



## Analisis Daya Dukung Fondasi Dangkal Dengan Perkuatan Geogrid

Eveline G. F. Wenas<sup>#a</sup>, Roski R. I. Legrans<sup>#b</sup>, Steeva G. Rondonuwu<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia  
<sup>a</sup>evelinewenas198@gmail.com, <sup>b</sup>legransroski@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>steeva\_rondonuwu@unsrat.ac.id

### Abstrak

Tanah memiliki keterbatasan dalam menopang beban, untuk meningkatkan kestabilan dan kapasitas dukung tanah, diperlukan metode perkuatan yang tepat. Salah satu pendekatan yang efektif adalah penggunaan geogrid, yaitu material yang mampu memperkuat tanah dengan mekanisme interlocking, yang dapat mengurangi deformasi serta meningkatkan daya dukung tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggunaan geogrid dalam meningkatkan kapasitas daya dukung dan mengurangi penurunan (settlement) pada tanah untuk mendukung kinerja fondasi dangkal. Studi dilakukan melalui pemodelan numerik untuk menganalisis peningkatan daya dukung tanah dengan pemasangan satu atau lebih lapisan geogrid. Hasil analisis menghasilkan penggunaan geogrid mampu meningkatkan daya dukung tanah sebesar 1.2-2 kali dibandingkan daya dukung fondasi tanpa perkuatan. Analisis penurunan fondasi dengan metode empiris menunjukkan penggunaan geogrid mampu mengurangi nilai penurunan fondasi. Perangkat lunak Plaxis 2D digunakan untuk menganalisis penurunan yang terjadi pada tanah dengan perkuatan geogrid. Pemodelan pemasangan dua atau lebih lapisan geogrid dengan variasi kuat tarik secara signifikan meningkatkan kapasitas daya dukung tanah serta mampu mengurangi penurunan (settlement). Dengan demikian, penggunaan geogrid merupakan solusi efektif untuk meningkatkan kestabilan fondasi dangkal pada tanah.

*Kata kunci:* fondasi dangkal, geogrid, daya dukung

### 1. Pendahuluan

Pastori GMIM Betlehem Tataaran II adalah konstruksi gedung bertingkat yang terletak di Tondano, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. Konstruksi ini tidak lepas dari adanya fondasi sebagai struktur bawah untuk menopang bangunan agar mampu menerima beban, serta mendistribusikan beban yang ada ke dalam tanah. Jenis fondasi yang digunakan dalam pembangunan konstruksi ini adalah fondasi dangkal dengan jenis fondasi yaitu fondasi telapak. Fondasi yang digunakan diharapkan mampu memikul beban konstruksi serta menghasilkan penurunan yang memenuhi persyaratan batas penurunan. Analisis daya dukung dan penurunan fondasi dangkal yang dilakukan adalah untuk mengetahui kapasitas fondasi ketika menggunakan perkuatan geogrid.

### 2. Landasan Teori

Fondasi dangkal adalah jenis fondasi yang diletakkan pada kedalaman kurang dari 3 meter dari permukaan tanah, sebagaimana dijelaskan oleh berbagai sumber seperti Terzaghi, Bowles, dan Eurocode 7. Daya dukung tanah untuk fondasi dangkal sangat penting agar struktur bangunan yang dipikul tidak mengalami kegagalan maupun penurunan yang melebihi ambang batas. Berdasarkan SNI 8460-2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik Daya dukung ijin Fondasi minimum 3 untuk Fondasi dangkal dan untuk Penurunan izin  $< 15 \text{ cm} + b/600$  (b dalam satuan cm) untuk bangunan tinggi dan bisa dibuktikan struktur atas masih aman. Untuk tanah dengan daya dukung rendah serta nilai penurunan yang relative besar maka dilakukan perkuatan tanah

dengan geogrid. Geogrid merupakan material perkuatan dari bahan polimer berbentuk jaring yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan stabilitas tanah serta mengontrol deformasi. Berdasarkan arah kekuatan tariknya, geogrid terbagi menjadi uniaksial, biaxial, dan triaxial. Fondasi yang diperkuat dengan geogrid memiliki mode kegagalan potensial seperti kegagalan dangkal, kegagalan antar lapisan, kegagalan umum dalam zona perkuatan, hingga kegagalan pelubangan pada zona atau di bawah zona perkuatan (Binquet dan Lee, 1975; Huang dan Menq, 1997; Wayne dkk., 1998; Chen, 2007).

Analisis daya dukung fondasi dengan perkuatan geogrid dilakukan berdasarkan enam mode kegagalan yaitu:

1. Daya dukung terhadap kegagalan dangkal

$$q_{ult,r} = BCR_{sf} \cdot q_{ult,u} \quad (1)$$

2. Daya dukung terhadap kegagalan antar lapisan geogrid

$$q_{ult,r} = BCR \cdot q_b + \frac{2C_1 c_a z_u}{B_f} + 2\gamma_r z_u^2 \left(1 + \frac{2D_f}{z_u}\right) \frac{K_s \tan \phi_r}{z_u} + \frac{2C_1 T_a \tan \delta}{B_f} - \gamma'_r z_u \quad (2)$$

3. Daya dukung terhadap kegagalan umum dalam zona perkuatan

$$q_{ult,r} = q_{ult,u} + \Delta_{qT} \quad (3)$$

4. Daya dukung terhadap kegagalan fondasi terdistribusi

$$q_{ult} = \frac{A'_f}{A_f} (q_b - \gamma' h_r) \quad (4)$$

5. Daya dukung terhadap kegagalan pelubangan melalui zona dengan perkuatan

$$q_{ult,r} = q_b + \frac{2C_1 c_a h_r}{B_f} + C_1 \gamma'_r h_r^2 \left(1 + \frac{2D_f}{h_r}\right) \frac{K_s \tan \phi_r}{B_f} + \frac{2C_1 T_a \tan \delta}{B_f} - \gamma'_r h_r \quad (5)$$

6. Daya dukung terhadap kegagalan pada pada zona dengan perkuatan

$$q_{ult} = \frac{A_{rz}}{A_f} q_b + \frac{Q_u - W_{rz}}{A_f} \quad (6)$$

Dimana,  $A_f$  = Luas Fondasi (m<sup>2</sup>);  $A_{rz}$  = Luas zona dengan perkuatan;  $BCR$  = rasio daya dukung karena kegagalan dangkal;  $B_f$  = Lebar fondasi (m);  $B_{rz}$  = Lebar zona dengan perkuatan (m);  $C_1$  = konstan (2 untuk pijakan persegi dan 1 untuk pijakan menerus);  $h_r$  = tebal zona dengan perkuatan (m);  $K_s$  = koefisien punching shear oleh Meyerhof dan Hanna (1978);  $P_h$  = gaya dorong tekanan tanah lateral yang bekerja di sepanjang permukaan;  $Q_u$  = tahanan geser di sepanjang permukaan zona dengan perkuatan;  $q_b$  = Daya dukung tanah dibawah zona dengan perkuatan (kN/m<sup>2</sup>);  $q_{ult,u}$  = Daya dukung fondasi tanpa perkuatan tidak diperkuat (kN/m<sup>2</sup>);  $T_a$  = kekuatan tarik yang diijinkan dari tulangan;  $U$  = panjang keliling zona dengan perkuatan;  $W_{rz}$  = Berat zona dengan perkuatan;  $z_u$  = Jarak lapisan pertama geogrid dari dasar fondasi;  $\gamma'_r$  = berat satuan efektif dari zona dengan perkuatan;  $\delta$  = sudut gesekan ( $\frac{2}{3} \phi_r$ );  $\phi_r$  = sudut geser dari zona dengan perkuatan;  $\phi_r, c_r$  = sudut geser dan kohesi dari zona dengan perkuatan.

Penurunan pada zona dengan perkuatan dapat dihitung secara empiris berdasarkan tegangan vertikal, tekanan bersih fondasi, dan tebal zona perkuatan (Jie Han, 1996).

$$S_{rz} = \frac{p_n + \Delta \sigma_z}{2 \cdot E_r} h_r \quad (7)$$

Dimana,  $S_{rz}$  = Penurunan yang terjadi pada zona dengan perkuatan;  $p_n$  = Tekanan bersih dasar fondasi;  $\Delta \sigma_z$  = Tegangan vertikal tambahan pada bagian bawah zona dengan perkuatan;  $E_r$  = modulus elastisitas tanah dengan perkuatan (kN/m<sup>2</sup>);  $h_r$  = tebal zona lapisan dengan perkuatan (m).

### 3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan melalui studi literatur yakni mempelajari fondasi telapak, penyelidikan tanah, daya dukung fondasi tanpa perkuatan dan daya dukung fondasi dengan perkuatan geogrid. Tahap analisis diawali dengan pengumpulan data yakni data sekunder berupa data tanah hasil uji CPT/sondir dan data denah konstruksi. Data tanah yang ada kemudian dikorelasikan untuk mendapatkan jenis tanah dan parameter tanah yang nantinya akan digunakan dalam analisis daya dukung fondasi serta penurunan fondasi dengan perkuatan. Analisis daya dukung fondasi dengan perkuatan yang dilakukan adalah daya dukung berdasarkan mode kegagalan yang dikutip dari Jie Han (1996). Analisis penurunan fondasi dangkal dengan

perkuatan geogrid menggunakan metode empiris (Jie Han, 1996) serta menggunakan analisis numerik dengan bantuan *software* PLAXIS 2D. Berikut lokasi penelitian yang dilakukan berlokasi Pastori GMIM Betlehem Tataaran II yang berada di Kelurahan Tataaran II, Kecamatan Tondano Selatan, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian  
(Sumber: Google Earth 1°17'11"N 124°52'51"E)

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1. Korelasi Data Sondir

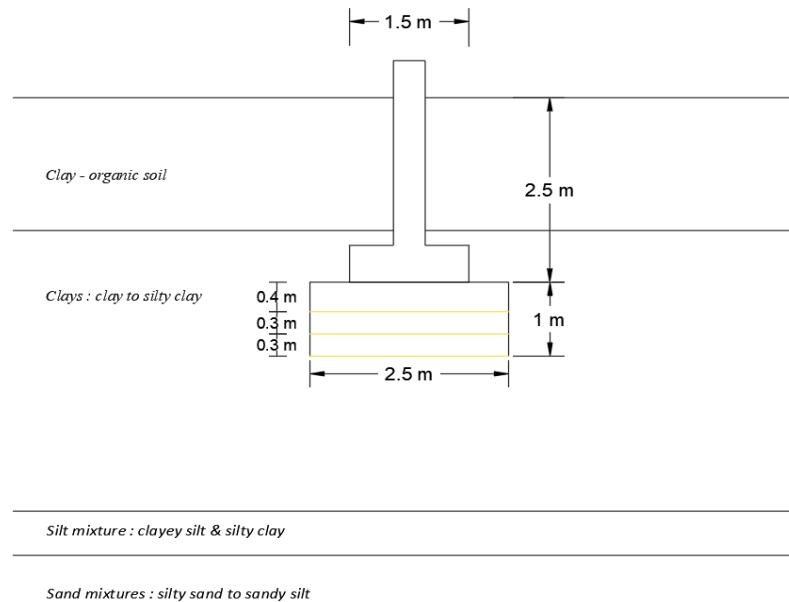
Hasil uji CPT/sondir digunakan untuk mendapatkan parameter tanah melalui korelasi yang akan digunakan dalam analisis selanjutnya.

**Tabel 1.** Hasil Korelasi Data Sondir dan Parameter Tanah

tebal Lapisan (m)	Soile Type	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	Cu (kPa)	c' (kPa)	$\phi$ °	E (kPa)	E Mpa
1.80	Clay - organic soil	16.3	8.91	0.89	24.72	588.42	0.59
3.60	Clays : clay to silty clay	17.6	43.10	4.31	28.87	2787.25	2.79
0.60	Silt mixture : clayey silt & silty clay	18.0	92.7	9.27	31.4	5884.2	5.9
1.40	Sand mixtures : silty sand to sandy silt	18.6	295.9	29.59	35.5	18143.0	18.1

#### 4.2. Perhitungan Daya Dukung Fondasi Dangkal dengan Perkuatan Geogrid

Fondasi dangkal yang dianalisis adalah fondasi telapak dengan dimensi fondasi yang digunakan adalah fondasi dengan kedalaman 2.5 m, lebar fondasi adalah 1.5 m, dan panjang fondasi adalah 1.5 m. Dimensi area perkuatan geogrid, yaitu tebal tanah yang menggunakan perkuatan sebesar 1 m, panjang dan lebar area perkuatan adalah 2.5 m, jarak antar lapisan geogrid 0.3 m, jarak antara lapisan pertama geogrid dengan dasar fondasi adalah 0.4 m, Lapisan geogrid yang dianalisis berjumlah 3 lapisan. Material geogrid yang digunakan adalah geogrid biaxial dari katalog TerraGrid dengan kuat tarik 400 kN dan 1000 kN.



**Gambar 2.** Permodelan Fondasi Dangkal dengan Perkuatan Geogrid

Berdasarkan hasil analisis daya dukung fondasi dengan perkuatan geogrid, jenis geogrid dengan kuat tarik 400 kN/m tidak menimbulkan kegagalan dangkal karena jarak lapisan pertama geogrid dengan dasar fondasi tidak lebih dari 2/3 lebar fondasi. Daya dukung terhadap kegagalan antar lapisan geogrid adalah 2667.95 kN/m<sup>2</sup>, daya dukung terhadap kegagalan umum pada zona perkuatan adalah 1833.58 kN/m<sup>2</sup>, Daya dukung terhadap kegagalan fondasi terdistribusi adalah 1383.92 kN/m<sup>2</sup>, daya dukung terhadap kegagalan pelubangan melalui zona dengan perkuatan adalah 1456.58 kN/m<sup>2</sup>, dan daya dukung terhadap kegagalan pada zona dengan perkuatan adalah 3567.61 kN/m<sup>2</sup>.

**Tabel 2.** Daya Dukung Fondasi dengan Perkuatan Geogrid : Kuat Tarik 1000 kN/m

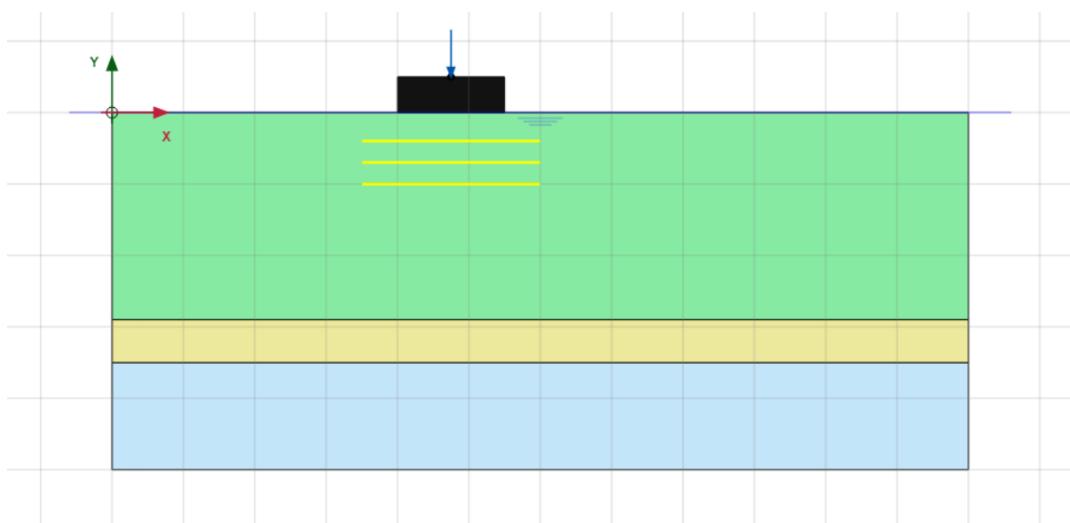
Daya Dukung	Pn kN/m <sup>2</sup>	qult, r kN/m <sup>2</sup>
Daya Dukung terhadap Kegagalan Dangkal		-
Daya Dukung terhadap Kegagalan antar lapisan Geogrid		2675.13
Daya Dukung terhadap Kegagalan Umum di dalam Zona Perkuatan		1838.80
Daya Dukung terhadap Kegagalan Fondasi Terdistribusi	144.25	1383.92
Daya Dukung terhadap Kegagalan Pelubangan melalui Zona dengan Perkuatan		1456.58
Daya Dukung terhadap Kegagalan pada pada Zona dengan Perkuatan		3567.61

#### 4.3. Perhitungan Penurunan Fondasi Dangkal dengan Perkuatan Geogrid

Penurunan fondasi dengan perkuatan geogrid (kuat tarik 400 kN) berdasarkan metode empiris adalah 13 mm dan berdasarkan metode numerik (PLAXIS 2D) sebesar 69 mm. Penurunan di bawah zona dengan perkuatan geogrid sebesar 18 mm (metode empiris) dan menggunakan metode numerik (PLAXIS 2D) sebesar 20 mm.

**Tabel 3.** Penurunan Fondasi dengan Perkuatan Geogrid (Metode Empiris)

J kN/m	Eu kN/m <sup>2</sup>	hr m	MIF	Pn kN/m <sup>2</sup>	Er1 kN/m <sup>2</sup>	Sr <sub>z</sub>	
						m	mm
40	2787.25	1	1.27267	144.25	3547.253	0.038405	38.40503
60			1.409005		3927.253	0.034689	34.68896
80			1.54534		4307.253	0.031629	31.62859
100			1.681675		4687.253	0.029064	29.06443
150			2.022512		5637.253	0.024166	24.16644
200			2.36335		6587.253	0.020681	20.68121
300			3.045025		8487.253	0.016051	16.0514
400			3.726699		10387.25	0.013115	13.11534
600			5.090049		14187.25	0.009602	9.602446
700			5.771724		16087.25	0.008468	8.46834
800			6.453399		17987.25	0.007574	7.573826
1000			7.816748		21787.25	0.006253	6.252846
1200			9.180098		25587.25	0.005324	5.324226

**Gambar 3.** Pemodelan Fondasi dengan Perkuatan Geogrid menggunakan PLAXIS 2D

Fase analisis yang digunakan dalam pemodelan PLAXIS 2D adalah: 1) Fase Awal; 2) Fase pemodelan geogrid; 3) Fase pemodelan fondasi dangkal; 4) Fase pembebahan struktur; 5) Fase faktor keamanan.

Beda penurunan yang terjadi pada fondasi dengan perkuatan geogrid terhadap 40 titik pengamatan (Gambar 4) adalah seluruhnya memenuhi persyaratan batas penurunan izin ( $L/300$ ) berdasarkan SNI 8460-2017.

Grafik hubungan penurunan terhadap pembebahan (Gambar 5) dibuat berdasarkan hasil analisis menggunakan PLAXIS 2D, menunjukkan adanya perbedaan penurunan yang terjadi terhadap fondasi dengan dan tanpa menggunakan perkuatan geogrid. Penurunan maksimum yang terjadi pada fondasi dengan perkuatan geogrid (kuat tarik 400 kN/m) adalah 69.17 mm (7 cm). Sedangkan penurunan pada fondasi tanpa perkuatan adalah 177 mm (18 cm). Hal tersebut menunjukkan efektivitas geogrid dalam meningkatkan daya dukung dan mengurangi deformasi tanah.

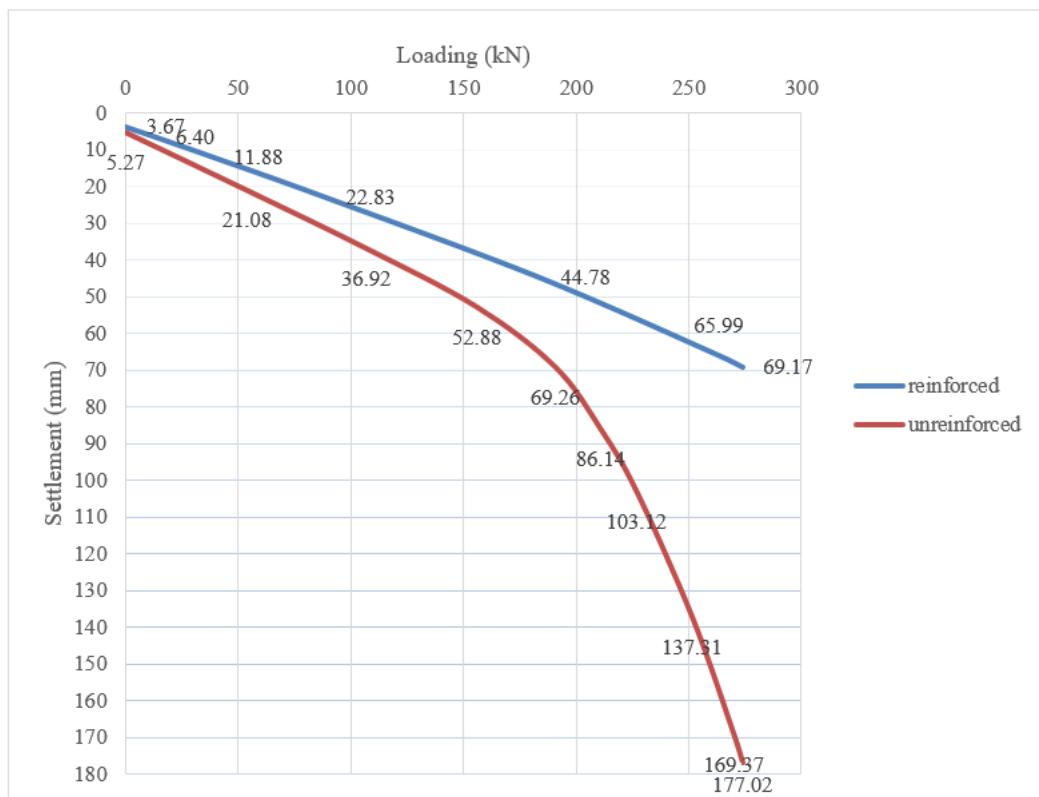
## Kesimpulan

Hasil analisis daya dukung fondasi dengan perkuatan geogrid menyimpulkan bahwa perkuatan tersebut dapat meningkatkan daya dukung fondasi dan meminimalisir terjadinya penurunan pada gedung Pastori GMIM Betlehem Tataaran II. Hasil analisis daya dukung dan penurunan fondasi dangkal dengan perkuatan geogrid yakni daya dukung terhadap kegagalan dangkal tidak terjadi; daya dukung terhadap kegagalan antar lapisan geogrid kadalah 2667.95 kN/m<sup>2</sup>; daya dukung terhadap kegagalan umum pada zona perkuatan adalah 1833.58 kN/m<sup>2</sup>; daya dukung terhadap kegagalan fondasi terdistribusi adalah 1383.92 kN/m<sup>2</sup>; daya dukung

terhadap kegagalan pelubangan melalui zona dengan perkuatan adalah 1456.58 kN/m<sup>2</sup>; dan daya dukung terhadap kegagalan pada zona dengan perkuatan 3567.61 kN/m<sup>2</sup>. Perhitungan penurunan fondasi dangkal dengan perkuatan geogrid adalah 13 mm (metode empiris) dan 69 mm (metode numerik melalui PLAXIS 2D).

L =	4	m	*Penurunan dalam mm
L =	2	m	
L =	3	m	
5.848757	L/300	6.666666667	Differential 3.600762116
	Kontrol	OKE	
9.4495188	L/300	10	Differential 0.545105
	Kontrol	OKE	
9.994624	L/300	10	Differential 0.186685
	Kontrol	OKE	
10.18131	L/300	10	Differential 1.104352
	Kontrol	OKE	
10.7421034	L/300	10	Differential 2.760274
	Kontrol	OKE	
6.129593	L/300	6.666666667	Differential 5.824013509
	Kontrol	OKE	
11.953606	L/300	13.33333	Differential 0.570158
	Kontrol	OKE	
11.38345	L/300	10	Differential 1.388825
	Kontrol	OKE	
11.28566	L/300	10	Differential 0.097788
	Kontrol	OKE	
11.25041	L/300	13.33333	Differential 1.064752
	Kontrol	OKE	
11.38587	L/300	13.33333	Differential 0.934234
	Kontrol	OKE	
10.35143	L/300	13.33333	Differential 1.034446
	Kontrol	OKE	
6.69571	L/300	6.666666667	Differential 6.419628295
	Kontrol	OKE	
13.11538	L/300	13.33333	Differential 1.617132
	Kontrol	OKE	
12.53669	L/300	13.33333	Differential 0.578643
	Kontrol	OKE	
11.54831	L/300	13.33333	Differential 0.988381
	Kontrol	OKE	
12.59448	L/300	13.33333	Differential 0.244065
	Kontrol	OKE	
10.55589	L/300	13.33333	Differential 2.038587
	Kontrol	OKE	
7.925327	L/300	6.666666667	Differential 3.739765838
	Kontrol	OKE	
11.665093	L/300	6.6666667	Differential 1.450245
	Kontrol	OKE	
8.833296	L/300	13.33333	Differential 0.116779
	Kontrol	OKE	
9.907746	L/300	13.33333	Differential 6.666667
	Kontrol	OKE	
6.432739	L/300	13.33333	Differential 4.073132
	Kontrol	OKE	
4.718947	L/300	6.666666667	Differential 2.770780589
	Kontrol	OKE	
7.489728	L/300	6.666666667	Differential 0
	Kontrol	OKE	
8.907746	L/300	13.33333	Differential 1.07445
	Kontrol	OKE	
177.02	L/300	13.33333	Differential 3.424987
	Kontrol	OKE	
69.17	L/300	13.33333	Differential 3.424987
	Kontrol	OKE	
52.27	L/300	6.666666667	Differential 2.770780589
	Kontrol	OKE	
3.67	L/300	6.666666667	Differential 0
	Kontrol	OKE	
11.88	L/300	10	Differential 21.08
	Kontrol	OKE	
22.83	L/300	10	Differential 36.92
	Kontrol	OKE	
44.78	L/300	10	Differential 52.88
	Kontrol	OKE	
65.99	L/300	10	Differential 69.26
	Kontrol	OKE	
69.17	L/300	10	Differential 86.14
	Kontrol	OKE	
103.12	L/300	10	Differential 103.12
	Kontrol	OKE	
137.31	L/300	10	Differential 137.31
	Kontrol	OKE	
169.37	L/300	10	Differential 169.37
	Kontrol	OKE	
177.02	L/300	10	Differential 177.02
	Kontrol	OKE	

Gambar 4. Diferensial Settlement Geogrid dengan Kuat Tarik 400 kN/m



Gambar 5. Kurva Hubungan Penurunan terhadap Pembebanan pada Fondasi dengan Perkuatan dan Tanpa Perkuatan

## Referensi

- Aisah, E., & Dhiniati, F. (2023). Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal dengan Teori Terzaghi dan Mayerhof. *Konstruksia*, 15(1), 127-136.
- ASTM International. (2004). ASTM D424-04: Standard test method for plastic limit and liquid limit of soils. ASTM International.
- Bowles, J. E. (1996). Foundation analysis and design (5th ed.). McGraw-Hill.
- Braja M. Das. 1941. Shallow Foundations Bearing Capacity and Settlement Third Edition. Taylor & Francis Group, LLC.
- Braja M. Das. 1995. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid 1. PENERBIT ERLANGGA.
- Coduto, D. P. (2001). Geotechnical engineering: Principles and practices. Prentice Hall.
- Coduto, D. P. (2014). Foundation design: principles and practices. Pearson Education Limited.
- Coduto, D. P., Yeung, M. C. R., & Kitch, W. A. (2011). Geotechnical engineering: principles and practices. Pearson Education.
- Das, B. M. (2010). Principles of geotechnical engineering (7th ed.). Cengage Learning.
- Geri, G. (2023). STUDI PENGARUH DAYA DUKUNG FONDASI TELAPAK DI ATAS TANAH LEMPUNG LUNAK YANG DIPERKUAT MENGGUNAKAN GEOGRID (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).
- Jie Han. 1964. Principles and Practices of Ground Improvement. Canada : John Wiley & Sons, Inc.
- Joseph E. Bowles, RE., S.E. 1997. FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN Fifth Edition. Singapore: The McGraw-Hill Companies.
- Kalendesang, N. C., Ticoh, J. H., & Legrans, R. R. (2022). Analisis Penurunan Fondasi Dangkal Menggunakan Program Settle3D (Studi Kasus: SMA Eben Haezar Manado). *TEKNO*, 20(82), 459-469.
- Koerner, R. M. (2005). Designing with geosynthetics (Vol. 796). Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Prentice Hall.
- Meyerhof, G. G. (1951). The ultimate bearing capacity of foundations. *Geotechnique*
- Muka, I. W., Indriani, M. N., & Wintara, I. P. O. (2021). Analisis Daya Dukung Tanah Pada Perencanaan Proyek Gedung Dengan Metode Terzaghi, Meyerhof, Hansen Dan Vesic. *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*.
- Robertson, P. K. (2010). Soil classification using the cone penetration test. *Canadian Geotechnical Journal*
- Saride, S., Baadiga, R., Balunaini, U., & Madhira, M. R. (2022). Modulus improvement factor-based design coefficients for geogrid-and geocell-reinforced bases. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*, 148(3), 04022037.
- Terzaghi, K. (1943). Theoretical soil mechanics. John Wiley & Sons.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., Mesri, G. (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice. India: Wiley.
- Tomlinson, M. J., & Boorman, R. (2001). Foundation design and construction (7th ed.). Prentice Hall.
- Yullianty Noorlaelasari, ST.,MT. 2010. MODUL AJAR PONDASI DANGKAL (Pondasi Menerus, Pondasi Setempat & Pondasi Rakit/Pelat)