitungan daya dukung tanah metode Mayerhof lebih besar dari perhitungan metode Terzaghi dan software Plaxis 2D.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Prasenja, “3 · 1 독립선언 100주년: 식민주의, 세계화 그리고 한반도 민족주의 3 · 1,” *J. Bimbing. dan Konseling*, vol. 07, no. 1, pp. 53–60, 2017.
- [2] A. Muda, “Analisis Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal Berdasarkan Data Laboratorium,” *J. ITEKNA*, vol. 16, no. 1, pp. 1–6, 2016, [Online]. Available: [https://www.mendeley.com/search/?page=1&query=Analisis Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal Berdasarkan Data Laboratorium&sortBy=relevance](https://www.mendeley.com/search/?page=1&query=Analisis+Daya+Dukung+Tanah+Fondasi+Dangkal+Berdasarkan+Data+Laboratorium&sortBy=relevance).
- [3] E. Aisah *et al.*, “Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal dengan Teori Terzaghi dan Mayerhof Pondasi dangkal adalah jenis pondasi yang biasanya digunakan untuk mendukung struktur bangunan ringan atau bangunan jangka panjang . Jika terdapat keraguan seperti pondasi tiang atau,” vol. 15, pp. 127–136, 2023.
- [4] A. Jamil and U. Padjadjaran, “Perbandingan Perhitungan Daya Dukung Fondasi Dangkal,” no. April, 2022.
- [5] M. A. Nusantara, “Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah,” *J. Tek. Sipil dan Lingkungan.*, vol. 2, no. 3, pp. 297–302, 2014.
- [6] E. Kalogo, K. R. Bela, and P. Sianto, “Analisis Penurunan Segera pada Pondasi Telapak Berdasarkan Nilai Daya Dukung Terzaghi, Mayerhof, Brinch Hansen, dan Vesic,” *J. Tek. Sipil ITP*, vol. 8, no. 1, p. 3, 2021, doi: 10.21063/jts.2021.v801.03.