

Kehilangan Daya Dukung Tanah pada Lereng Galian Dalam Akibat Berkurangnya Dukungan Lateral

¹Muthia Azizah Putu Arga*, ²Ananda Aurellie Surya Putri, ³Pratikso,
⁴Rinda Karlinasari

¹²³⁴Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

*Corresponding Author:
muthiaazizah77@std.unissula.ac.id

Abstrak

Menjaga kestabilan tanah dalam pekerjaan galian pada suatu lereng sangat penting karena akan berpengaruh pada keselamatan dan keberhasilan suatu konstruksi. Semakin dalamnya galian dapat mengakibatkan berkurangnya dukungan lateral pada tanah yang menempatkan lereng galian dalam pada kondisi kritis. Selain kedalaman galian, kondisi kritis pada lereng galian dalam juga dapat dipengaruhi oleh jenis tanah dan ketinggian muka air tanah. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berkurangnya dukungan lateral terhadap daya dukung tanah. Pada penelitian ini dilakukan analisis kondisi kritis pada lereng galian dengan kedalaman 83 meter agar dapat diketahui kemungkinan terjadinya kelongsoran akibat hilangnya daya dukung tanah dengan bantuan program Plaxis 2D v20. Analisis yang dilakukan berupa perbandingan diagram mohr-coloumb pada dua titik pantau yang ditentukan berdasarkan incremental deviatoric strain dengan ketinggian muka air yang berbeda. Hasil dari analisa tersebut menunjukkan bahwa kondisi mendekati kritis lereng galian 83 meter dari titik pantau 1 permodelan dengan muka air rendah terletak pada galian dengan kedalaman 30 meter dan muka air tinggi terletak pada galian 83 meter, sedangkan untuk titik pantau 2 permodelan muka air rendah dan muka air tinggi kondisi mendekati kritis terjadi pada galian sedalam 75 meter. Selain itu ketinggian muka air tanah yang berbeda dan kondisi tanah yang merupakan tanah yang mudah mengalami pelapukan juga mempengaruhi berkurangnya dukungan lateral pada lereng galian dalam.

Kata Kunci : Lereng; Daya Dukung Tanah; Dukungan Lateral.

Abstract

Maintaining soil stability in excavation work on a slope is very important because it will affect the safety and success of a construction. Deeper excavations can result in reduced lateral support on the soil that puts deep excavation slopes at critical conditions. In addition to the depth of the excavation, the critical condition on the slope of the deep excavation can also be affected by the type of soil and the height of the groundwater table. This study aims to determine the effect of reduced lateral support on soil carrying capacity. In this study, an analysis of critical conditions was carried out on the excavation slope with a depth of 83 meters so that the possibility of landslides

due to the loss of soil carrying capacity with the help of the Plaxis 2D v20 program could be determined. The analysis was carried out in the form of a comparison of mohr-coloumb diagrams at two monitoring points determined based on incremental deviatoric strains with different water table heights. The results of the analysis showed that the condition was close to critical on the slope of the excavation of 83 meters from the monitoring point 1 of the modeling with a low water level located in the excavation with a depth of 30 meters and the high water level was located in the excavation of 83 meters, while for the monitoring point 2 modeling of low water level and high water level the condition was close to critical in the excavation at a depth of 75 meters. In addition, different groundwater table heights and soil conditions that are soils that are susceptible to weathering also affect the reduction of lateral support on deep excavation slopes.

Keywords: *Slope; Soil Bearing Capacity; Lateral Support.*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Menjaga keseimbangan dan kestabilan tanah dalam pekerjaan konstruksi merupakan hal yang penting karena dapat berpengaruh terhadap keselamatan dan keberhasilan suatu konstruksi.

Menurut Afriani (2021), kelongsoran pada lereng terjadi dikarenakan adanya faktor yang mempengaruhi pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser pada tanah. Hilangnya kuat geser dapat terjadi dikarenakan berkurangnya daya dukung lateral yang diakibatkan oleh proses penggalian tanah. Semakin dalam suatu galian tanah, maka tegangan geser yang diberikan pada tanah juga akan semakin besar, hal tersebut yang dapat mengakibatkan tanah kehilangan keseimbangan dan menyebabkan kondisi kritis.

Berdasarkan hal diatas maka dilakukan penelitian terhadap kegagalan daya dukung tanah akibat kehilangan dukungan lateral, dianalisis menggunakan aplikasi *Plaxis 2D V20* dengan menggunakan parameter tanah yang penulis peroleh dari penelitian terdahulu pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Cisumdawu yang berlokasi di Desa Bojongsitor.

Rumusan Masalah

1. Menganalisis pengaruh berkurangnya dukungan lateral terhadap daya dukung tanah pada lereng galian dalam.
2. Menganalisis nilai perbandingan tegangan maksimum terhadap garis *failure* tanah pada dua titik pantau dengan ketinggian muka air tanah yang berbeda akibat berkurangnya dukungan lateral menggunakan aplikasi *Plaxis 2D V20*.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh berkurangnya dukungan lateral terhadap daya dukung tanah pada lereng galian dalam.
2. Mengetahui nilai perbandingan tegangan maksimum terhadap garis *failure* tanah pada dua titik pantau dengan ketinggian muka air yang berbeda akibat berkurangnya dukungan lateral menggunakan aplikasi *Plaxis 2D V20*.

Batasan Penelitian

1. Data tanah utama yang digunakan adalah data tanah yang diperoleh dari penelitian terdahulu oleh Delaneira Princess Seourin (2023) yang berjudul “Mekanisme Longsor Galian Dalam pada Tanah Vulkanik”.
2. Menggunakan dua permodelan dengan ketinggian muka air tanah ± 2 meter dari permukaan tanah atau pada tanah *weathered tuff* dan ± 30 meter dari permukaan tanah atau pada tanah *tuff* sebagai pembandingan.
3. Analisis menggunakan *software Plaxis 2D V20*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah merupakan lapisan paling atas dari permukaan bumi dan diperlukan dalam kehidupan manusia. Dalam dunia konstruksi tanah merupakan bahan bangunan yang berguna, peran utama tanah adalah menopang pondasi bangunan.

Menurut Das (1995), tanah didefinisikan secara umum sebagai suatu bahan yang terdiri dari butiran mineral-mineral padat yang tidak tersementasi, bahan-bahan organik yang terurai serta cairan dan gas yang mengisi ruang kosong di antara partikel padat.

Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang diberikan oleh partikel tanah terhadap gaya tekan/tarik (Hardiyatmo, 2012).

Mohr (1980) menyatakan bahwa keadaan keruntuhan suatu material akan terjadi karena adanya kombinasi kondisi kritis dari tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dan bukan akibat dari normal geser atau tegangan geser maksimum saja.

(1)

Garis Lurus dapat menunjukkan hubungan linear antara tegangan normal dengan tegangan geser (Coulomb, 1776). Hubungan tersebut juga dapat disebut juga dengan kriteria keruntuhan mohr-coulomb.

(2)

Dimana:

τ = tegangan geser (kN/m^2)

c = kohesi tanah (kN/m^2)

σ = tegangan normal (kN/m^2)

ϕ = sudut gesekan dalam tanah ($^\circ$)

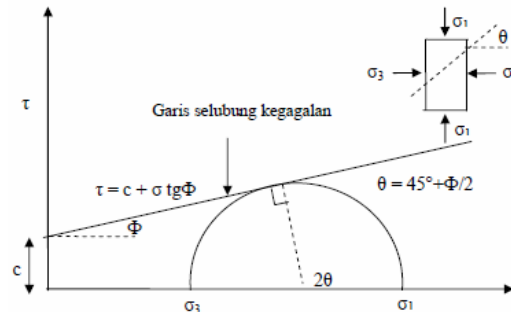
Pada tanah jenuh air, besar tegangan normal total pada sebuah titik adalah sama dengan jumlah tegangan efektifnya ditambah dengan tegangan air pori, atau

(3)

σ = tegangan normal (kN/m²)

σ' = tegangan normal efektif (kN/m²)

u = tegangan air pori (kN/m²)



Gambar 1. Lingkaran Mohr-Coulomb

Gaya Lateral

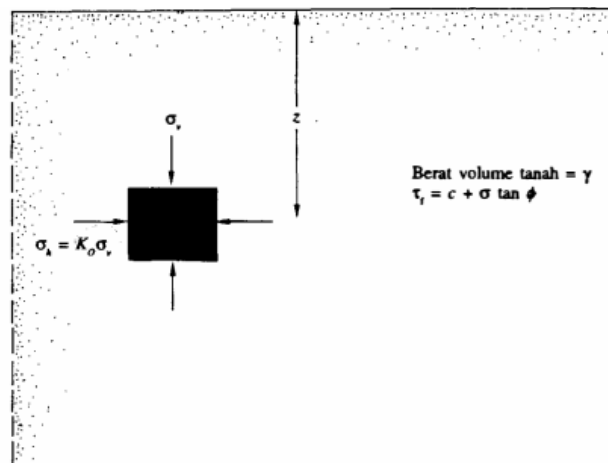
Dalam bidang Teknik Sipil banyak sekali permasalahan yang berkaitan dengan gaya lateral pada tanah yang disebabkan oleh tekanan tanah arah horizontal. Struktur yang memerlukan perkiraan tekanan horizontal yang untuk desainnya meliputi *retaining walls*, *sheet pile walls*, *braced excavations*, *cofferdams*, dan lain-lain.

Perhatikan gambar 2, suatu unsur tanah pada kedalaman z akan terkena tekanan arah vertikal (σ_v) yang pada umumnya adalah (σ_1) dan tekanan arah horizontal (σ_h) yang pada umumnya adalah (σ_3). Jika tanah berada dalam keadaan diam, maka massa tanah berada dalam keadaan keseimbangan elastis. Rasio tekanan arah horizontal dan tekanan arah vertikal dinamakan koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (K_0).

(4)

Karena , maka

(5)



Gambar 2. Tekanan Tanah pada Keadaan Diam

Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah untuk menahan beban yang tanpa mengalami keruntuhan. Daya dukung tanah bergantung pada jenis tanah, kuat geser

tanah, dan kepadatan tanah. Daya dukung tanah sangat penting untuk diketahui karena setiap kali beban seperti pondasi bangunan, *crane* atau dinding penahan diterapkan pada tanah, maka tanah harus mampu menahan beban yang ada tanpa terjadi keruntuhan atau kegagalan yang berlebihan.

Lereng

Lereng adalah bidang di permukaan tanah yang menghubungkan antara daerah yang lebih tinggi dengan daerah yang lebih rendah. Lereng dapat terbentuk secara alami atau buatan (Pangemanan et al., 2014).

Kelongsoran lereng merupakan pergerakan material ke bawah dan keluar pada suatu lereng akibat berkurangnya kekuatan geser (Das, 2007). Stabilitas lereng pada galian di tanah kohesif tergantung pada kekuatan tanah dan kemiringan sudut galian. Stabilitas lereng pada galian di tanah berbutir kasar dipengaruhi oleh muka air tanah dan sudut geser tanah.

Stabilitas suatu lereng dapat diketahui dari besar kecilnya *safety factor* (SF) lereng tersebut.

(5)

F_s = angka *safety factor* terhadap kekuatan tanah

τ_f = kekuatan geser rata-rata dari tanah (kN/m²)

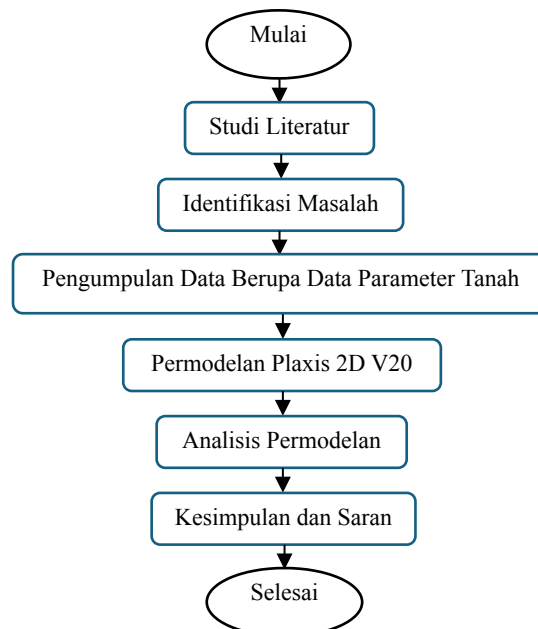
τ_d = tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor (kN/m²)

Berikut kriteria keamanan lereng mengacu pada sumber (Liu and Evett, 1992), dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Nilai *Safety Factor* (Liu and Evett, 1992)

<i>Safety Factor</i>	Kategori
< 1.0	Tidak aman
1.0 - 1.2	Keamanan yang dipertanyakan
1.3 - 1.4	Dianjurkan untuk dilakukan perkuatan
1.5 - 1.75	Aman

3. METODE PENELITIAN



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geologi

Lokasi dari parameter tanah yang diambil dari penelitian terdahulu terletak di Desa Bojontotor tepatnya di STA 20+550 Jalan Tol Cisumdawu (Cileunyi-Sumedang-Dawuan) yang termasuk ke dalam formasi Qyu (*Quarter Young Undifferentiated*) yaitu produk gunung api tak teruraikan. Material tanah di daerah ini didominasi tanah tufa yang berasal dari Gunung Tangkubanperahu dan Gunung Tampomas.

Tanah tufa memiliki kohesi yang tinggi namun dapat mengalami pelapukan dengan sangat cepat dan juga mudah tererosi. Adanya *water level* tanah tufa dapat disimpulkan bahwa hal tersebut telah mengakibatkan pelunakan dikarenakan material tanah tufa yang sensitif terhadap air.



Gambar 3. Kondisi Geologi

Data Parameter Tanah

Data parameter tanah yang digunakan merupakan data sekunder yang didapatkan dari penelitian terdahulu berdasarkan hasil Uji Penetrasi Standar (SPT), Uji *Pressuremeter* (PMT), dan monitoring pergerakan lateral menggunakan inclinometer.

Tabel 2. Parameter Tanah *Weathered Tuff*

Parameter	Nama	Keterangan	Unit
Model Material	Model	<i>Hardening Soil</i>	-
Tipe Perilaku	Tipe	<i>Undrained (A)</i>	-
<i>Soil Unit Weight</i>	γ_{sat}	15	(kN/m ³)
	γ_{unsat}	10	(kN/m ³)
<i>Vertical Permeability</i>	Ky	1.0	(m/day)
<i>Horizontal Permeability</i>	Kx	1.0	(m/day)
<i>Young Modulus</i>	E_{50}^{ref}	18.5	mPa
	E_{ur}^{ref}	74.3	mPa
<i>Cohesion</i>	C	20.9	kPa
<i>Friction Angel</i>	ϕ	26	°

<i>Earth Pressure at Rest</i>	K_0	0.42	-
-------------------------------	-------	------	---

Tabel 3. Parameter Tanah *Tuff*

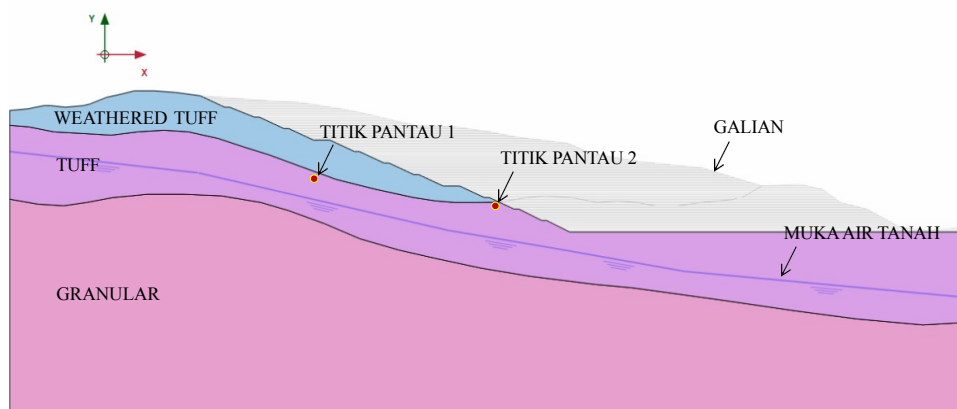
Parameter	Nama	Keterangan	Unit
Model Material	Model	<i>Hardening Soil</i>	-
Tipe Perilaku	Tipe	<i>Drained</i>	-
<i>Soil Unit Weight</i>	γ_{sat}	18	(kN/m ³)
	γ_{unsat}	16	(kN/m ³)
<i>Vertical Permeability</i>	K_y	0.0001	(m/day)
<i>Horizontal Permeability</i>	K_x	0.0001	(m/day)
<i>Young Modulus</i>	E_{s0}^{ref}	59	mPa
	E_{ur}^{ref}	200	mPa
<i>Cohesion</i>	C	53.7	kPa
<i>Friction Angel</i>	ϕ	50.7	°
<i>Earth Pressure at Rest</i>	K_0	1.9	-

Tabel 4. Parameter Tanah *Granular*

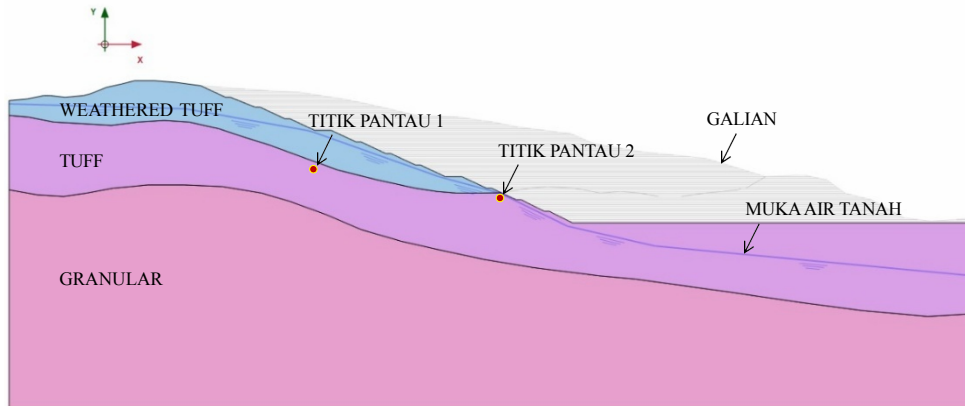
Parameter	Nama	Keterangan	Unit
Model Material	Model	<i>Hardening Soil</i>	-
Tipe Perilaku	Tipe	<i>Drained</i>	-
<i>Soil Unit Weight</i>	γ_{sat}	21	(kN/m ³)
	γ_{unsat}	18	(kN/m ³)
<i>Vertical Permeability</i>	K_y	1.0	(m/day)
<i>Horizontal Permeability</i>	K_x	1.0	(m/day)
<i>Young Modulus</i>	E_{s0}^{ref}	57	mPa
	E_{ur}^{ref}	171	mPa
<i>Cohesion</i>	C	0	kPa
<i>Friction Angel</i>	ϕ	49.2	°
<i>Earth Pressure at Rest</i>	K_0	1.7	-

Kondisi Awal Permodelan

Analisa permodelan galian dalam pada lereng dengan kedalaman galian 83 meter yang dipantau oleh dua titik pantau yang ditentukan berdasarkan pada *incremental deviatoric strain* dengan ketinggian muka air tanah berbeda. Titik pantau 1 terletak pada kedalaman ±55m dan titik pantau 2 terletak pada kedalaman ±66m.



Gambar 4. Permodelan Muka Air Tanah Rendah



Gambar 5. Permodelan Muka Air Tanah Tinggi

Hasil Analisa Permodelan

Analisa yang dilakukan dengan menggunakan bantuan *PLAXIS 2D V20* yaitu pada kondisi *initial phase*, galian 5 meter, galian 15 meter, galian 30 meter, galian 45 meter, galian 60 meter, galian 75 meter dan galian 83 meter. Hasil yang didapat dari analisa pada tiap kondisi yaitu *safety factor* dan nilai tekanan tanah.

1. *Safety Factor*

Safety factor didapatkan dari hasil perbandingan antara kuat geser tanah dan tegangan gesernya. Pada analisis yang dilakukan kali ini *safety factor* untuk *initial phase* ditargetkan minimal 1.5 sesuai kriteria keamanan lereng pada tabel 1.

Tabel 5. *Safety Factor*

<i>Safety Factor</i>	Permodelan Muka Air Rendah	Permodelan Muka Air Tinggi
<i>Initial Phase</i>	2.644	2.306
Galian 1 meter	2.642	2.337
Galian 15 meter	2.645	2.488
Galian 30 meter	2.464	2.015
Galian 45 meter	2.454	1.882
Galian 60 meter	2.452	1.843
Galian 75 meter	2.434	1.824
Galian 83 meter	2.462	1.825

Safety factor dari *initial phase* pada permodelan pertama dengan muka air tanah di bawah titik pantau diperoleh sebesar 2.644 dan *safety factor* dari *initial phase* pada permodelan kedua dengan muka air tanah di atas titik pantau diperoleh sebesar 2.306, sesuai dengan kriteria keamanan galian pada tabel 1 maka dalam kondisi ini desain termasuk dalam golongan aman. Hal ini membuktikan ketinggian muka air tanah pada suatu lereng mempengaruhi keamanan lereng tersebut, semakin tinggi muka air tanah maka semakin kecil nilai *safety factor* nya.

2. Nilai Tekanan Tanah

Nilai tekanan tanah yang didapat yaitu tekanan arah vertikal (σ_v/σ'_1) dan tekanan arah horizontal (σ_h/σ'_3).

Tabel 6. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tanah Rendah pada Titik Pantau 1

Titik Pantau 1 Muka Air Tanah Rendah	(kN/)	(kN/)
<i>Initial Phase</i>	479.70	911.40
Galian 5 m	446.40	893.50
Galian 15 m	406.00	882.80
Galian 30 m	237.40	856.80
Galian 45 m	247.50	838.60
Galian 60 m	249.60	838.80
Galian 75 m	248.00	833.80
Galian 83 m	247.10	830.30

Nilai σ_3 permodelan muka air rendah pada titik pantau 1 memperlihatkan penurunan dari kondisi *initial phase* hingga galian dengan kedalaman 30 meter, sedangkan mulai galian 30 meter hingga 60 meter nilai σ_3 ada kenaikan dan kembali menurun hingga pada galian 83 meter. Hal ini dikarenakan pengaruh dari lokasi titik pantau terhadap kedalaman suatu galian.

Tabel 7. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tanah Rendah pada Titik Pantau 2

Titik Pantau 2 Muka Air Tanah Rendah	(kN/)	(kN/)
<i>Initial Phase</i>	444.60	844.70
Galian 5 m	468.10	912.80
Galian 15 m	465.60	909.40
Galian 30 m	395.30	913.90
Galian 45 m	250.00	847.20
Galian 60 m	86.16	544.60
Galian 75 m	4.01	223.20
Galian 83 m	7.65	218.80

Nilai σ_3 permodelan muka air rendah pada titik pantau 2 memperlihatkan kenaikan dari kondisi *initial phase* hingga galian dengan kedalaman 15 meter setelah itu nilai σ_3 mulai mengalami penurunan hingga galian 83 meter. Hal ini dikarenakan pengaruh dari lokasi titik pantau terhadap kedalaman suatu galian.

Tabel 8. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tanah Tinggi pada Titik Pantau 1

Titik Pantau 1 Muka Air Tanah Tinggi	(kN/)	(kN/)
<i>Initial Phase</i>	368.60	700.30
Galian 5m	310.00	673.40
Galian 15 m	276.30	662.70
Galian 30 m	152.10	582.30
Galian 45 m	106.90	508.00
Galian 60 m	108.10	505.40
Galian 75 m	103.90	499.50
Galian 83 m	101.00	492.90

Nilai σ'_3 permodelan muka air tinggi pada titik pantau 1 memperlihatkan penurunan dari kondisi *initial phase* hingga galian dengan kedalaman 45m, sedangkan mulai galian 45 meter hingga 60 meter nilai σ'_3 mengalami kenaikan lalu mulai menurun kembali hingga galian 83 meter. Hal ini dikarenakan pengaruh dari lokasi titik pantau terhadap kedalaman suatu galian.

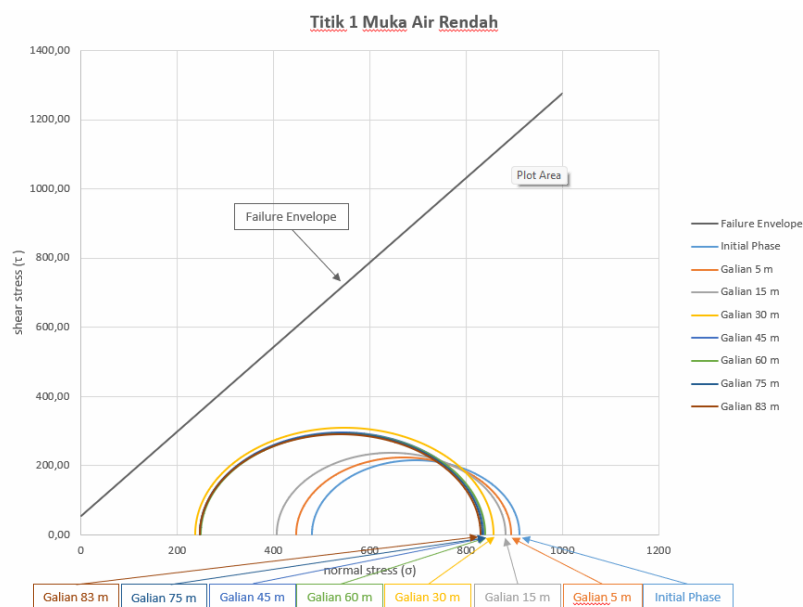
Tabel 9. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tanah Tinggi pada Titik Pantau 2

Titik Pantau 2 Muka Air Tanah Tinggi	(kN/)	(kN/)
Initial Phase	436.60	829.50
Galian 5 m	458.40	937.30
Galian 15 m	456.10	933.50
Galian 30 m	389.00	936.20
Galian 45 m	236.10	831.70
Galian 60 m	83.6	546.60
Galian 75 m	1.2	228.60
Galian 83 m	2.15	220.50

Nilai σ'_3 permodelan muka air tinggi pada titik pantau 2 memperlihatkan kenaikan dari kondisi *initial phase* hingga galian dengan kedalaman 5 meter kemudian nilai σ'_3 menurun hingga galian 83 meter. Hal ini dikarenakan pengaruh dari lokasi titik pantau terhadap kedalaman suatu galian.

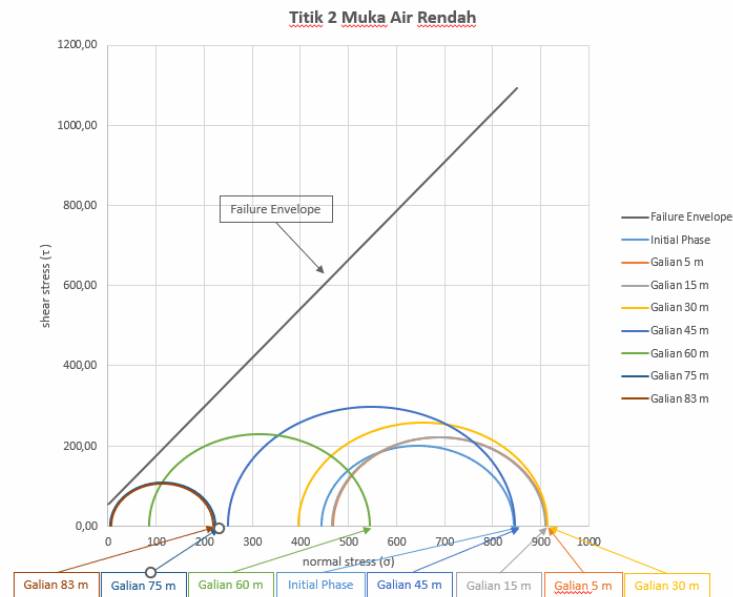
3. Grafik Mohr - Coulomb

Grafik *Mohr-Coulomb* digambarkan pada aplikasi *Excel* sesuai dengan data yang diperoleh pada tiap-tiap titik pantau.



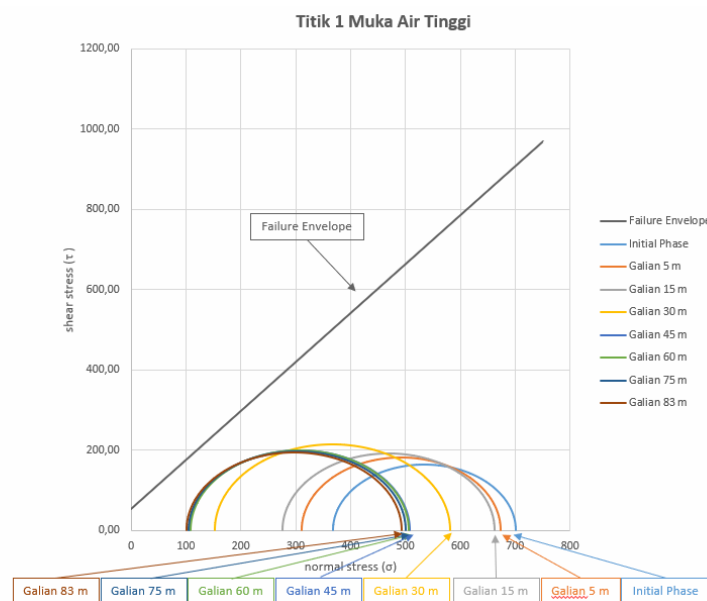
Gambar 6. Lingkaran Mohr Titik Pantau 1 Muka Air Tanah Rendah

Pada Gambar 6 terlihat bahwa tegangan normal pada kondisi *initial phase* hingga galian 45 meter mengecil namun mulai membesar pada galian 60 meter dan kembali mengecil pada galian 75 meter hingga galian 83 meter.



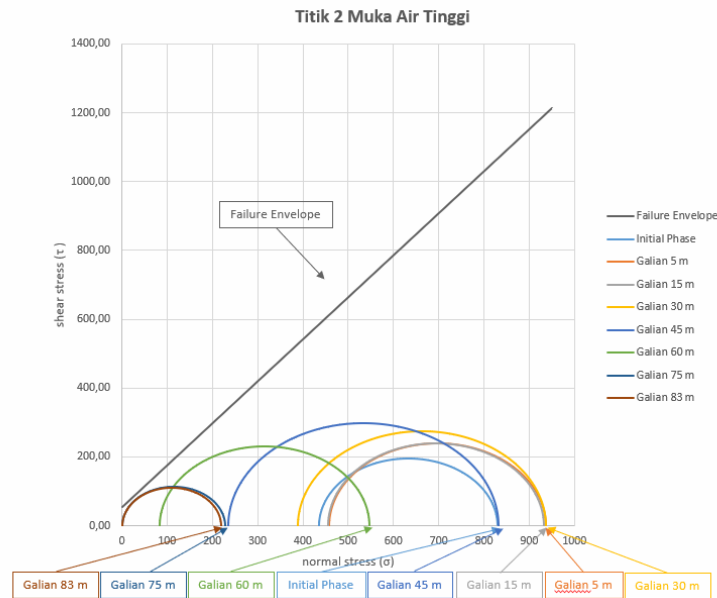
Gambar 7. Lingkaran Mohr Titik Pantau 2 Muka Air Tanah Rendah

Pada Gambar 7 terlihat bahwa tegangan normal pada kondisi *intial phase* hingga 30 meter membesar namun pada galian 45 meter hingga 83 meter mengecil.



Gambar 8. Lingkaran Mohr Titik Pantau 1 Muka Air Tanah Tinggi

Pada Gambar 8 terlihat bahwa tegangan normal pada kondisi *initial phase* hingga galian 45 meter mengecil namun mulai membesar pada galian 60 meter dan kembali mengecil dari galian 75 meter hingga galian 83 meter.

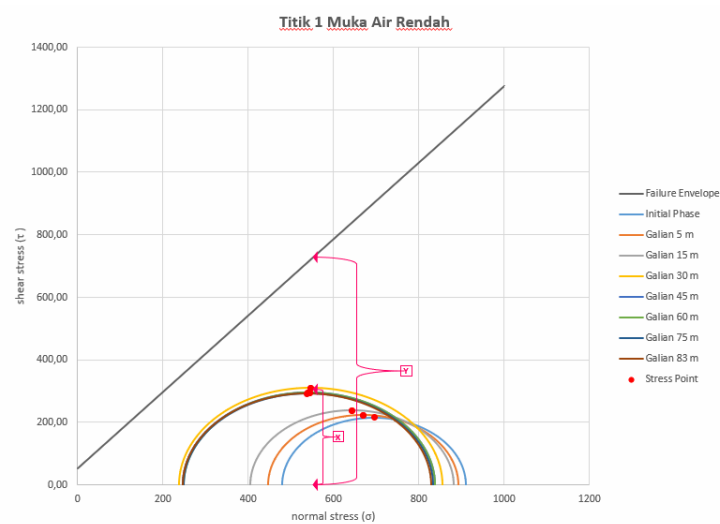


Gambar 9. Lingkaran Mohr Titik Pantau 2 Muka Air Tanah Tinggi

Pada Gambar 9 terlihat bahwa tegangan normal pada kondisi *initial phase* hingga 45 meter membesar namun pada galian 60 meter hingga 83 meter mengecil.

4. Perbandingan Tegangan Maksimum Terhadap Garis *Failure* Tanah

Analisa perbandingan antara ketinggian *failure point* dengan tegangan geser maksimum pada tiap galian, atau diasumsikan dengan konotasi perbandingan y/x untuk mengetahui kondisi kritis pada dua titik pantau. Kedalaman galian dengan y/x terendah pada masing-masing titik pantau merupakan kedalaman galian yang mendekati kondisi kritis.



Gambar 10. Kondisi Perbandingan Titik Pantau 1 Muka Air Tanah Rendah

Tabel 10. Perbandingan y/x Titik Pantau 1 Muka Air Tanah Rendah

Titik 1 Muka Air Tanah Rendah	x	y	y/x
<i>Initial Phase</i>	215.85	903.50	4.19
Galian 1 m	223.55	872.22	3.90
Galian 15 m	238.40	841.00	3.53
Galian 30 m	309.70	722.13	2.33
Galian 45 m	295.55	717.18	2.43
Galian 60 m	294.60	718.58	2.44
Galian 75 m	292.90	714.55	2.44
Galian 83 m	291.60	711.86	2.44

Dari hasil pada tabel 10 dapat dilihat bahwa nilai y/x terkecil terletak pada galian 30 meter sebesar 2.33, sedangkan untuk nilai y/x terkecil terletak pada kondisi *initial phase* 4.19. y/x terbesar menandakan galian yang paling mendekati *failure envelope* atau berpotensi terjadi keruntuhan.

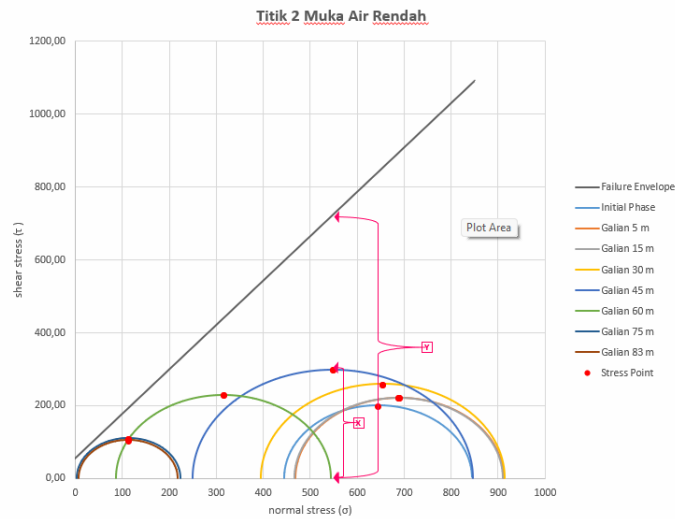


Gambar 11. Kondisi Perbandingan Titik Pantau 1 Muka Air Tanah Tinggi

Tabel 11. Perbandingan y/x Titik Pantau 1 Muka Air Tanah Tinggi

Titik 1 Muka Air Tanah Tinggi	x	y	y/x
<i>Initial Phase</i>	165.85	706.67	4.26
Galian 5 m	181.70	654.44	3.60
Galian 15 m	193.20	627.32	3.25
Galian 30 m	215.10	502.33	2.34
Galian 45 m	200.55	429.33	2.14
Galian 60 m	198.65	428.48	2.16
Galian 75 m	197.80	422.31	2.14
Galian 83 m	195.95	416.50	2.13

Dari hasil pada tabel 11 dapat dilihat bahwa nilai y/x terkecil terletak pada kondisi *initial phase* sebesar 4.26, sedangkan untuk nilai y/x terbesar terletak pada galian dengan kedalaman 83 meter sebesar 2.13. y/x terkecil menandakan galian yang paling mendekati *failure envelope* atau berpotensi terjadi keruntuhan.



Gambar 12. Kondisi Perbandingan Titik Pantau 2 Muka Air Tanah Rendah

Tabel 12. Perbandingan y/x Titik Pantau 2 Muka Air Tanah Rendah

Titik 2 Muka Air Tanah Rendah	x	y	y/x
<i>Initial Phase</i>	200.05	841.31	4.21
Galian 1 m	222.35	897.27	4.04
Galian 15 m	221.90	893.66	4.03
Galian 30 m	259.30	853.46	3.29
Galian 45 m	298.60	723.96	2.42
Galian 60 m	229.22	439.02	1.92
Galian 75 m	109.60	192.50	1.76
Galian 83 m	105.58	192.03	1.82

Dari hasil pada tabel 12 dapat dilihat bahwa nilai y/x terkecil terletak pada kondisi *initial phase* sebesar 4.21, sedangkan untuk nilai y/x terbesar terletak pada galian sedalam 75 meter sebesar 1.76. y/x terkecil menandakan galian yang paling mendekati *failure envelope* atau berpotensi terjadi keruntuhan.



Gambar 13. Kondisi Perbandingan Titik Pantau 2 Muka Air Tanah Tinggi

Tabel 13. Perbandingan y/x Titik Pantau 2 Muka Air Tinggi

Titik 2 Muka Air Tanah Tinggi	x	y	y/x
<i>Initial Phase</i>	196.45	827.14	4.21
Galian 5 m	239.45	906.31	3.78
Galian 15 m	238.70	902.58	3.78
Galian 30 m	273.60	863.24	3.16
Galian 45 m	297.80	706.00	2.37
Galian 60 m	231.47	438.71	1.90
Galian 75 m	113.79	193.97	1.70
Galian 83 m	109.17	189.72	1.74

Dari hasil pada Tabel 13 dapat dilihat bahwa nilai y/x terkecil terletak pada kondisi *initial phase* sebesar 4.21, sedangkan untuk nilai y/x terbesar terletak pada galian sedalam 75 meter sebesar 1.70. y/x terkecil menandakan galian yang paling mendekati *failure envelope* atau berpotensi terjadi keruntuhan.

Tabel 14. Perbandingan y/x Muka Air Tanah Rendah dan Muka Air Tanah Tinggi pada Titik Pantau 1

Kedalaman Galian	Muka Air Tanah Rendah			Muka Air Tanah Tinggi		
	x	y	y/x	x	y	y/x
<i>Intial Phase</i>	215.85	903.50	4.19	165.85	706.67	4.26
Galian 5m	223.55	872.22	3.90	181.70	654.44	3.60
Galian 15m	238.40	841.00	3.53	193.20	627.32	3.25
Galian 30m	309.70	722.13	2.33	175.10	453.46	2.59
Galian 45m	295.55	717.18	2.43	200.55	429.33	2.14
Galian 60m	294.60	718.58	2.44	198.65	428.48	2.16
Galian 75m	292.90	714.55	2.44	197.80	422.31	2.14
Galian 83m	291.60	711.86	2.44	195.95	416.50	2.13

Dari hasil pada tabel 4.14 terlihat bahwa nilai y/x pada kondisi *initial phase* dan galian 30 meter pada muka air tanah rendah lebih kecil dari muka air tanah tinggi sedangkan untuk galian 5 meter, 15 meter, 45 meter, 60 meter, 75 meter, dan 83 meter. Nilai y/x muka air tanah rendah lebih besar dari muka air tanah tinggi.

Tabel 15. Perbandingan y/x Muka Air Rendah Tanah dan Muka Air Tanah Tinggi pada Titik Pantau 2

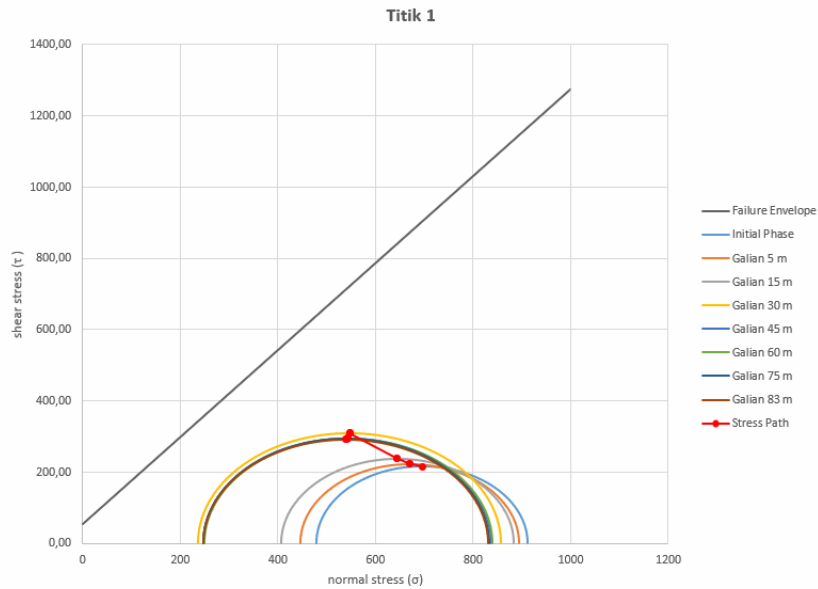
Kedalaman Galian	Muka Air Tanah Rendah			Muka Air Tanah Tinggi		
	x	y	y/x	x	y	y/x
<i>Intial Phase</i>	200.05	841.31	4.21	196.45	827.14	4.21
Galian 5m	223.50	897.27	4.04	239.45	906.31	3.78
Galian 15m	221.90	893.66	4.03	238.70	902.58	3.78
Galian 30m	259.30	853.46	3.29	273.60	863.24	3.16
Galian 45m	298.60	723.96	2.42	297.80	706.00	2.37
Galian 60m	229.22	439.02	1.92	231.47	438.71	1.90
Galian 75m	109.60	192.50	1.76	113.79	193.97	1.70
Galian 83m	105.58	192.03	1.82	109.17	189.72	1.74

Dari hasil pada tabel 15 terlihat bahwa nilai y/x pada kondisi *initial phase* pada muka air tanah rendah dan muka air tanah tinggi mempunyai nilai yang sama yaitu

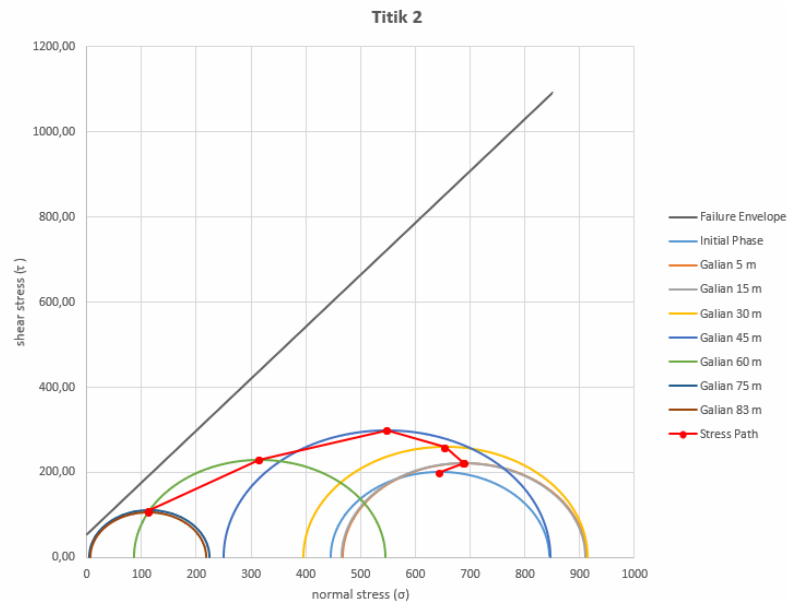
4.21 sedangkan untuk galian 5 meter hingga 83 meter. Nilai y/x hasil muka air tanah rendah lebih besar dari muka air tanah tinggi.

5. *Stress Path*

Stress path merupakan garis yang menghubungkan titik-titik tegangan geser maksimum pada titik yang dipantau. Dalam analisa ini *stress path* digunakan untuk menghubungkan tegangan geser maksimum dari *initial phase* hingga galian 83 meter pada masing masing titik pantau.



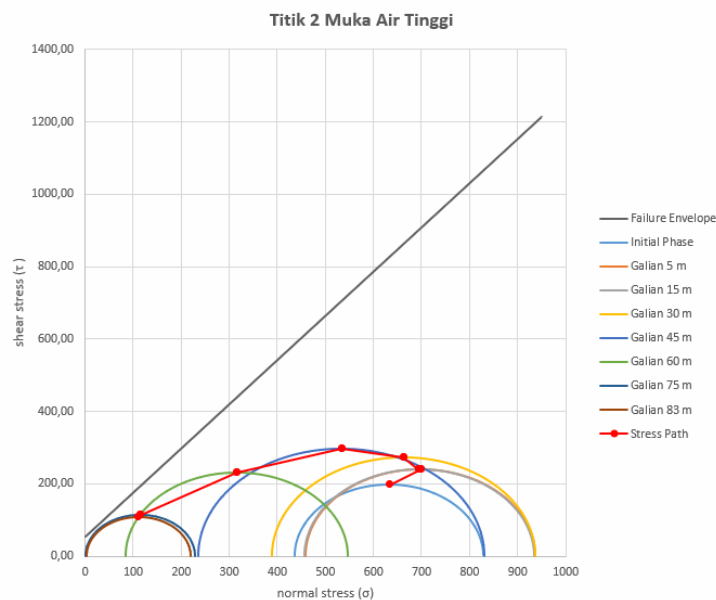
Gambar 14. *Stress Path* Titik Pantau 1 Muka Air Tanah Rendah



Gambar 15. *Stress Path* Titik Pantau 2 Muka Air Tanah Rendah



Gambar 16. *Stress Path* Titik Pantau 1 Muka Air Tanah Tinggi



Gambar 17. *Stress Path* Titik Pantau 2 Muka Air Tanah Tinggi

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil yang diperoleh pada permodelan menggunakan *software Plaxis 2D V20* hal yang mempengaruhi berkurangnya dukungan lateral pada lereng galian dalam adalah karakteristik dari tanah itu sendiri yaitu lokasi penelitian sehingga tanah disekitarnya bermaterial tufa membuat lereng sangat mudah mengalami pelapukan selain itu, ketinggian muka air tanah juga mempengaruhi keamanan dari lereng galian tersebut, semakin tinggi muka airnya maka semakin rendah nilai keamanannya.

2. Faktor perbandingan tegangan maksimum terhadap garis *failure* tanah pada *software Plaxis 2D V20* yang menunjukkan kondisi mendekati kritis suatu kedalaman galian pada dua permodelan di masing-masing titik pantau menunjukkan bahwa kondisi mendekati kritis pada titik pantau 1 memiliki perbedaan, pada permodelan dengan muka air tanah rendah kondisi mendekati kritis terjadi pada galian dengan kedalaman 30 meter sedangkan pada muka air tinggi terjadi pada galian dengan kedalaman 83 meter. Titik pantau 2 pada permodelan muka air rendah maupun muka air tinggi memiliki lokasi kondisi mendekati kritis yang sama yaitu pada galian dengan kedalaman 75 meter.

UCAPAN TERIMAKASIH

Selama Menyusun laporan penelitian, penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini memiliki kesalahan dan juga beberapa keterbatasan. Oleh karena itu, Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Prof. Ir. H. Pratikso, MST., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan arahan, ilmu serta bimbingan dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan arahan, ilmu serta bimbingan dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini.
5. Kakak-kakak tingkat yang telah memberikan referensi Laporan Tugas Akhir.
6. Teman-teman Angkatan 2020 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Agung Semarang.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, L. (2021). *Kerawanan Longsor pada Lereng Tanah Lunak dan Penanganannya*. Lakeisha.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)* (1 ed.). Erlangga.
- Das, B. M. (2009). *Principles of Geotechnical Engineering*. Dalam 2009 (7 ed.). Cengage Learning.
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Mekanika Tanah 1* (6 ed.). Gajahmada University Press.
- Kementrian PUPR Direktorat Jenderal Bina Marga. (2019). *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik dan Fondasi*.
- Liu, C., & Evett Jack B. (1992). *Soils and Foundations* (3 ed.). Prentice-Hall, Inc.

- Pangemanan, V. G. M., Turangan, A. E., & Sompie, O. B. A. (2014). *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland)* (Vol. 2, Nomor 1).
- Panguriseng, D. (2018). *Dasar-Dasar Mekanika Tanah*. Pena Indis.
<https://www.researchgate.net/publication/323616697>
- Raj, P. P. (1995). *Geotechnical Engineering*. McGraw-Hill Education.
- Seourin, D. P. (2023). *Mekanisme Longsoran Galian Dalam Pada Tanah Vulkanik*. Universitas Katolik Parahyangan.
- Silitonga, P. H. (2003). *Peta Geologi Lembar Bandung*.
<https://geologi.esdm.go.id/geomap/pages/preview/peta-geologi-lembar-cianjur-jawa>
- Wesley, L. D. (2012). *Mekanika Tanah, untuk Tanah Endapan dan Residu*. ANDI.