

## STUDI ANALISIS DAYA DUKUNG FONDASI DANGKAL PADA LERENG GALIAN

Dika Warmana Yuda<sup>1</sup> dan Andryan Suhendra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia  
*dika.warmana88@gmail.com*

<sup>2</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia  
*andryansuhendra@yahoo.com*

Masuk: 26-06-2024, revisi: 09-07-2024, diterima untuk diterbitkan: 19-09-2024

### ABSTRACT

*This study aims to analyze the bearing capacity of shallow foundations on excavation slopes using computer programs with numerical analysis methods and manual calculations using the Meyerhof method to calculate bearing capacity. Numerical analysis methods are used to model the complex interactions between shallow foundations and the surrounding soil, allowing for the simulation of various field conditions and soil parameters to provide an accurate depiction of the behavior of shallow foundations. The numerical analysis results indicate that the steeper the slope, the lower the bearing capacity of the foundation due to the reduced stability of the supporting soil. Conversely, if the distance of the foundation from the slope increases, the bearing capacity increases as the influence of the slope on the foundation's stability diminishes. Manual calculation results, compared with those obtained using computer programs, show that both methods yield similar results, indicating that manual methods can still be reliable for initial estimations. The conclusion of this study emphasizes the importance of considering slope factors and the distance of the foundation from the slope in the planning and design of shallow foundations in excavation slope areas to ensure adequate stability and bearing capacity for building construction.*

*Keywords: Shallow foundation; slope; bearing capacity; deformation; safety factor*

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya dukung fondasi dangkal pada lereng galian menggunakan program komputer dengan metode analisis numerik dan perhitungan manual menggunakan metode meyerhof untuk menghitung daya dukung. Metode analisis numerik digunakan untuk memodelkan interaksi kompleks antara fondasi dangkal dan tanah di sekitarnya, memungkinkan simulasi berbagai kondisi lapangan dan parameter tanah sehingga memberikan gambaran akurat mengenai perilaku fondasi dangkal. Hasil analisis numerik menunjukkan bahwa semakin curam kemiringan lereng, daya dukung fondasi semakin kecil karena penurunan stabilitas tanah yang mendukung fondasi. Sebaliknya, jika jarak fondasi dari lereng semakin jauh, daya dukungnya semakin besar karena pengaruh lereng terhadap stabilitas fondasi berkurang. Hasil perhitungan manual sebagai perbandingan dengan hasil perhitungan menggunakan program komputer menunjukkan bahwa kedua metode tersebut tidak jauh berbeda, menunjukkan bahwa metode manual masih dapat diandalkan untuk estimasi awal. Kesimpulan penelitian ini menekankan pentingnya mempertimbangkan faktor lereng dan jarak fondasi dari lereng dalam perencanaan dan desain fondasi dangkal di area lereng galian untuk memastikan kestabilan dan daya dukung yang memadai bagi konstruksi bangunan.

Kata kunci: Fondasi dangkal; lereng; daya dukung; deformasi; faktor keamanan

### 1. PENDAHULUAN

Dalam konstruksi, fondasi dangkal adalah jenis fondasi yang paling umum digunakan. Fondasi ini diletakkan pada kedalaman yang relatif rendah di bawah permukaan tanah dan biasanya digunakan untuk menahan beban struktural bangunan di atasnya. Secara umum fondasi dibagi menjadi dua kategori yaitu, fondasi dangkal (*shallow foundation*) dan fondasi dalam (*deep foundation*).

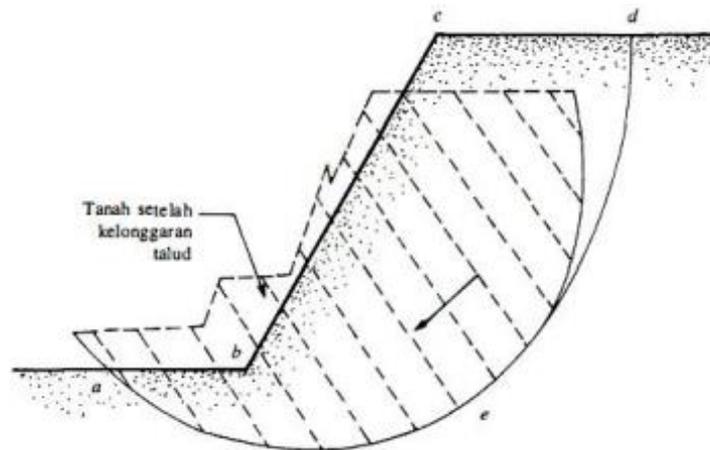
Namun seringkali ditemukan kondisi fondasi dangkal harus diletakkan pada sisi atas lereng dan atau terjadi pekerjaan galian yang menyebabkan fondasi tersebut berada pada sisi atas lereng. Hal tersebut dapat mempengaruhi daya dukung fondasi dangkal tersebut. Berdasarkan studi literatur yang ada, kemiringan lereng dan jarak fondasi dari sumber beban adalah sejumlah besar variabel yang akan mempengaruhi daya dukung fondasi dangkal. Salah satu karakteristik geoteknik yang dapat mempengaruhi daya dukung fondasi dangkal adalah kemiringan lereng. Lereng yang curam meningkatkan risiko pergerakan tanah, yang dapat berdampak pada kinerja fondasi. Namun, jarak fondasi dari sumber

beban sangat mempengaruhi distribusi beban pada fondasi. Jarak yang tidak tepat dapat menyebabkan distribusi beban yang tidak merata, yang dapat mengurangi daya dukung fondasi (Antonius & Susilo, 2020).

Studi mengenai pengaruh kemiringan lereng dan jarak Fondasi terhadap daya dukung fondasi dangkal menjadi penting untuk memahami perilaku geoteknik-sistem fondasi dan menerapkan prinsip-prinsip desain yang tepat. Meskipun banyak penelitian telah dilakukan dalam hal ini, namun masih terdapat kebutuhan untuk melakukan penelitian lebih lanjut, terutama dalam konteks kondisi geologi dan topografi yang berbeda. Studi mengenai pengaruh kemiringan lereng dan jarak Fondasi terhadap daya dukung fondasi dangkal menjadi penting untuk memahami perilaku geoteknik sistem fondasi dan menerapkan prinsip-prinsip desain yang tepat. Meskipun banyak penelitian telah dilakukan dalam hal ini, namun masih terdapat kebutuhan untuk melakukan penelitian lebih lanjut, terutama dalam konteks kondisi geologi dan topografi yang berbeda.

## Lereng

Lereng adalah permukaan tanah yang miring dengan sudut tertentu terhadap bidang horizontal dan tidak dilindungi. Lereng dapat terjadi secara alamiah atau dibentuk oleh manusia dengan tujuan tertentu (Hidayah & Gratia, 2007). Jika dua permukaan tanah memiliki ketinggian yang berbeda, bagian berat tanah yang sejajar dengan kemiringan lereng akan menyebabkan tanah bergerak ke arah bawah yang ditunjukkan pada Gambar 1. Kelongsoran lereng dapat terjadi jika komponen berat tanah tersebut cukup besar, dalam hal ini tanah dalam zona  $a b c d e a$  dapat menggelincir kebawah. Dengan kata lain, gaya dorong melampaui gaya berlawanan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor.



Gambar 1. Kelongsoran lereng (Zuidam, 1985)

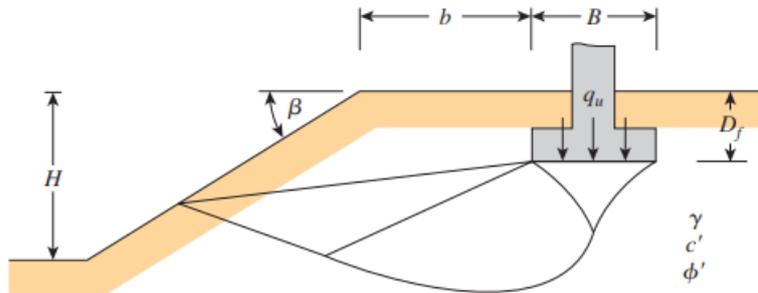
## Fondasi dangkal

Secara umum fungsi fondasi adalah untuk meneruskan gaya yang diterimanya ke tanah dasar fondasi (Caecario & Suhendra, 2019). Fondasi dangkal umumnya didesain agar beban dari struktur atas dapat dipindahkan dengan aman ke tanah di bawahnya dengan cara yang memastikan kriteria penurunan yang ditetapkan oleh konstruksi terpenuhi. Desain dari kategori struktur ini, yang banyak digunakan dalam bangunan, dinding penahan, pembangkit listrik, jembatan, menara antenna, dan silo, perlu tidak hanya aman tetapi juga ekonomis. Desain fondasi dangkal dalam rekayasa geoteknik berfokus pada evaluasi kapasitas dukung atau *bearing capacity* menurut rumusan teori plastisitas atau uji lapangan, dan estimasi kapasitas dukung umumnya dihitung dengan pasti, sehingga tidak memungkinkan untuk mengevaluasi probabilitas memperoleh kapasitas dukung yang akurat (Viviescas et al., 2020). Pada umumnya fondasi dangkal terbuat dari beton bertulang dan terletak di atas batuan atau lapisan tanah yang mempunyai daya dukung yang cukup pada kedalaman yang dangkal dari permukaan tanah (SNI 8460, 2017). Contoh dari jenis fondasi dangkal adalah fondasi telapak (*spread footing*), fondasi rakit (*raft footing*), dan fondasi memanjang (*continuous footing*).

## Daya dukung fondasi di tepi lereng

Ketika fondasi ditempatkan di tepi lereng, ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan salah satunya adalah daya dukung fondasi. Fondasi harus dirancang untuk menahan beban vertikal dari struktur di atasnya serta menahan gaya lateral yang mungkin disebabkan oleh lereng. Berdasarkan Das (2011), fondasi dangkal perlu dibangun di atas lereng. Pada Gambar 2, tinggi lereng adalah  $H$ , dan lereng membentuk sudut  $\beta$  dengan horizontal. Tepi fondasi terletak pada jarak  $B$  dari bagian atas lereng. metode Meyerhof memberikan cara yang komprehensif dan akurat untuk menghitung

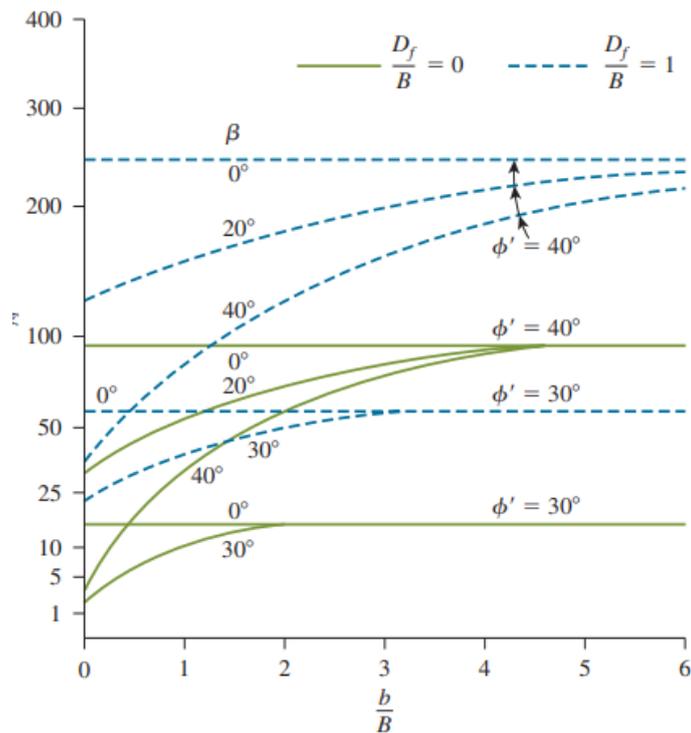
daya dukung fondasi dangkal di atas lereng, memastikan bahwa desain fondasi aman dan efektif dalam kondisi yang beragam. Meyerhof (1957) mengembangkan hubungan teoritis untuk kapasitas dukung *ultimate* dalam fondasi menerus (Persamaan 1 dan Gambar 3-4).



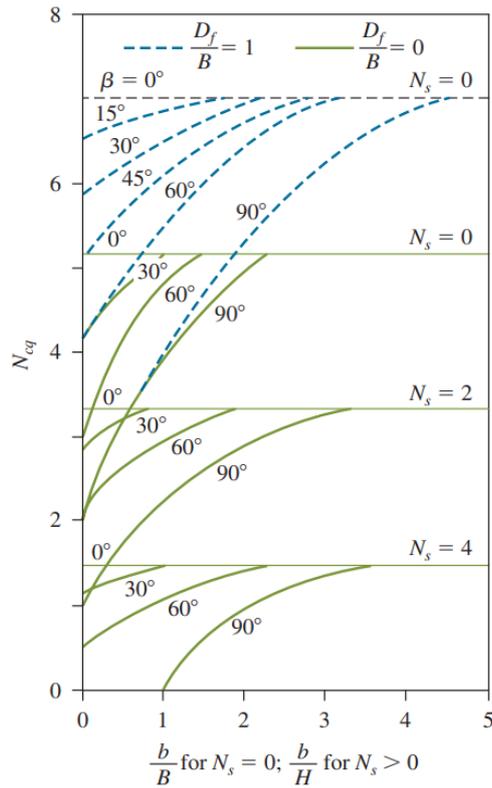
Gambar 2. Fondasi dangkal di atas lereng (Das, 2018)

$$q_u = c' N_{cq} + \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma q} \tag{1}$$

dengan  $q_u$  = kapasitas dukung maksimum,  $N_{cq}$  = faktor kapasitas dukung untuk kohesi efektif,  $N_{\gamma q}$  = faktor kapasitas dukung untuk berat volume tanah,  $B$  = lebar fondasi,  $c'$  = kohesi, dan  $\gamma$  = berat volume tanah.



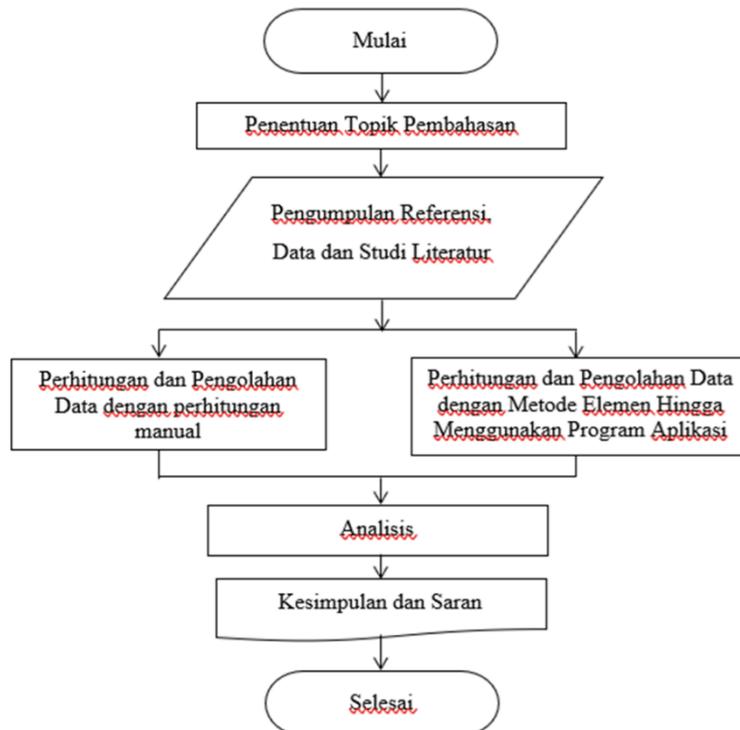
Gambar 3. Faktor daya dukung Meyerhof  $N_{\gamma q}$  untuk tanah granular (Das, 2018)



Gambar 4. Faktor daya dukung Meyerhof  $N_{cq}$  (Das, 2018)

## 2. METODE PENELITIAN

Analisis pengaruh kemiringan lereng dan jarak fondasi terhadap daya dukung fondasi dengan menggunakan metode elemen hingga dan perhitungan manual. Secara garis besar, proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

Parameter tanah pada perhitungan ini menggunakan tanah berjenis lempung berpasir dan lanau berkonsistensi medium dengan nilai N-SPT 5 dan 60. Data tanah yang digunakan merupakan nilai tipikal parameter tanah. Data parameter tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter tanah

Tipe Tanah	Konsistensi	N-SPT (Pukulan/cm)	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	E (kN/m <sup>2</sup> )	C (kN/m <sup>2</sup> )	v
Lempung Sedikit Pasir	Kekakuan Sedang	5	16,4	33	7003	10	0,30
Lanau	Kekakuan Sedang	60	20	30	20200	25	0,35

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Daya dukung fondasi

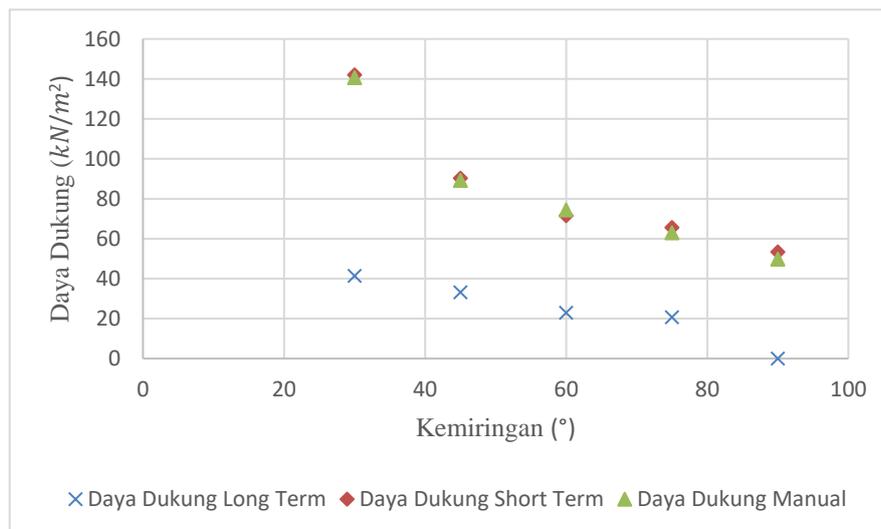
Perhitungan daya dukung dilakukan sebanyak 20 variasi kemiringan dan jarak fondasi. Perhitungan menggunakan rumus berdasarkan Das (2011). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan daya dukung manual (kN/m<sup>2</sup>)

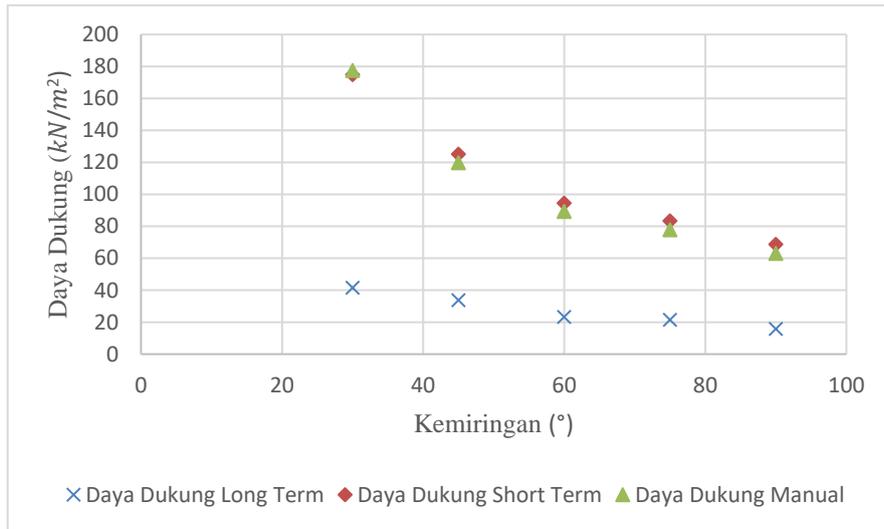
Kemiringan (°)	Jarak Pondasi (Meter)			
	0,5	1	1,5	2
30	140,7	177,5	206,4	246,7
45	89,2	119,7	142,3	161,7
60	74,4	89,2	134,1	144,0
75	62,9	77,8	89,2	130,9
90	49,8	63,0	71,2	85,8

#### Perbandingan daya dukung fondasi

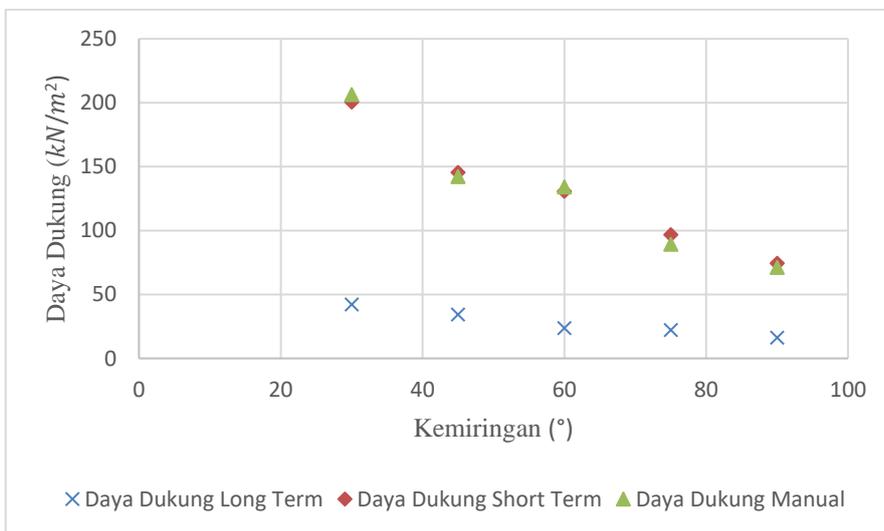
Daya dukung fondasi dihitung dengan menggunakan 20 variasi kemiringan dan jarak fondasi. Perbandingan daya dukung fondasi menggunakan metode perhitungan manual dan program aplikasi dengan metode elemen hingga (Gambar 6-9). Untuk daya dukung menggunakan program aplikasi, terdapat daya dukung *short term* dan *long term*. Hasil perbandingan dari 2 metode memberikan hasil yang hampir sesuai, tetapi hasil *short term* mempunyai perbedaan yang berbeda di antara yang lainnya. Pada kemiringan 90° dengan jarak 0,5 meter, saat kondisi *long term*, tanah mengalami kegagalan akibat menahan beban.



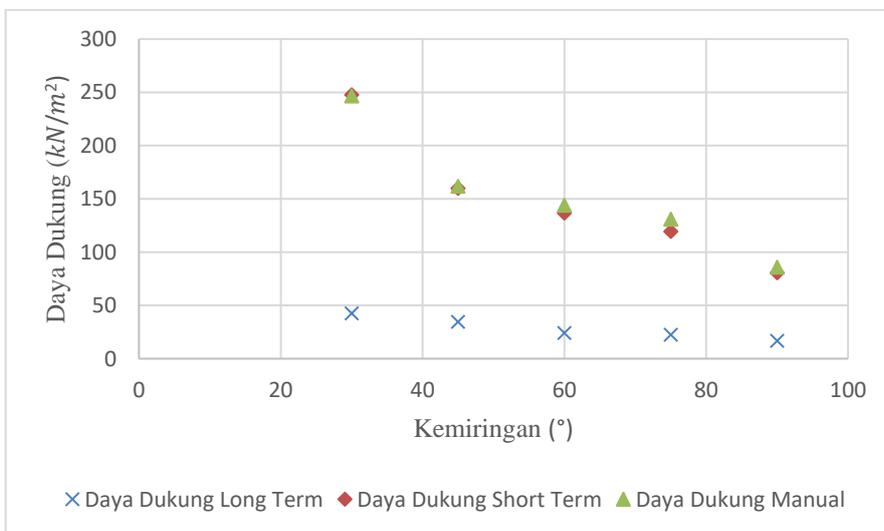
Gambar 6. Perbandingan perhitungan daya dukung manual dan program komputer pada jarak 0,5 meter



Gambar 7. Perbandingan perhitungan daya dukung manual dan program komputer pada jarak 1 meter



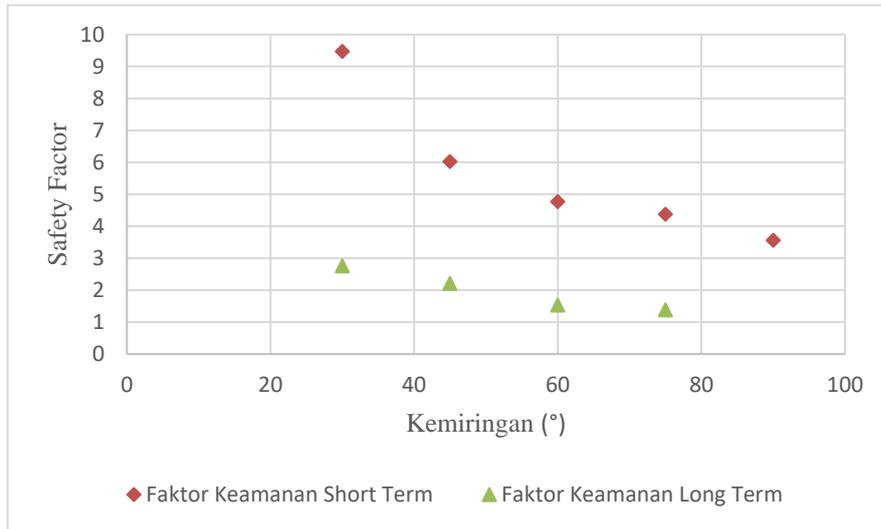
Gambar 8. Perbandingan perhitungan daya dukung manual dan program komputer pada jarak 1,5 meter



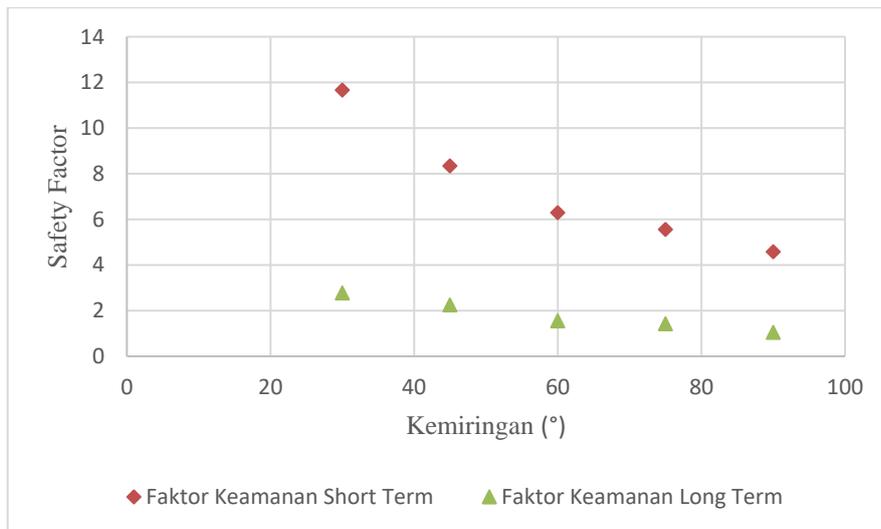
Gambar 9. Perbandingan perhitungan daya dukung manual dan program komputer pada jarak 2 meter

### Faktor keamanan

Berdasarkan hasil perhitungan, faktor keamanan untuk *short term* selalu lebih tinggi dibandingkan *long term* pada setiap tingkat kemiringan (Gambar 10-13). Selain itu, semakin besar kemiringannya, faktor keamanan cenderung menurun baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang. Hal ini menunjukkan bahwa kestabilan suatu lereng lebih baik pada kemiringan yang lebih rendah dan jangka pendek dibandingkan jangka panjang.



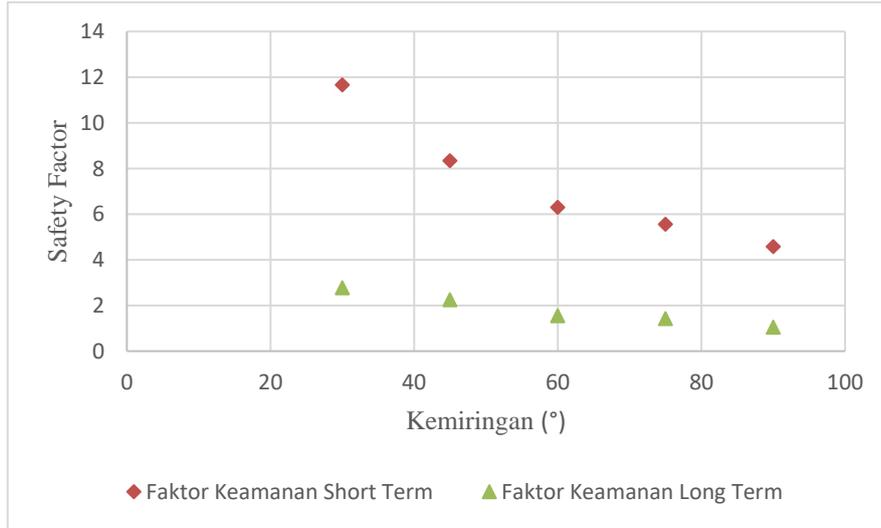
Gambar 10. Perbandingan faktor keamanan *short term* dan *long term* pada jarak 0,5 meter



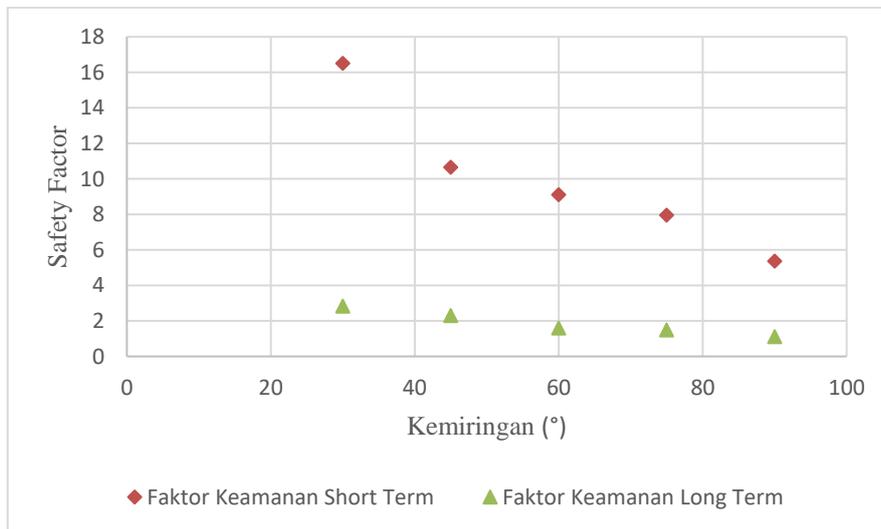
Gambar 11. Perbandingan faktor keamanan *short term* dan *long term* pada jarak 1 meter

### Deformasi pada fondasi

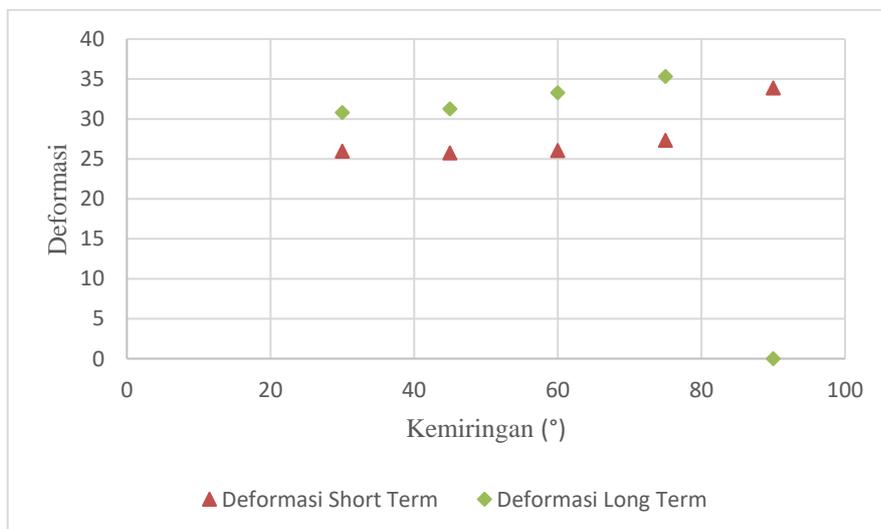
Gambar 14-17 menunjukkan bahwa deformasi cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kemiringan dan jarak. Deformasi jangka panjang selalu lebih besar daripada deformasi jangka pendek untuk setiap kemiringan yang ditampilkan. Namun, pada kemiringan 90 derajat dengan jarak 0,5 meter tanah mengalami kegagalan, yang berarti deformasi tidak bisa diukur dengan akurat karena tanah tidak dapat mempertahankan stabilitasnya pada sudut tersebut.



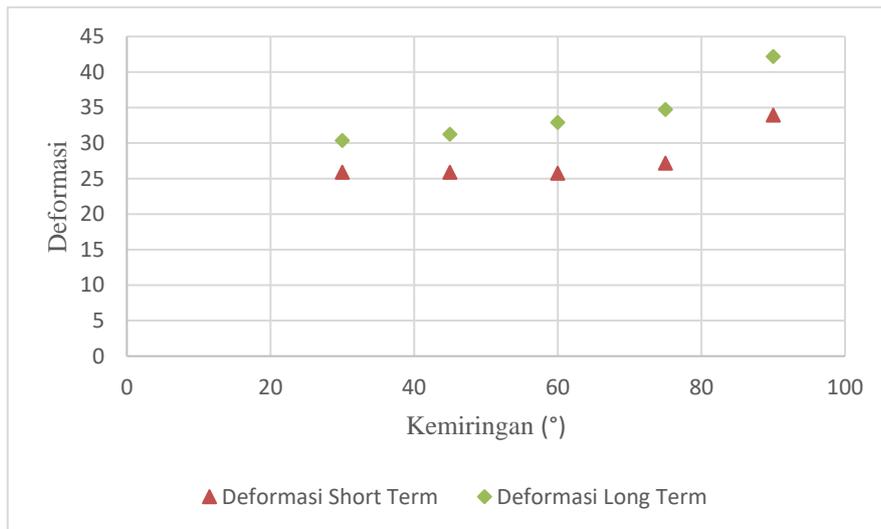
Gambar 12. Perbandingan faktor keamanan *short term* dan *long term* pada jarak 1,5 meter



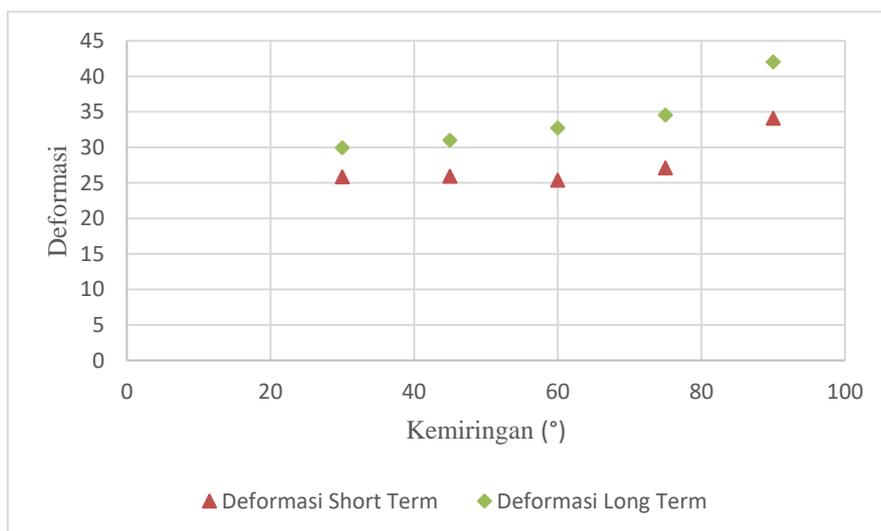
Gambar 13. Perbandingan faktor keamanan *short term* dan *long term* pada jarak 2 meter



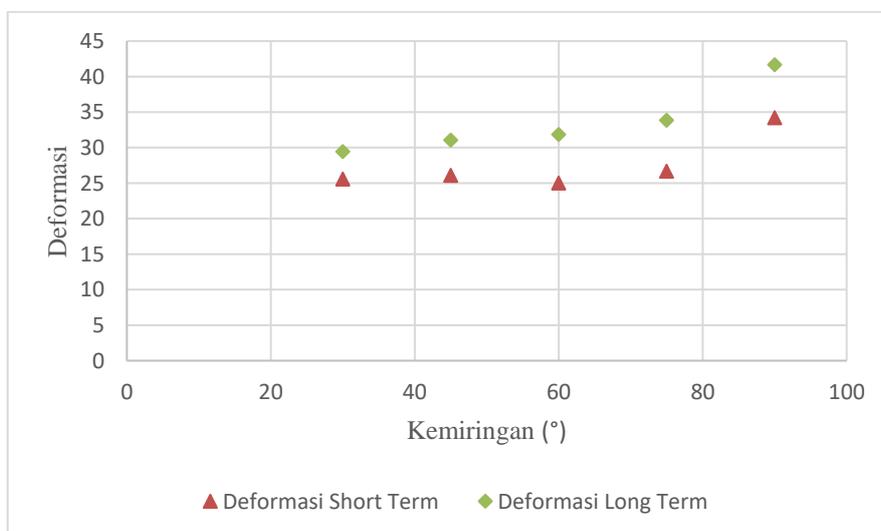
Gambar 14. Perbandingan deformasi pada jarak 0,5 meter



Gambar 15. Perbandingan deformasi pada jarak 1 meter



Gambar 16. Perbandingan deformasi pada jarak 1,5 meter



Gambar 17. Perbandingan deformasi pada jarak 2 meter

Analisis ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya kemiringan, stabilitas lereng menurun dan deformasi meningkat. Hal ini menyoroti pentingnya mempertimbangkan kedalaman dan kemiringan dalam analisis stabilitas lereng. Dengan demikian, dalam konteks analisis ini, kedalaman dan kemiringan menjadi faktor krusial yang harus dipertimbangkan secara seksama untuk memprediksi dan mengelola risiko stabilitas lereng dengan lebih efektif. Penekanan pada kedalaman dan kemiringan dalam analisis stabilitas lereng tidak hanya relevan tetapi juga mendesak, mengingat implikasi langsungnya terhadap penilaian dan mitigasi potensi bahaya yang mungkin terjadi.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

1. Menurut perhitungan manual dan menggunakan program komputer, posisi fondasi yang lebih jauh dari lereng meningkatkan stabilitas dan daya dukung tanah.
2. Analisis menggunakan program komputer menunjukkan bahwa fondasi yang lebih jauh dari lereng menghasilkan deformasi tanah yang lebih kecil, meningkatkan stabilitas secara keseluruhan.
3. Secara keseluruhan, baik perhitungan manual maupun program komputer menegaskan bahwa kemiringan lereng dan jarak fondasi dari lereng berpengaruh signifikan terhadap daya dukung tanah dan stabilitas. Fondasi yang ditempatkan lebih jauh dari lereng dan pada lereng yang tidak terlalu curam cenderung memberikan hasil yang lebih baik.
4. Analisis menggunakan dua metode menunjukkan hasil yang sedikit berbeda antara perhitungan manual dan program komputer, meskipun dengan selisih yang kecil.
5. Analisis menggunakan program komputer menunjukkan bahwa dalam *long term*, hasil daya dukung jauh lebih kecil dibandingkan dengan daya dukung dalam *short term*.
6. Pada saat kemiringan mencapai 90 derajat dan posisi fondasi berada pada kedalaman 0,5 meter, tanah long term mengalami kegagalan dalam jangka panjang akibat beban yang harus ditahannya. Hal ini disebabkan oleh ketidakmampuan tanah untuk menahan tekanan yang diberikan secara terus-menerus, sehingga menyebabkan keruntuhan struktural pada tanah tersebut.

##### Saran

1. Meskipun perhitungan daya dukung dapat diketahui menggunakan cara manual. Penulis menyarankan perhitungan daya dukung menggunakan metode elemen hingga pada program komputer, karena metode ini kita dapat menetapkan parameter dan jenis tanah secara akurat.
2. Pada penelitian berikutnya, disarankan untuk mengadopsi berbagai jenis fondasi, variasi tanah, serta kemiringan yang berbeda untuk analisis yang lebih komprehensif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Antonius, F., & Susilo, A. J. (2020). Analisis cara peningkatan daya dukung fondasi dangkal pada konstruksi gedung bertingkat. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(3), 897-910. <https://doi.org/10.24912/jmts.v3i3.8278>
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *Persyaratan perancangan geoteknik* (SNI 8460:2017).
- Caecario, R., & Suhendra, A. (2019). Analisis daya dukung fondasi enlarged base berdasarkan data N-SPT dengan program microsoft excel. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(2), 135-142. <https://doi.org/10.24912/jmts.v2i2.4302>
- Das, B. M., & Sivakugan, N. (2018). *Principles of foundation engineering*. Cengage Learning.
- Hidayah, S., & Gratia, Y. R. (2007). *Program analisis stabilitas lereng slope stability analysis program* [Skripsi, Diponegoro University]. <http://eprints.undip.ac.id/33864/>
- Viviescas, J. C., Mattos, Á. J., & Osorio, J. P. (2021). Uncertainty quantification in the bearing capacity estimation for shallow foundations in sandy soils. *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, 15(3), 182-195. <https://doi.org/10.1080/17499518.2020.1753782>