

TUGAS AKHIR

**KEHILANGAN DAYA DUKUNG TANAH PADA LERENG
GALIAN DALAM AKBAT BERKURANGNYA DUKUNGAN
LATERAL**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Muthia Azizah Putu Arga

30.2020.00.141

Anaanda Aurelle Surya Putri

30.2020.00.224

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
2024**

TUGAS AKHIR

**KEHILANGAN DAYA DUKUNG TANAH PADA LERENG
GALIAN DALAM AKIBAT BERKURANGNYA DUKUNGAN
LATERAL**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Muthia Azizah Putu Arga

30.2020.00.141

Ananda Aurellie Surya Putri

30.2020.00.224

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

KEHILANGAN DAYA DUKUNG TANAH PADA LERENG GALIAN
DALAM AKIBAT BERKURANGNYA DUKUNGAN LATERAL



Muthia Azizah Putu Arga
NIM : 30202000141



Ananda Aurellie Surya Putri
NIM : 30202000224

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Agustus 2024

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Prof. Ir. H. Pratikso, MST., Ph.D.**
NIDN : 0627115501
2. **Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT**
NIDN : 0623026901
3. **Lisa Fitriyana, ST., M. Eng**
NIDN : 0605016802

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung


Muhammad Rusli Ahyar, ST., M. Eng.
NIDN : 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nomor : 25 / A.2 / SA – T / X / 2023

Pada hari ini tanggal berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping :

- 1. Nama : Prof. Ir. H. Pratikso, MST., Ph.D.
- Jabatan Akademik : Guru Besar
- Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
- 2. Nama : Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT
- Jabatan Akademik : Asisten Ahli
- Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir :

Muthia Azizah Putu Arga
NIM : 30202000141

Ananda Aurellie Surya Putri
NIM : 30202000224

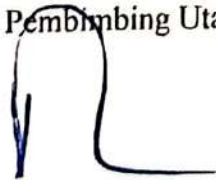
Judul : Kehilangan Daya Dukung Tanah pada Lereng Galian Dalam Akibat Berkurangnya Dukungan Lateral

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	18/09/2023	
2	Seminar Proposal	25/07/2024	ACC
3	Pengumpulan data	03/11/2023	
4	Analisis data	25/06/2023	
5	Penyusunan laporan	26/07/2024	
6	Selesai laporan	31/07/2024	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama



Prof. Ir. H. Pratikso, MST., Ph.D.

Dosen Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhammad Rusli Ahyat, ST, M.Eng.



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

1. NAMA : Muthia Azizah Putu Arga
NIM : 30202000141
2. NAMA : Ananda Aurellie Surya Putri
NIM : 30202000224

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

KEHILANGAN DAYA DUKUNG TANAH PADA LERENG GALIAN DALAM AKIBAT BERKURANGNYA DUKUNGAN LATERAL

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka kami bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,

Mahasiswa I

Mahasiswa II



Muthia Azizah Putu Arga
NIM : 30202000141



Ananda Aurellie Surya Putri
NIM : 30202000224

PERNYATAAN KEASLIAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

1. NAMA : Muthia Azizah Putu Arga
NIM : 30202000141
2. NAMA : Ananda Aurellie Surya Putri
NIM : 30202000224

JUDUL TUGAS AKHIR : Kehilangan Daya Dukung Tanah pada Lereng
Galian Dalam Akibat Berkurangnya Dukungan
Lateral

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli kami sendiri. Kami tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,

Mahasiswa I



10000
METERAI
TEMPEL
EA8E4ALX349539865

Muthia Azizah Putu Arga
NIM : 30202000141

Mahasiswa II



10000
METERAI
TEMPEL
54F00ALX349539870

Ananda Aurellie Surya Putri
NIM : 30202000224

MOTTO

الْكِتَابِ أَهْلُ آمَنَ وَلَوْ بِاللَّهِ وَتُؤْمِنُونَ الْمُنْكَرِ عَنِ وَتَنْهَوْنَ بِالْمَعْرُوفِ تَأْمُرُونَ لِلنَّاسِ أُخْرِجَتْ أُمَّةٌ خَيْرٌ كُنْتُمْ
الْفَاسِقُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْمُؤْمِنُونَ مِنْهُمْ لَّهُمْ خَيْرًا لَكَانَ

“Kamu (umat islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia (selama) kamu menyuruh (berbuat) yang makruf, mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Seandainya Ahlukitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Diantara mereka ada yang beriman dan kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik”

(Q.S. Ali Imran : 110)

إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّى يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

(Q.S Ar Ra'ad : 11)

وَلَسَوْفَ يُعْطِيكَ رَبُّكَ فَتَرْضَىٰ

“Dan sungguh, kelak Tuhanmu pasti memberikan karunia-Nya kepadamu, sehingga engkau menjadi puas”

(Q.S. Ad Dhuha : 5)

“Pengetahuan yang baik adalah yang memberikan manfaat, bukan hanya diingat”

(Imam Syafi'i)

“Apapun yang menjadi takdirmu, akan mencari jalannya menemukanmu”

(Ali bin Abi Thalib)

“It's not how you fall, It's always how you get up”

(Lewis Hamilton)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik alam semesta atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Otong Yaya Putu Arga dan Ibu Nofiyati, serta adik saya Muhammad Adzkia Putu Arga dan Muhammad Faeyza Putu Arga atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Bapak Prof. Ir. H. Pratikso, MST., Ph.D. dan Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan kepada kami agar bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Seluruh dosen dan staf Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang bermanfaat.
4. Rekan penulis Ananda Aurellie Surya Putri yang telah berjuang, bekerja keras bersama dan sabar dalam menyusun Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman seperjuangan penulis Nazmi, Nisa, Novita, Fatrisia dan Febina yang selalu mendukung, menghibur, memberikan banyak masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman dekat penulis Wening Kinasih yang selalu mendukung, menghibur serta menemani dan mendengar keluh kesah saya.
7. Teman-teman Angkatan 2020 Fakultas Teknik khususnya kelas Sipil C dan seluruh keluarga besar Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
8. Terakhir untuk penulis sendiri Muthia Azizah Putu Arga, terimakasih telah selalu mengusahakan yang terbaik sejauh ini.

Muthia Azizah Putu Arga

30202000141

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan pemilik alam semesta atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua Penulis, Bapak Suryono dan Ibu Srimulat Masria, kakak penulis Maxbiagie Surya Pratama, serta adik penulis Alike Shofa Azhalia dan Gaishan Raffasya Mahardika atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Bapak Prof. Ir. H. Pratikso, MST., Ph.D. dan Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan kepada penulis agar bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Seluruh dosen dan staf Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang bermanfaat.
4. Rekan penulis Muthia Azizah Putu Arga yang telah berjuang, bekerja keras bersama dan sabar dalam menyusun Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman seperjuangan penulis Ringgi, Oky, dan Febina yang selalu mendukung, menghibur, dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman dekat penulis Tyashansha Anggyliana Puspa Bhakti, Salma Faradila, dan Farraj Dhiya Jauzaa yang selalu mendukung, menghibur serta menemani dan mendengar keluh kesah penulis.
7. Teman-teman Angkatan 2020 Fakultas Teknik khususnya kelas Sipil A dan seluruh keluarga besar Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
8. Terakhir untuk penulis sendiri Ananda Aurellie Surya Putri, terimakasih telah bertahan dan selalu mengusahakan yang terbaik sejauh ini.

Ananda Aurellie Surya Putri

30202000224

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Kehilangan Daya Dukung Tanah Pada Lereng Galian Dalam Akibat Berkurangnya Dukungan Lateral” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih 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., Ph.D. 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 tingkat yang telah memberikan referensi Laporan Tugas Akhir.
6. Teman-teman angkatan 2020 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Semarang, Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Pengertian Tanah.....	4
2.2. Stabilitas Tanah.....	5
2.3. Klasifikasi Tanah.....	5
2.4. Parameter Tanah.....	10
2.5. Kekuatan Tanah.....	15
2.5.1. Kuat Geser Tanah.....	16
2.5.2. Daya Dukung Tanah.....	18
2.5.3. Gaya Lateral	19
2.6. Lereng.....	21
2.6.1. Kelongsoran Lereng	21
2.6.2. Stabilitas Lereng.....	23
2.6.3. Keamanan Lereng.....	23
2.7. Penelitian Terdahulu	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1. Umum.....	25
3.2. Studi Literatur	25
3.3. Pengumpulan Data	25
3.4. Teknik Pengolahan Data	26
3.5. Pemodelan Tanah dengan Program <i>Plaxis 2D v20</i>	26
3.6. Kesimpulan dan Saran.....	27
3.7. Alur Diagram Penelitian.....	28

BAB IV HASIL PEMBAHASAN	29
4.1. Pendahuluan	29
4.2. Kondisi Geologi	29
4.3. Data Input Material	30
4.4. Tahap Proses Perhitungan <i>Plaxis 2D v20</i>	32
4.5. Penentuan Titik Monitoring	37
4.6. Hasil Analisa Permodelan Muka Air Rendah dan Permodelan Muka Air Tinggi	38
4.6.1. <i>Safety Factor</i>	38
4.6.2. Nilai Tekanan Tanah	38
4.7. <i>Mohr-Coulomb</i>	57
 BAB V PENUTUP	 67
5.1. Kesimpulan.....	67
5.2. Saran.....	67
 DAFTAR PUSTAKA.....	 xix
LAMPIRAN.....	xx



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO.....	7
Tabel 2.2. Klasifikasi Tanah Menurut USCS.....	9
Tabel 2.3. Nilai tipikal berat volume kering dan berat volume jenuh (AS 46 78, 2002)	13
Tabel 2.4. Konsistensi, Tanah Kohesif.....	14
Tabel 2.5. Konsistensi, Tanah Non Kohesif.....	14
Tabel 2.6. Nilai Biasa dan Koefisien Rembesan	14
Tabel 2.7. Klasifikasi nilai <i>safety factor</i>	24
Tabel 4.1. Parameter Tanah <i>Weathered Tuff</i>	31
Tabel 4.2. Parameter Tanah <i>Tuff</i>	31
Tabel 4.3. Parameter Tanah <i>Granular</i>	32
Tabel 4.4. <i>Safety Factor</i>	38
Tabel 4.5. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah pada Titik Pantau 1	47
Tabel 4.6. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah pada Titik Pantau 2	47
Tabel 4.7. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi pada Titik Pantau 1	56
Tabel 4.8. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi pada Titik Pantau 2	57
Tabel 4.9. Perbandingan y/x Titik Pantau 1 Muka Air Rendah	60
Tabel 4.10. Perbandingan y/x Titik Pantau 1 Muka Air Tinggi.....	61
Tabel 4.11. Perbandingan y/x Titik Pantau 2 Muka Air Rendah	62
Tabel 4.12. Perbandingan y/x Titik Pantau 2 Muka Air Tinggi.....	63
Tabel 4.13. Perbandingan y/x Muka Air Rendah dan Muka Air Tinggi pada Titik Pantau 1.....	64
Tabel 4.14. Perbandingan y/x Muka Air Rendah dan Muka Air Tinggi pada Titik Pantau 2.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Klasifikasi Butiran Menurut <i>Unified</i> , ASTM, MIT, dan <i>International Nomenclature</i> Berdasarkan Ukuran Butiran	5
Gambar 2.2. Klasifikasi Berdasarkan Tekstur Tanah.....	6
Gambar 2.3. Komposisi Tanah dalam Berbagai Kondisi	10
Gambar 2.4. (a) Elemen Tanah dalam Keadaan Asli; (b) Tiga Fase Elemen Tanah.....	10
Gambar 2.5. Lingkaran <i>Mohr-Coulomb</i>	17
Gambar 2.6. <i>General Shear Failure</i>	18
Gambar 2.7. <i>Local Shear Failure</i>	19
Gambar 2.8 <i>Punching Shear Failure</i>	19
Gambar 2.9. Tekanan Tanah pada Keadaan Diam	20
Gambar 2.10. Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam Dihubungkan pada <i>Failure Envelope</i>	20
Gambar 2.11. Kelongsoran Lereng	21
Gambar 2.12 Kelongsoran Lereng <i>Fall</i>	21
Gambar 2.13 Kelongsoran Lereng <i>Topple</i>	22
Gambar 2.14 Kelongsoran Lereng <i>Slide</i>	22
Gambar 2.15 Kelongsoran Lereng <i>Spread</i>	22
Gambar 2.16 Kelongsoran Lereng <i>Flow</i>	23
Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian.....	28
Gambar 4.1. Geometri Lereng.....	29
Gambar 4.2. Kondisi Geologi Tanah Bojongsator	30
Gambar 4.3. <i>Project Properties</i>	32
Gambar 4.4. Geometri Permodelan.....	33
Gambar 4.5. <i>Input Material</i>	33
Gambar 4.6. Geometri <i>Input Material</i>	34
Gambar 4.7. <i>Initial Condition</i> Permodelan Muka Air Rendah	34
Gambar 4.8. <i>Initial Condition</i> Permodelan Muka Air Tinggi.....	35
Gambar 4.9. <i>Phases</i>	35
Gambar 4.10. Jendela <i>Mesh</i>	36
Gambar 4.11. <i>Output Mesh Generation</i> Permodelan Muka Air Rendah	36
Gambar 4.12. <i>Output Mesh Generation</i> Permodelan Muka Air Tinggi.....	37
Gambar 4.13. Titik Monitoring	37
Gambar 4.14. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 1 pada <i>Initial Phase</i>	39
Gambar 4.15. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 1 pada Galian 5m	39
Gambar 4.16. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 1 pada Galian 15m	40
Gambar 4.17. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 1 pada Galian 30m	40
Gambar 4.18. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 1 pada Galian 45m	41
Gambar 4.19. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 1 pada Galian 60m	41

Gambar 4.20. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 1 pada Galian 75m	42
Gambar 4.21. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 1 pada Galian 83m	42
Gambar 4.22. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 2 pada Initial Phase	43
Gambar 4.23. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 2 pada Galian 5m	43
Gambar 4.24. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 2 pada Galian 15m	44
Gambar 4.25. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 2 pada Galian 30m	44
Gambar 4.26. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 2 pada Galian 45m	45
Gambar 4.27. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 2 pada Galian 60m	45
Gambar 4.28. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 2 pada Galian 75m	46
Gambar 4.29. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Analisa 2 pada Galian 83m	46
Gambar 4.30. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Analisa 1 pada <i>Initial Phase</i>	48
Gambar 4.31. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Analisa 1 pada Galian 5m	49
Gambar 4.32. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Analisa 1 pada Galian 15m	49
Gambar 4.33. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Analisa 1 pada Galian 30m	50
Gambar 4.34. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Analisa 1 pada Galian 45m	50
Gambar 4.35. Nilai Tekanan Permodelan Tanah Muka Air Tinggi Analisa 1 pada Galian 60m	51
Gambar 4.36. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Analisa 1 pada Galian 75m	51
Gambar 4.37. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Analisa 1 pada Galian 83m	52
Gambar 4.38. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Analisa 2 pada <i>Initial Phase</i>	52
Gambar 4.39. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Analisa 1 pada Galian 5m	53
Gambar 4.40. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Analisa 2 pada Galian 15m	53
Gambar 4.41. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Analisa 2 pada Galian 30m	54
Gambar 4.42. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Analisa 2 pada Galian 45m	54
Gambar 4.43. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Analisa 2 pada Galian 60m	55

Gambar 4.44. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Analisa 2 pada Galian 75m	55
Gambar 4.45. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Analisa 1 pada Galian 83m	56
Gambar 4.46. Lingkaran Mohr Titik Pantau 1 Muka Air Rendah	58
Gambar 4.47. Lingkaran Mohr Titik Pantau 2 Muka Air Rendah	58
Gambar 4.48. Lingkaran Mohr Titik Pantau 1 Muka Air Tinggi.....	59
Gambar 4.49. Lingkaran Mohr Titik Pantau 2 Muka Air Tinggi.....	59
Gambar 4.50. Kondisi Perbandingan Titik Pantau 1 Muka Air Rendah.....	60
Gambar 4.51. Kondisi Perbandingan Titik Pantau 1 Muka Air Tinggi	61
Gambar 4.52. Kondisi Perbandingan Titik Pantau 2 Muka Air Rendah.....	62
Gambar 4.53. Kondisi Perbandingan Titik Pantau 2 Muka Air Tinggi	63
Gambar 4.54. <i>Stress Path</i> Titik Pantau 1 Muka Air Rendah	65
Gambar 4.55. <i>Stress Path</i> Titik Pantau 2 Muka Air Rendah	65
Gambar 4.56. <i>Stress Path</i> Titik Pantau 1 Muka Air Tinggi	66
Gambar 4.57. <i>Stress Path</i> Titik Pantau 2 Muka Air Tinggi	66



KEHILANGAN DAYA DUKUNG TANAH PADA LERENG GALIAN DALAM AKIBAT BERKURANGNYA DUKUNGAN LATERAL

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 galian 83m agar dapat diketahui kemungkinan terjadinya kelongsoran akibat hilangnya daya dukung tanah dengan bantuan program *Plaxis 2D v20*. Analisis yang dilakukan penulis berupa perbandingan diagram *mohr-coloumb* pada dua titik pantau dengan ketinggian muka air yang berbeda.

Hasil dari analisa tersebut menunjukkan bahwa kondisi mendekati kritis lereng galian 83m dari titik pantau 1 permodelan dengan muka air rendah terletak pada galian dengan kedalaman 30m dan muka air tinggi terletak pada galian 83m, sedangkan untuk titik pantau 2 permodelan muka air rendah dan muka air tinggi kondisi mendekati kritis terjadi pada galian sedalam 75m. 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 ini.

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

LOSS OF SOIL BEARING CAPACITY ON DEEP CUTTING SLOPE DUE TO REDUCED LATERAL SUPPORT

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 excavation, the critical condition on the slope of deep excavation can also be affected by the type of soil and the depth of the groundwater table. This research aims to determine the effect of reduced lateral support on soil bearing capacity.

In this research, critical conditions was carried out on the excavation slope with an excavation depth of 83m in order to determine the possibility of landslides due to the loss of soil bearing capacity with the help of the Plaxis 2D v20 program. The analysis carried out by the author took the form of a comparison of mohr-coloumb diagrams at two monitoring points with different water level heights.

The results of this analysis show that the condition is close to critical for the excavation slope 83m from monitoring point 1, the model with low water level is located in an excavation with a depth of 30m and the high water level is located at 83m, while for monitoring point 2, the model of low water level and high water level conditions. approaching critical occurs in excavations as deep as 75m. Apart from that, different groundwater levels and soil conditions which are easily weathered also affect the reduction in lateral support on these deep excavation slopes.

Keywords: Slope; Soil Bearing Capacity; Lateral Support

BAB I PENDAHULUAN

1.1. 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 di atas 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 Bojontotor.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang permasalahan yang telah dibahas, maka rumusan masalah dalam studi ini adalah sebagai berikut:

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*.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

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*

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian yang dianalisis sebagai berikut:

1. Data tanah utama yang digunakan adalah data tanah yang diperoleh dari penelitian terdahulu oleh Delaneira Princess Seourin (2023) yang berjudul “Mekanisme Longsoran Galian Dalam pada Tanah Vulkanik”.
2. Menggunakan dua permodelan dengan ketinggian muka air tanah $\pm 2\text{m}$ dari permukaan tanah atau pada tanah *weathered tuff* dan $\pm 30\text{m}$ dari permukaan tanah atau pada tanah *tuff* sebagai pembanding.
3. Analisis menggunakan *software Plaxis 2D V20*.
4. Titik pantau berada pada kedalaman $\pm 55\text{m}$ dan $\pm 66\text{m}$ pada batas antara tanah *weathered tuff* dan tanah *tuff*

1.5. Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika dalam penyusunan tugas akhir ini:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi pembahasan Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah dan Sistematika Penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi pembahasan dasar teori yang sudah ada dan akan penulis gunakan sebagai bahan acuan dalam penyusunan penelitian, baik itu rumus-rumus dari para ahli, literatur ataupun hasil penelitian dari para ahli di bidangnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi pembahasan tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian untuk memperoleh hasil penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi pembahasan data dan pengolahan data yang diperoleh dari perhitungan numerik dan permodelan menggunakan program komputer *Plaxis 2D V20*.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi pembahasan kesimpulan dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan serta pemberian saran yang ditujukan untuk penelitian serupa berikutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian 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 agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang terurai (partikel padat) dengan cairan dan gas yang mengisi ruang kosong di antara partikel padat.

Tanah diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan ukuran butirannya. Setiap jenis tanah memberikan respon yang berbeda terhadap gangguan dan tekanan yang dialaminya. Menurut Bowles (1991), tanah merupakan campuran partikel yang terdiri dari salah satu atau semua jenis berikut:

- a. Berangkal (*boulders*), adalah bongkahan batu yang besar, material ini banyak digunakan sebagai timbunan, biasanya berdiameter antara 250 mm sampai 300 mm, untuk diameter antara 150 mm sampai 250 mm, batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
- b. Kerikil (*gravel*), adalah batuan kecil yang berdiameter 5 mm sampai 150 mm.
- c. Pasir (*sand*), adalah batuan yang terpecah halus berdiameter sekitar 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
- d. Lanau (*silt*), adalah partikel batuan berdiameter antara 0,002 mm sampai 0,074 mm.
- e. Lempung (*clay*), adalah partikel mineral yang berdiameter lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel tanah ini yang menyebabkan tanah menjadi kohesif.
- f. Koloid (*colloids*), adalah partikel mineral yang “diam” yang berdiameter lebih kecil dari 0,001 mm.

	1,7 mm	0,38	0,075								
Unified Class system	kasar	sedang	halus	Butiran halus (lanau dan lempung)							
	pasir										
	2,0 mm	0,42	0,075	0,005	0,001						
ASTM	pasir sedang	pasir halus	Lanau	Lempung	Lempung koloidal						
	2,0 mm	0,6	0,2	0,06	0,02	0,006	0,002	0,0006	0,0002 mm		
MIT nomenclatur	kasar	sedang	halus	kasar	sedang	halus	kasar	sedang	halus		
	pasir			Lanau			Lempung				
	2,0 mm	1,0	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,006	0,002	0,0006	0,0002 mm
International nomenclatur	sangat kasar	kasar	sedang	halus	kasar	halus	kasar	halus	kasar	halus	sangat halus
	pasir				Mo	Lanau		Lempung			

Gambar 2.1. Klasifikasi butiran menurut Unifed, ASTM, MIT, dan *international nomenclature* berdasarkan ukuran butiran (Hardiyatmo, 2012)

2.2 Stabilitas Tanah

Stabilitas tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan beban dan gaya-gaya yang diterimanya tanpa mengalami pergeseran dan keruntuhan yang signifikan.

2.3 Klasifikasi Tanah

Menurut Panguriseng (2018), Klasifikasi tanah merupakan ilmu yang mengacu pada pengklasifikasian tanah berdasarkan ciri-ciri yang membedakan setiap jenis tanah. Klasifikasi tanah merupakan topik dinamis yang mempelajari struktur sistem klasifikasi tanah, definisi kelas yang digunakan untuk mengklasifikasikan tanah, kriteria penentuan klasifikasi tanah, dan penerapannya di lapangan.

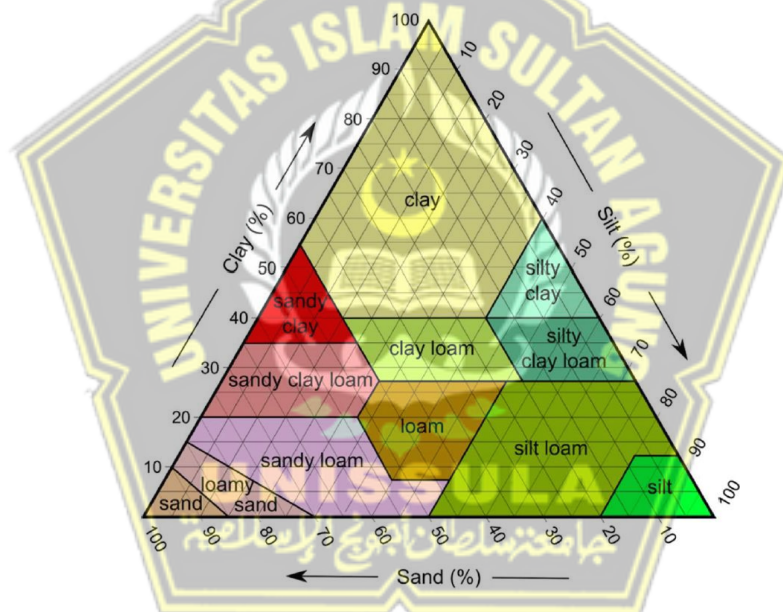
Sistem klasifikasi tanah merupakan suatu sistem pengklasifikasian secara sistematis terhadap jenis-jenis tanah yang mempunyai sifat-sifat yang sama berdasarkan kegunaannya dalam kelompok dan sub kelompok (Das, 1995).

Klasifikasi tanah secara menyeluruh memerlukan banyak data, termasuk warna, kadar air, kuat tekan, dan sifat lainnya. Ada beberapa sistem klasifikasi tanah, diantaranya klasifikasi Metode Umum (*General Method*), *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, dan *Unified Soil Classification System (USCS)*. Klasifikasi keteknikan yang paling sering digunakan adalah klasifikasi USCS. Klasifikasi USCS terdiri dari tiga kelompok utama, tanah

berbutir kasar (pasir dan kerikil), tanah berbutir halus (tanah liat), dan tanah dengan kandungan organik tinggi (seperti tanah gambut).

a. Klasifikasi berdasarkan butir tanah (Metode Umum)

Perbedaan ukuran masing-masing partikel tanah yang ada di dalam tanah tersebut merupakan tekstur tanah. Tanah dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan ukuran butirannya: pasir (*sand*), lanau (*silt*), lempung (*clay*). Departemen Pertanian Amerika Serikat telah mengembangkan sistem klasifikasi ukuran partikel berdasarkan prosentase pasir, lanau, lempung, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Cara ini tidak memperhitungkan sifat plastisitas tanah yang disebabkan oleh kandungan (baik jumlah maupun jenis) mineral lempung yang terdapat pada tanah. Untuk memahami sifat-sifat tanah perlu memperhatikan jumlah dan jenis mineral lempung yang dikandungnya.



Gambar 2.2. Klasifikasi Berdasarkan Tekstur Tanah (Das, 1995)

b. Klasifikasi tanah sistem AASHTO

Sistem klasifikasi tanah AASTHO awalnya dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini mengklasifikasikan tanah menjadi tujuh kelompok, A-1 sampai A-7. Setelah beberapa kali perbaikan, sistem ini diadopsi oleh *The American Association of State Highway Officials* (AASHTO) pada tahun 1945 (Panguriseng, 2018).

Tanah yang diklasifikasikan sebagai A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah granular yang 35% atau kurang dari partikel tanahnya lolos ayakan 200. Tanah yang lebih

dari 35% butirannya lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut Sebagian besar adalah lanau dan lempung (Das, 1995).

Untuk informasi lebih lanjut, klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO

Klasifikasi Umum	Material Granuler (<35% lolos saringan No.200)						Tanah-tanah lanau-lempung (>35% lolos saringan No. 200)					
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7		
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6					A-2-7	A-7-5 / A-7-6
Analisa Saringan (% lolos)												
200 mm (No. 10)	50 Maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0.425 mm (No. 40)	30 Maks	50 Maks	51 Maks	-	-	-	-	-	-	-		
0.075 mm (No. 200)	15 Maks	25 Maks	10 Maks	35 Maks	35 Maks	35 Maks	35 Maks	36 Min	36 Min	36 Min		
Sifat fraksi lolos saringan No. 40												
Batas Cair (LL)	-	-	-	40 Maks	41 Min	40 Maks	41 Min	40 Maks	41 Min	40 Maks	41 Min	
Indeks Plastis (PI)	6 Maks		Np	10 Maks	10 Maks	11 Min	11 Min	10 Maks	10 Maks	11 Min	11 Min	
Indeks Kelompok (GI)	0		0	0			4 Maks		8 Maks	12 Maks	16 Maks	20 Maks
Tipe material pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan berpasir			Tanah berlanau		Tanah berlempung			
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik						Sedang sampai buruk					

(Sumber : Das, 1995)

Catatan:

Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)

Untuk $PL > 30$, klasifikasinya A-7-5

Untuk $PL < 30$, klasifikasinya A-7-6

NP = Non Plastis

c. Klasifikasi tanah sistem USCS.

Sistem klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification System*), pertama kali diusulkan oleh Casagrande dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation (USBR)* dan *United State Army Corps of Engineer (USACE)*. Kemudian *American Standard Testing of Materials (ASTM)*, menggunakan USCS sebagai metode standar untuk pengklasifikasian tanah (Panguriseng, 2018).

Saat ini, sistem klasifikasi USCS banyak digunakan oleh para profesional di bidang teknik. Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu:

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), yaitu: tanah berkerikil dan berpasir jika kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No. 200. simbol dari kelompok ini dimulai dengan inisial G atau S. G berarti tanah berkerikil (*gravel*), dan S berarti tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), yaitu: tanah yang lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No.200. simbol kelompok ini diawali dengan inisial M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau-organik dan lempung-organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), lumpur (*muck*), dan tanah lainnya dengan kandungan organik tinggi.



Tabel 2.2. Klasifikasi Tanah Menurut USCS

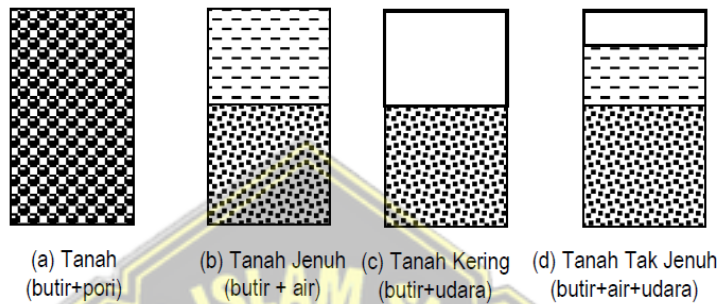
Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Umum			
Tanah Berbutir Kasar (Lebih Dari 50% butiran tertahan pada ayakan No. 200)	Pasir (Lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No. 40)	Kerikil Bersih (Hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali mengandung butiran halus		
		Kerikil Dengan Butiran Halus	GP	kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
			GM	Kerikil berlanau-campuran kerikil-pasir-lanau		
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Kerikil (50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan pada ayakan No. 40)	Pasir Bersih (Hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Pasir Dengan Butiran Halus	SM	Pasir Berlanau, campuran pasir-lanau		
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
			Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Umum
			Tanah Berbutir Halus (50% atau lebih butiran lolos pada ayakan No. 200)	Lanau dan Lempung (Batas cair 50% atau kurang)	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau dan berlempung
CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)					
OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah					
Lanau dan Lempung (Batas cair lebih dari 50%)	MH	Lanau organik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis				
	CH	Lempung organik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)				
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi				
	PT	Gambut (<i>peat</i>), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi				

(Sumber : Das, 1995)

2.4 Parameter Tanah

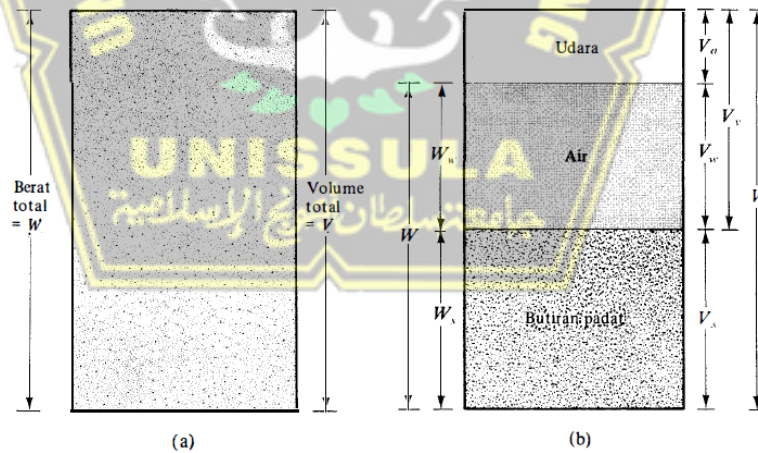
a. Berat volume tanah

Komposisi tanah terdiri dari dua atau tiga unsur, yakni butiran, air dan udara. Tanah jenuh memiliki dua unsur, yaitu butiran dan air, sedangkan tanah kering hanya memiliki dua unsur yaitu butiran dan udara. Sebaliknya tanah tak jenuh mempunyai tiga unsur, yaitu butiran, air, dan udara. Ketiga kondisi ini dapat diilustrasikan sebagai berikut:



Gambar 2.3. Komposisi Tanah Dalam Berbagai Kondisi (Panguriseng, 2018)

Setiap unsur tanah (butir, air, dan udara), mempunyai volume dan berat. Untuk memahami sifat fisis tanah, parameter tanah perlu diuraikan lebih rinci sebagai berikut:



Gambar 2.4. (a) Elemen Tanah dalam Keadaan Asli; (b) Tiga Fase Elemen Tanah (Das, 1995)

Gambar 2.4 menunjukkan elemen tanah mempunyai volume (V) dan berat total (W). berikut adalah hubungan volume – berat:

$$V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a \dots\dots\dots (2.1)$$

$$V_v = V_w + V_a \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana,

V_s = volume butiran padat (cm^3)

V_w = volume air (cm^3)

V_a = volume udara (cm^3)

V_v = volume pori (cm^3)

Jika udara dianggap tidak memiliki berat, maka berat total sampel tanah dinyatakan sebagai berikut:

$$W = W_s + W_w \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana,

W_s = berat butiran padat (gr)

W_w = Berat air (gr)

Data parameter tanah diperoleh dari hasil uji laboratorium dan interpolasi data tanah yang ada. Hasil parameter tanah ini akan dimasukkan ke dalam pengukuran dan analisis lebih lanjut.

b. Angka pori

Angka pori menunjukkan seberapa besar ruang kosong yang disebut pori-pori tanah dibandingkan dengan ruang padat. Pori-pori ini kemudian terisi air atau partikel kecil tanah, sehingga mengubah sifat tanah. Nilai ini merupakan hubungan volume tanah yang umum digunakan, didefinisikan sebagai rasio volume pori (V_v) dan volume butiran padat (V_s) yang disebut angka pori (e).

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots \dots \dots (2.4)$$

c. Porositas

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan volume pori dan volume tanah total. Angka ini menunjukkan seberapa besar volume pori yang ada dan dapat diukur dalam bentuk prosentase. n menunjukkan sebagai angka porositas.

$$n = \frac{V_v}{V} \dots \dots \dots (2.5)$$

d. Kadar air

Kadar air atau *water content* (W) didefinisikan sebagai perbandingan berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diteliti. Pemeriksaan kadar air dapat dilakukan dengan menggunakan pengujian *soil test* di laboratorium, dan juga pengukuran angka pori, porositas, derajat kejenuhan, dan berat jenis.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \dots\dots\dots (2.6)$$

e. Derajat kejenuhan

Nilai ini adalah perbandingan antara volume air dengan volume pori atau dapat dirumuskan, sebagai berikut:

$$S = \frac{V_w}{V_v} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana,

S = derajat kejenuhan (%)

f. Berat jenis tanah basah

Berat jenis tanah basah (*Moist unit weight*) adalah hasil dari perbandingan berat tanah per satuan volume.

$$\gamma_w = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} \dots\dots\dots (2.8)$$

Atau dapat dinyatakan dalam berat butiran padat, kadar air, dan volume total yang dirumuskan berupa:

$$\gamma_w = \frac{W_s + (1+W)}{V} \dots\dots\dots (2.9)$$

g. Berat jenis tanah kering

Berat jenis tanah kering (*dry unit weight*) adalah perbandingan dari berat kering per satuan volume tanah. Bersaran yang diperoleh dari *soil test* ini diukur dalam keadaan kering, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \text{ atau } \gamma_d = \frac{\gamma}{1+W} \dots\dots\dots (2.10)$$

Yang dapat digunakan sebagai hubungan antara berat volume, berat volume kering, dan kadar air.

Tabel 2.3. Nilai Tipikal Berat Volume Kering dan Berat Volume Jenuh (AS 4678, 2002)

Jenis Tanah		Berat volume kering (kN/m ³)		Berat volume jenuh (kN/m ³)	
		Lepas	Padat	Lepas	Padat
Tanah Granuler	Kerikil	16.0	18.0	20.0	21.0
	Pasir bergradasi baik dan kerikil	19.0	21.0	21.5	23.0
	Pasir kasar atau sedang	16.5	18.5	20.0	21.5
	Pasir bergradasi baik	18.0	21.0	20.5	22.5
	Pasir halus atau kelanauan	17.0	19.0	20.0	21.5
	<i>Rock fill</i>	15.0	17.5	19.5	21.0
	<i>Brick hardcore</i>	13.0	17.5	16.5	19.0
	<i>Slag fill</i>	12.0	15.0	18.0	20.0
	<i>Ash fill</i>	6.5	10.0	13.0	15.0
Tanah Kohesif	Gambut (Variabilitas)	12.0		12.0	
	Lempung organik	15.0		15.0	
	Lempung lunak	17.0		17.0	
	Lempung padat	18.0		18.0	
	Lempung kaku	19.0		19.0	
	Lempung keras	20.0		20.0	
	Lempung glasial keras atau kaku	21.0		21.0	

(sumber: Kementerian PUPR Direktorat Jenderal Bina Marga)

h. Kohesi

Kohesi adalah gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat beban yang diberikan padanya dalam hal ini berupa pergerakan tanah lateral. Deformasi ini disebabkan oleh kombinasi kondisi kritis tegangan normal dan tegangan geser yang tidak sesuai dengan faktor keamanan yang direncanakan. Nilai ini diperoleh dari uji *Triaxial Test* dan *Direct Shear Test*.

$$Kohesi (c) = \frac{qc}{20} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana,

qc = data sondir (kN/m²)

Tabel 2.4. Konsistensi (Terzaghi et al., 1976), Tanah Kohesif

Tanah Kohesi		
Nilai SPT	Tipe Tanah	Catatan
0 - 2	<i>Very Soft</i>	Tidak cocok untuk bangunan struktur
2 - 4	<i>Soft</i>	
4 - 8	<i>Medium</i>	Baik untuk struktur ringan dengan metode kerja yang baik
8 - 15	<i>Stiff</i>	Baik untuk struktur dengan beban aksial rendah
15 - 30	<i>Very Stiff</i>	Baik untuk struktur dengan beban aksial menengah

Tabel 2.5. Konsistensi (Terzaghi et al., 1976), Tanah Non Kohesif

Tanah Non Kohesi		
Nilai SPT	Tipe Tanah	Catatan
0 - 4	<i>Very Loose</i>	Tidak cocok untuk bangunan struktur, cocok untuk taman
4 - 10	<i>Loose</i>	Baik untuk struktur ringan dengan metode kerja yang baik
10 - 30	<i>Medium</i>	Baik untuk struktur dengan beban aksial rendah
30 - 50	<i>Dense</i>	Baik untuk struktur dengan beban aksial menengah

Koefisien permeabilitas tanah merupakan ukuran kemampuan tanah dalam mengeluarkan air atau cairan melalui pori-pori. Koefisien permeabilitas (k) mengukur laju aliran air melalui tanah dalam satuan panjang dan waktu.

Tabel 2.6. Nilai Biasa dan Koefisien Rembesan (Wesley, 2012)

Koefisien Rembesan (m/s)	Bahan	Uraian
$\geq 0,01$	Kerikil	Dapat dikeringkan dengan pemompaan yaitu air akan keluar dari rongga karena gravitasi
$10^{-2} - 10^{-3}$	Pasir Kasar	
$10^{-3} - 10^{-4}$	Pasir Sedang	Agar air tidak dapat mengalir keluar rongga karena gravitasi
$10^{-5} - 10^{-6}$	Pasir Halus	
$10^{-6} - 10^{-7}$	Lanau	Secara praktis menahan air
$10^{-7} - 10^{-9}$	Lempung Kelanauan	
$10^{-8} - 10^{-11}$	Lempung	

Berat volume tanah jenuh adalah ukuran yang menyatakan berat tanah per satuan volume bila seluruh pori-pori terisi penuh oleh air. Berat volume tanah jenuh (G_{sat}) dapat ditentukan dari pengujian laboratorium dengan menggunakan sampel tanah jenuh yang dikeringkan dan ditimbang untuk mengetahui berat keringnya. Berat volume air (γ_w) adalah konstanta yang berhubungan dengan berat volume air murni.

Berat volume tanah jenuh dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$(\gamma_{sat}) = \frac{(G_{sat}) \times (\gamma_w)}{1+W} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana,

γ_{sat} = berat volume tanah jenuh (kN/m^3 atau kg/m^3)

G_{sat} = berat volume jenis tanah jenuh (kN/m^3 atau kg/m^3)

γ_w = berat volume air (kN/m^3 atau kg/m^3)

W = kadar air tanah jenuh (%)

i. Modulus elastisitas tanah efektif

Modulus elastisitas efektif suatu tanah adalah suatu nilai yang menyatakan ketahanan tanah terhadap deformasi geser atau pembebanan bentuk akibat beban yang diberikan padanya. Berikut adalah rumus dari Modulus tersebut:

$$E' = 1000 \times N - Spt \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana,

E' = Modulus Elastisitas Tanah Efektif (kN/m^2)

$N-Spt$ = *Standard Penetration Test*

j. Modulus elastisitas inisial

Parameter ini adalah parameter menggambarkan sifat elastis awal suatu tanah atau material geoteknik sebelum terjadinya deformasi permanen akibat beban yang diberikan. E_{ur}^{ref}

$$\gamma_{sat} = \frac{(e+Gs) \times \gamma_{sat}}{1+e} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana,

γ_{sat} = Berat volume tanah jenuh air (kN/m^3)

e = Modulus elastisitas inisial (MPa)

G_s = *Gravity selection*

2.5. Kekuatan Tanah

Kekuatan tanah adalah kemampuan tanah menahan dan menampung beban tanpa terjadi pergeseran ataupun deformasi. Kekuatan tanah mencakup beberapa aspek, seperti:

- a. Kuat geser (*shear strength*)
- b. Daya dukung (*bearing capacity*), dan
- c. Tekanan tanah lateral (*earth lateral pressure*)

2.5.1. Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang diberikan oleh partikel tanah terhadap gaya tekan/tarik (Hardiyatmo, 2012). Kuat geser tanah didefinisikan oleh Duncan et al. (2014) sebagai, “Tegangan geser maksimum yang dapat bertahan dari tanah”.

Kuat geser tanah diukur dengan dua parameter tanah: kohesi (c) atau gaya tarik-menarik antar butiran dan sudut geser dalam (ϕ) atau gesekan antar butiran tanah. Hal ini berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya, maka Coloumb (1776) mendefinisikannya sebagai berikut:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana:

τ = kuat geser tanah (kN/m²)

c = kohesi (kN/m²)

ϕ = sudut geser dalam tanah (°)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²)

Apabila suatu beban diterapkan pada tanah, maka beban tersebut ditanggung oleh kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatan tanah. Besarnya gesekan antar partikel tanah tidak bergantung pada tegangan normal yang bekerja pada bidang geser, sebagaimana besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang geser. Teori Mohr menjelaskan bahwa keadaan kegagalan suatu material terjadi akibat kombinasi kondisi kritis dari tegangan normal dan tegangan geser (Das, 2009). Nilai tegangan normal dan kuat geser tanah dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma_{\theta} = \frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2} + \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2} \cos 2\theta \dots\dots\dots (2.16)$$

$$\tau_{\theta} = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2} \sin 2\theta \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\theta = 45^{\circ} + \frac{\phi}{2} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana:

α = kemiringan garis yang bersinggungan dengan lingkaran mohr dan melewati titik pangkal (0,0).

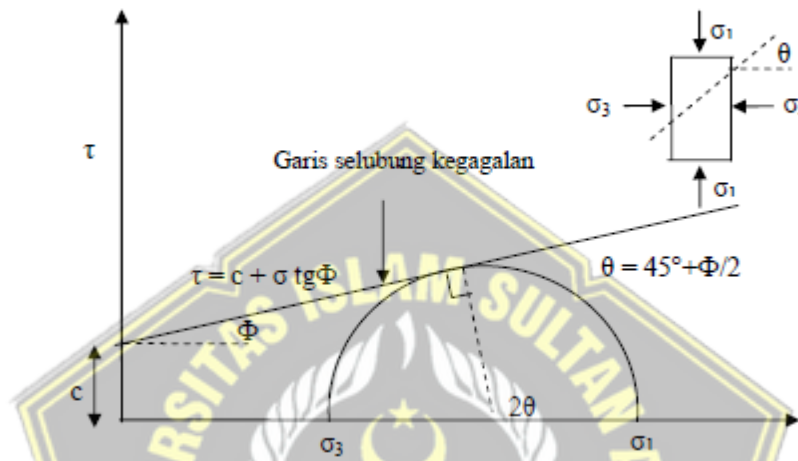
Mohr (1980) menyatakan bahwa keadaan gagalnya suatu material akan terjadi karena adanya kombinasi kondisi kritis dari tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, yang dinyatakan dengan persamaan umum berikut:

$$\tau = f(\sigma) \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana:

τ = tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan (*failure*)

σ = tegangan normal pada saat kondisi tersebut.



Gambar 2.5. Lingkaran *Mohr-Coloumb*

Kriteria kegagalan *Mohr-Coloumb*, dapat ditulis sebagai persamaan garis yang mewakili selubung kegagalan (*failure envelope*), dengan persamaan umum adalah:

$$\tau_f = c + \sigma_f \tan \theta \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana:

τ_f = tegangan geser pada bidang kegagalan (kN/m²)

c = kohesi tanah (kN/m²)

σ_f = tegangan normal pada bidang kegagalan (kN/m²)

ϕ = sudut gesekan dalam tanah (°)

Gambar 2.5 menunjukkan hubungan antara tegangan utama efektif pada keruntuhan dan parameter kuat geser. Besarnya nilai parameter kuat geser, dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$\sigma_1 = \sigma_3 \left(\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \right) + 2c \sqrt{\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}} \dots \dots \dots (2.21)$$

$$\sigma_1 = \sigma_3 \left(\tan^2 \left[\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right] \right) + 2c \sqrt{\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}} \dots \dots \dots (2.22)$$

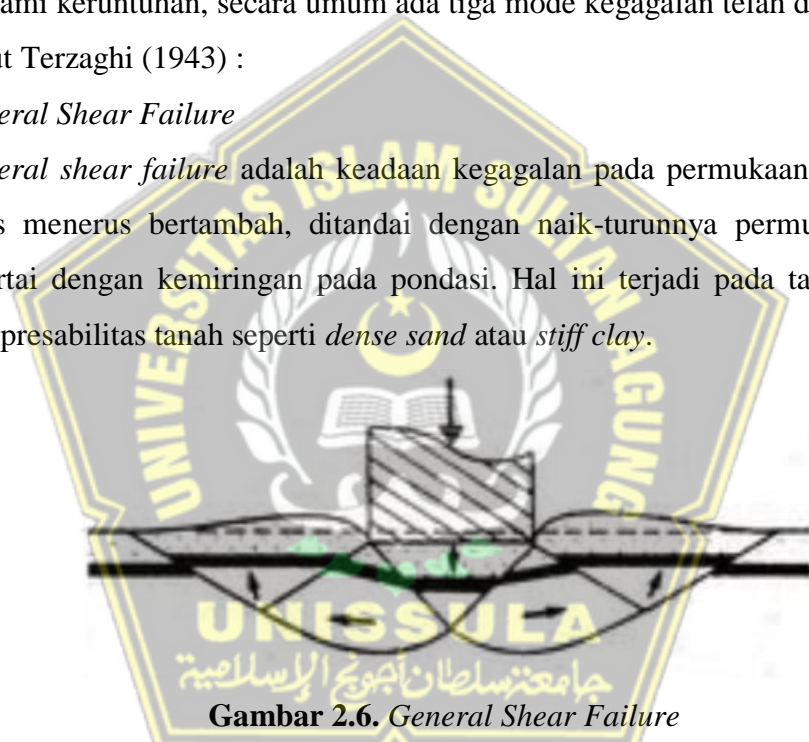
2.5.2. Daya Dukung Tanah

Kapasitas daya dukung tanah (*bearing capacity*), (Terzaghi, 1943). Tanah harus mampu menopang dan menahan beban seluruh struktur di atasnya tanpa mengalami kegagalan maupun keruntuhan. Hal ini sangat bergantung pada jenis tanah, kuat geser dan kepadatan tanah. Daya dukung tanah sangat penting karena setiap kali beban seperti pondasi bangunan, *crane* atau dinding penahan diterapkan pada tanah, maka tanah harus mampu menahannya tanpa terjadi keruntuhan atau kegagalan yang berlebihan.

Untuk menentukan beban maksimum yang dapat ditahan oleh tanah tanpa mengalami keruntuhan, secara umum ada tiga mode kegagalan telah diidentifikasi menurut Terzaghi (1943) :

a. *General Shear Failure*

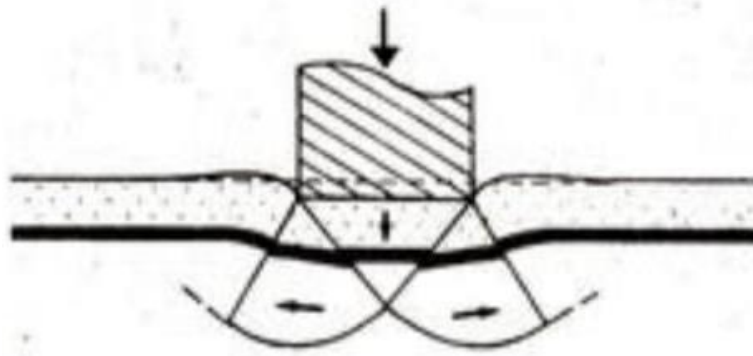
General shear failure adalah keadaan kegagalan pada permukaan tanah yang terus menerus bertambah, ditandai dengan naik-turunnya permukaan tanah disertai dengan kemiringan pada pondasi. Hal ini terjadi pada tanah dengan kompresibilitas tanah seperti *dense sand* atau *stiff clay*.



Gambar 2.6. *General Shear Failure*

b. *Local Shear Failure*

Local shear failure adalah situasi dimana tanah mengalami kompresi yang cukup besar, namun hanya terdapat sedikit peningkatan pada permukaan tanah. Kemiringan pada pondasi tidak terlalu besar jenis kegagalan ini terjadi pada tanah dengan kompresibilitas tinggi.



Gambar 2.7. *Local Shear Failure*

c. *Punching Shear Failure*

Punching shear failure keadaan dimana tanah di bawah pondasi mengalami tekanan yang relatif besar tanpa naik ke permukaan tanah atau menyebabkan pondasi menjadi miring. Punching akan terjadi pada tanah dengan kompresi lemah jika pondasi terletak cukup dalam di bawah tanah.



Gambar 2.8. *Punching Shear Failure*

2.5.3. Gaya Lateral

Dalam bidang Teknik Sipil banyak sekali permasalahan yang berkaitan dengan gaya lateral pada tanah. Struktur yang memerlukan perkiraan tekanan lateral untuk desainnya meliputi: *retaining walls*, *sheet pile walls*, *braced excavations*, *cofferdams*, dan lain-lain. Untuk perencanaan konstruksi yang tepat perlu mengetahui gaya-gaya lateral yang bekerja pada tanah akibat tekanan tanah secara horizontal.

Menurut (Raj, 1995), Tanah pada kedalaman tertentu dipengaruhi oleh tekanan vertikal (σ_v) yang pada umumnya adalah (σ_1) dan tekanan lateral (σ_h) yang pada umumnya adalah (σ_3) akibat beban permukaan. Beban permukaan ini menimbulkan tekanan vertikal pada tanah serta beban lateral. Dengan terciptanya tekanan lateral (σ_3) yang besarnya sama di sekitar tanah, regangan lateral tertahan sepenuhnya.

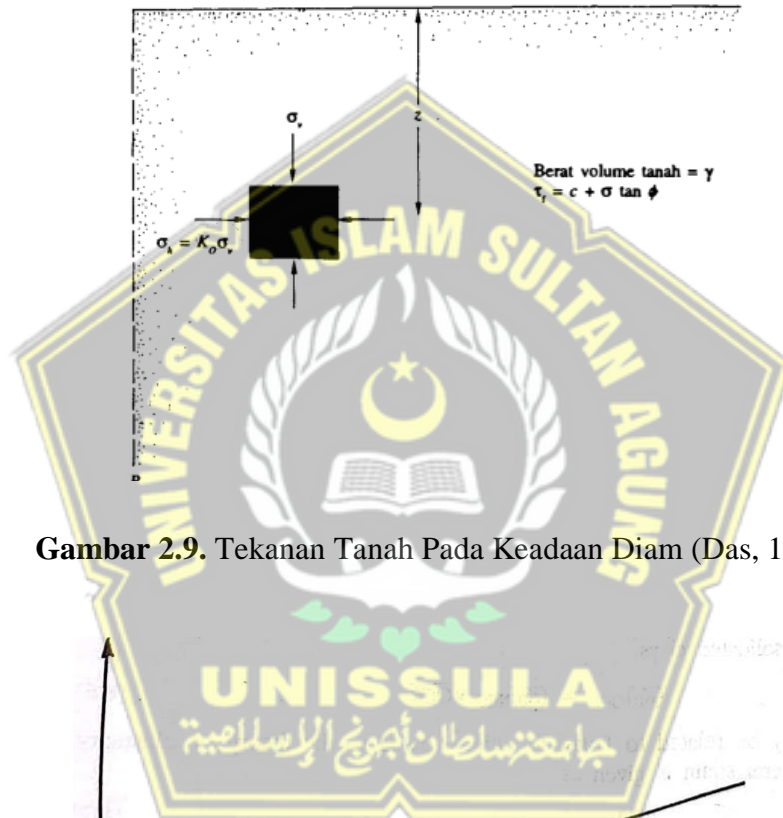
Seiring waktu, tekanan vertikal dan regangan lateral menjadi nol dan menghasilkan tegangan yang stabil. Keadaan setimbang ini disebut kondisi diam atau kondisi K0.

Perhatikan pada gambar 2.9. suatu unsur tanah pada kedalaman z akan terkena tekanan arah vertikal dan tekanan arah horizontal.

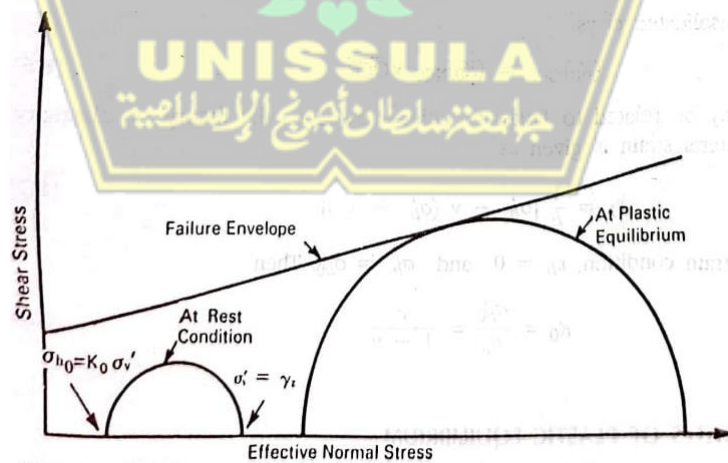
$$K = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots(2.23)$$

Karena $\sigma_v = \gamma z$, maka

$$\sigma_h = K_0(\gamma z) \dots\dots\dots(2.24)$$



Gambar 2.9. Tekanan Tanah Pada Keadaan Diam (Das, 1995)



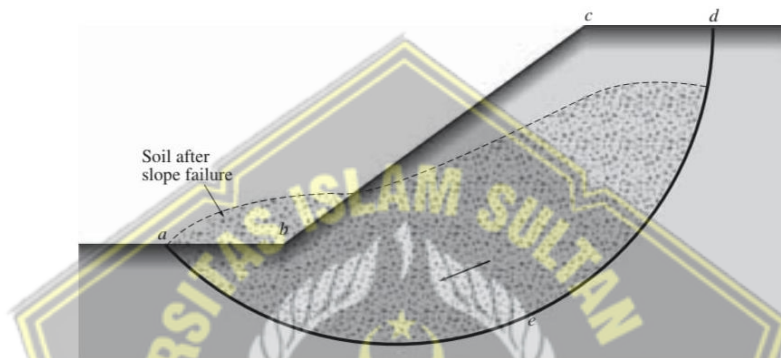
Gambar 2.10. Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam Dihubungkan pada Failure Envelope (Raj, 1995)

2.6. 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).

2.6.1 Kelongsoran Lereng

Kelongsoran lereng merupakan pergerakan material ke bawah dan keluar pada suatu lereng akibat berkurangnya kekuatan geser (Das, 2007). Jika permukaan tanah tidak horizontal, maka gravitasi akan menyebabkan tanah bergerak ke bawah seperti gambar berikut.



Gambar 2.11. Kelongsoran Lereng (Das, 2007)

Cruden dan Varnes (1996) mengklasifikasikan kelongsoran lereng menjadi lima tipe, yaitu:

a. Jatuhan (*Fall*)

Jatuhan yaitu material tanah dan atau batuan yang jatuh menuruni lereng.



Gambar 2.12. Kelongsoran Lereng *Fall*

b. Gulingan (*Topple*)

Gulingan merupakan rotasi massa tanah atau batuan pada suatu sumbu di bawah pusat gravitasi massa sebelumnya.



Gambar 2.13. Kelongsoran Lereng *Topple*

c. Gelincir (*Slide*)

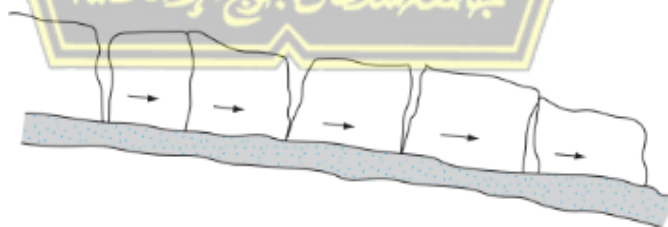
Gelincir adalah pergerakan massa tanah ke bawah yang terjadi pada permukaan rekahan. Gelincir dapat terjadi dikarenakan kegagalan gaya geser.



Gambar 2.14. Kelongsoran Lereng *Slide*

d. Penyebaran (*Spread*)

Penyebaran terjadi melalui pergerakan tiba-tiba lapisan pasir atau lanau yang mengandung air di atas tanah liat atau agregat.

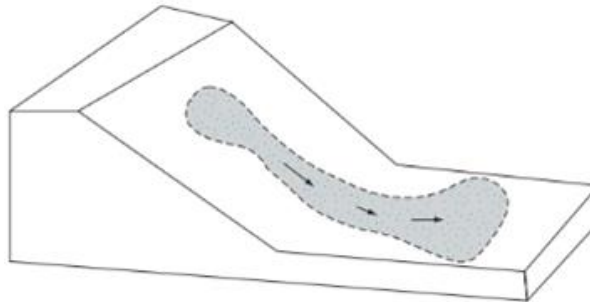


Gambar 2.15. Kelongsoran Lereng *Spread*

e. Aliran (*Flow*)

Aliran disebabkan oleh pergerakan suatu massa tanah yang mengandung fluida kental yang bergerak tanpa adanya bidang gelincir yang jelas. Bidang gelincirnya biasanya sesuai dengan bentuk permukaan tanah. letaknya

ditentukan oleh lekukan erosi atau lembah sungai. Biasanya aliran ini berasal dari kolam besar yang terletak di bagian atas suatu lereng.



Gambar 2.16. Kelongsoran Lereng *Flow*

2.6.2 Stabilitas Lereng

Runtuhnya lereng dapat terjadi karena perubahan topografi, gempa bumi, aliran air tanah, hilangnya kekuatan, tegangan dan perubahan cuaca. Apabila ada gaya luar yang bekerja pada material lereng, maka lereng akan menjadi licin. Kecenderungan terjadinya *slip* pada lereng ditahan oleh kuat geser dari material lereng itu sendiri.

Stabilitas lereng pada galian di tanah kohesif tergantung pada kekuatan tanah, kemiringan sudut galian. Stabilitas lereng pada galian di tanah berbutir kasar dipengaruhi oleh muka air tanah dan sudut gesek.

Kelongsoran pada lereng galian dapat disebabkan oleh hal-hal berikut:

- a. Perubahan pada profil lereng yang mengurangi gaya resisten untuk menjaga stabilitas lereng. Contohnya adalah penambahan dinding penahan diatas lereng.
- b. Peningkatan tekanan air pori, yang mengurangi ketahanan gesek di tanah tanpa kohesi, atau membengkak di tanah yang kohesif. Peningkatan tekanan air pori dapat terjadi oleh kejenuhan lereng akibat curah hujan, infiltrasi, atau kenaikan elevasi air tanah.
- c. berkurangnya kuat geser tanah akibat pelapukan (*weathering*), erosi, pelunakan, dan regangan geser bertahap.
- d. Getaran yang disebabkan oleh gempa bumi, peledakan, atau *pile driving*.

2.6.3 Keamanan Lereng

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

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_d} \dots\dots\dots (2.25)$$

F_s = angka *safety factor* terhadap kekuatan tanah

τ_f = tegangan geser tanah (kN/m²)

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

berikut kriteria keamanan desain mengacu pada sumber (Liu and Evett, 1992), dapat dilihat pada tabel,

Tabel 2.7. Klasifikasi Nilai *Safety Factor* (Liu and Evett, 1992)

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

2.7. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang penulis gunakan sebagai acuan dan bahan pembandingan diambil dari penelitian yang telah dilaksanakan oleh Delaneira Princess Seourin (2023) dalam tesis nya yang berjudul “Mekanisme Longsoran Galian Dalam pada Tanah Vulkanik”. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui mekanisme longsoran galian dalam pada tanah vulkanik dan memprediksi bidang gelincirnya. Analisa 3D yang dilakukan dalam penelitian terdahulu dengan metode elemen hingga yang dibantu oleh program MIDAS GTS dengan data yang diambil dari hasil monitoring di lapangan. Sedangkan penelitian yang penulis lakukan adalah menganalisis kondisi kritis pada beberapa titik yang dipantau dengan bantuan program Plaxis 2D.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Umum

Pembuatan model pada Tugas Akhir ini bertujuan sebagai program perancangan permodelan kehilangan daya dukung tanah pada lereng galian dalam akibat berkurangnya dukungan lateral. Tahap permodelan dan analisa data menggunakan program *software Plaxis 2D V20*.

3.2 Studi Literatur

Literatur yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini berdasarkan kajian hasil penelitian para ahli yang telah melaksanakan penelitian tentang potensi hilangnya daya dukung tanah pada suatu lereng galian dalam akibat berkurangnya dukungan lateral dengan tambahan beberapa literatur yang relevan dengan isi pembahasan memiliki persamaan permasalahan kehilangan daya dukung tanah pada lereng galian dalam. Literatur yang digunakan berupa jurnal, paper, diktat, makalah, laporan data dari penelitian terdahulu dan beberapa tambahan literatur lainnya. Dengan didapatkannya beberapa literatur tersebut digunakan sebagai salah satu dasar materi dalam penyusunan landasan teori dan sebagai acuan dalam penentuan metode yang akan digunakan dalam menganalisa besarnya daya dukung tanah yang hilang pada sebuah lereng galian dalam.

3.3 Pengumpulan Data

Untuk melakukan analisa permasalahan yang ada maka diperlukan adanya data lapangan. Dimana data yang diperoleh harus didapatkan di lapangan secara langsung dengan cara mengadakan beberapa tindakan penelitian dengan metode yang telah ditentukan agar dapat mengetahui kondisi tanah secara langsung di lapangan. Metode pengumpulan data di bagi menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder.

Data primer adalah sebuah hasil data yang diperoleh dengan langsung di tempat yang ingin dilakukan penelitian dengan cara melakukan beberapa tindakan

penelitian di lapangan maupun melakukan pengajuan pertanyaan ke warga yang berada di daerah penelitian.

Data sekunder adalah sebuah hasil data yang didapatkan secara tidak langsung. Dalam kata lain data ini diperoleh dari beberapa hasil penelitian, paper, jurnal, maupun informasi-informasi yang berkaitan dengan Lokasi penelitian dengan dasar data-data yang didapatkan tersebut relevan dan ilmiah.

Dalam penyusunan laporan analisis permodelan hilangnya daya dukung tanah pada lereng galian dalam ini menggunakan data sekunder yaitu dengan data parameter tanah yang diperoleh dari hasil penelitian oleh Delaneira Princess Seourin (2023) dan dijadikan dasar dalam pembuatan model analisa. Data tanah ini diperoleh melalui proses pengujian tanah yaitu: Uji Penetrasi Standar (SPT), Uji Pressuremeter (PMT), dan monitoring pergerakan lateral menggunakan inclinometer.

3.4 Teknik Pengolahan Data

Dari data sekunder yang diperoleh berupa data tanah Jalan Tol Cisumdawu yang menghubungkan Cileunyi-Sumedang-Dawuan kemudian dianalisis secara deskriptif, sehingga merujuk pada sumber-sumber yang relevan agar dapat menggambarkan data sebagaimana adanya dan dapat melakukan beberapa pengaturan sekaligus merujuk pada data asli. Besarnya faktor keamanan lereng dapat diketahui dari analisis data. Berikut Langkah-langkah yang harus diikuti:

1. Pendekatan teoritis tentang permasalahan daya dukung tanah
2. Merumuskan masalah dengan mengumpulkan data yang diperlukan
3. Menganalisis perhitungan nilai keamanan lereng menggunakan beberapa titik yang dipantau, dengan mengacu pada rumus tinjauan pustaka dan prosedur permodelan yang menjadi dasar penelitian.
4. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

3.5 Permodelan Tanah dengan Program *Plaxis 2D V20*

Program *Plaxis 2D V20* adalah sebuah *software* yang digunakan untuk analisis geoteknik dan rekayasa tanah. *Software* ini dirancang khusus untuk menganalisis masalah-masalah geoteknik yang kompleks seperti kestabilan lereng, pergerakan

tanah, interaksi tanah-struktur, dan pemadatan tanah. Dalam program *Plaxis 2D V20* memerlukan input parameter material untuk menentukan data profil material yang akan dianalisis.

a. Penginputan data

Dalam program *Plaxis 2D v20* memerlukan input parameter material untuk menentukan data profil material yang akan dianalisis, yaitu:

- Model tanah
- Tipe perilaku tanah
- Berat volume tanah jenuh (γ_{sat})
- Berat volume tanah kering (γ_{unsat})
- Permeabilitas vertikal (K_y)
- Permeabilitas horizontal (K_x)
- Modulus kekakuan (E_{50}^{ref} dan E_{ur}^{ref})
- Kohesi (c)
- *Friction angle* (ϕ)
- *Earth pressure at rest* (K_0)

b. Kalkulasi

Setelah permodelan geometri selesai dan data parameter dimasukkan, maka dilakukan pemilihan tipe perhitungan seperti analisis plastis, konsolidasi, *safety factor* dan lainnya. Dengan mengatur faktor pengali yang relevan dengan mengaktifkan perpindahan dan beban sebagai fungsi dari waktu.

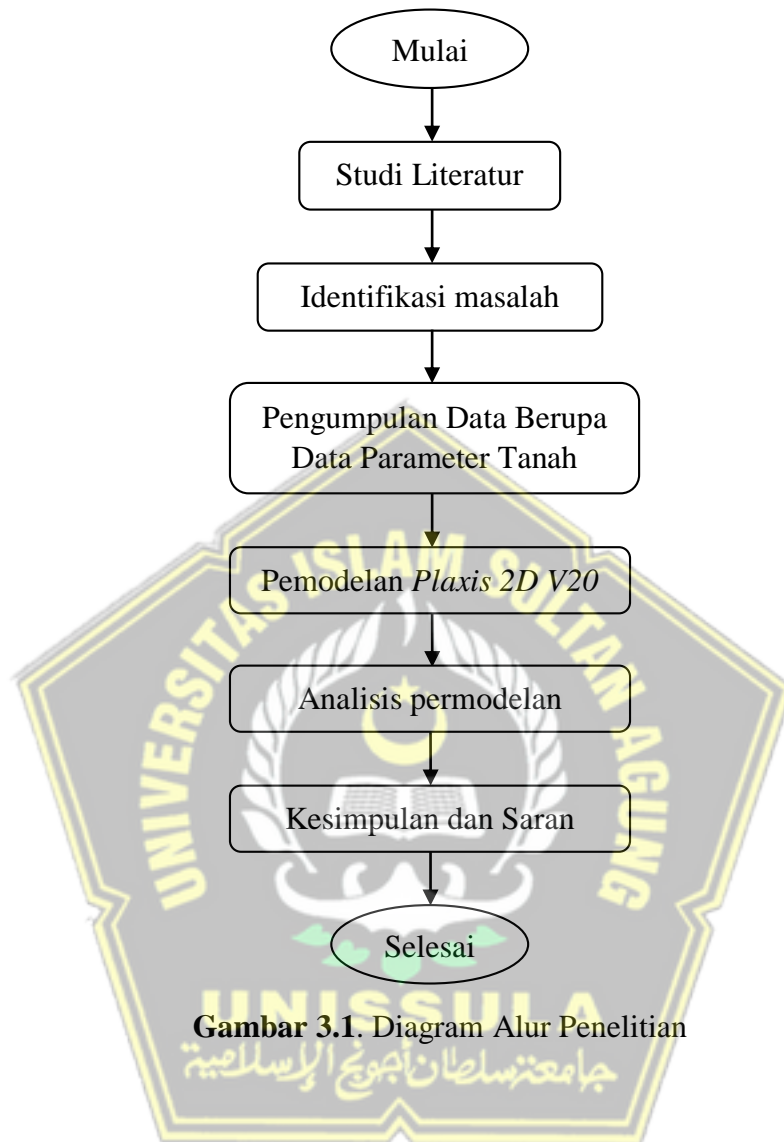
c. Hasil analisis permodelan

Tujuan dilakukannya analisa ini untuk mengetahui perbandingan tegangan maksimum terhadap garis *failure* tanah pada dua titik pantau dan ketinggian muka air berbeda yang mempengaruhi lereng. Oleh karena itu diperlukan hasil tekanan vertikal dan horizontal yang terjadi selama konstruksi.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Membuat kesimpulan yang sesuai dengan proses pengolahan data dan hasil proses yang didapatkan dengan penjelasan secara singkat dan dapat menggambarkan hasil analisa dengan jelas.

3.7 Alur Diagram Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian

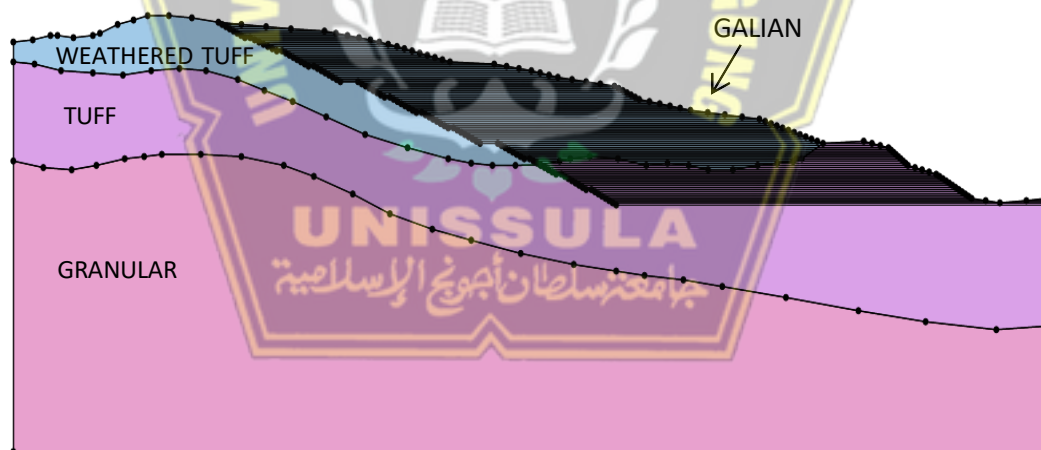
BAB IV

HASIL PEMBAHASAN

4.1. Pendahuluan

Bab ini menyajikan pembahasan tentang permodelan lereng dengan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D v20*. Pada penelitian ini penulis menggunakan data yang didapat dari data tanah proyek Jalan Tol Cisumdawu sebagai sampel penelitian guna pengolahan data sekunder. Analisa ini bertujuan unntuk mengetahui kehilangan daya dukung tanah pada lereng akibat berkurangnya dukungan lateral.

Dalam permodelan ini penulis membuat lereng dengan tiga jenis tanah yang disesuaikan dengan tanah pada lokasi proyek Jalan Tol Cisumdawu, yaitu *weathered tuff*, *tuff*, dan *granular*. Lereng ini memiliki galian sedalam 83m dari permukaan tanah. permodelan ini dilakukan pada kondisi muka air terletak pada $\pm 2\text{m}$ dari permukaan tanah atau pada tanah *weathered tuff* dan $\pm 30\text{m}$ dari permukaan tanah atau pada tanah *tuff* sebagai pembanding. Berikut merupakan geometri lereng dan penjelasan tentang jenis-jenis zona pada lereng.



Gambar 4.1. Geometri Lereng

4.2. Kondisi Geologi

Lokasi dari parameter tanah yang diambil dari penelitian terdahulu terletak di Bojongtotor tepatnya di STA 20+550 Jalan Tol Cisumdawu (Cileunyi-Sumedang-Dawuan) yang merupakan Jalan Tol Trans Jawa yang menghubungkan antara Bandung, Sumedang, dan majalengka.

Berikut data material yang digunakan pada permodelan menggunakan aplikasi *Plaxis 2D v20*:

Tabel 4.1. Parameter Tanah *Weathered Tuff*

Parameter	Nama	Keterangan	Unit
Model Material	Model	<i>Hardening Soil</i>	-
Tipe Perilaku	Tipe	<i>Undrained (A)</i>	-
Soil Unit Weight	γ_{sat}	15	(kN/m ³)
	γ_{unsat}	10	(kN/m ³)
Vertical Permeability	Ky	1.0	(m/day)
Horizontal Permeability	Kx	1.0	(m/day)
Young Modulus	E_{50}^{ref}	18.5	mPa
	E_{ur}^{ref}	74.3	mPa
Cohesion	C	20.9	kPa
Friction Angel	ϕ	26	°
Earth Pressure at Rest	K0	0.42	-

Tabel 4.2. Parameter Tanah *Tuff*

Parameter	Nama	Keterangan	Unit
Model Material	Model	<i>Hardening Soil</i>	-
Tipe Perilaku	Tipe	<i>Drained</i>	-
Soil Unit Weight	γ_{sat}	18	(kN/m ³)
	γ_{unsat}	16	(kN/m ³)
Vertical Permeability	Ky	0.0001	(m/day)
Horizontal Permeability	Kx	0.0001	(m/day)
Young Modulus	E_{50}^{ref}	59	mPa
	E_{ur}^{ref}	200	mPa
Cohesion	C	53.7	kPa
Friction Angel	ϕ	50.7	°
Earth Pressure at Rest	K0	1.9	-

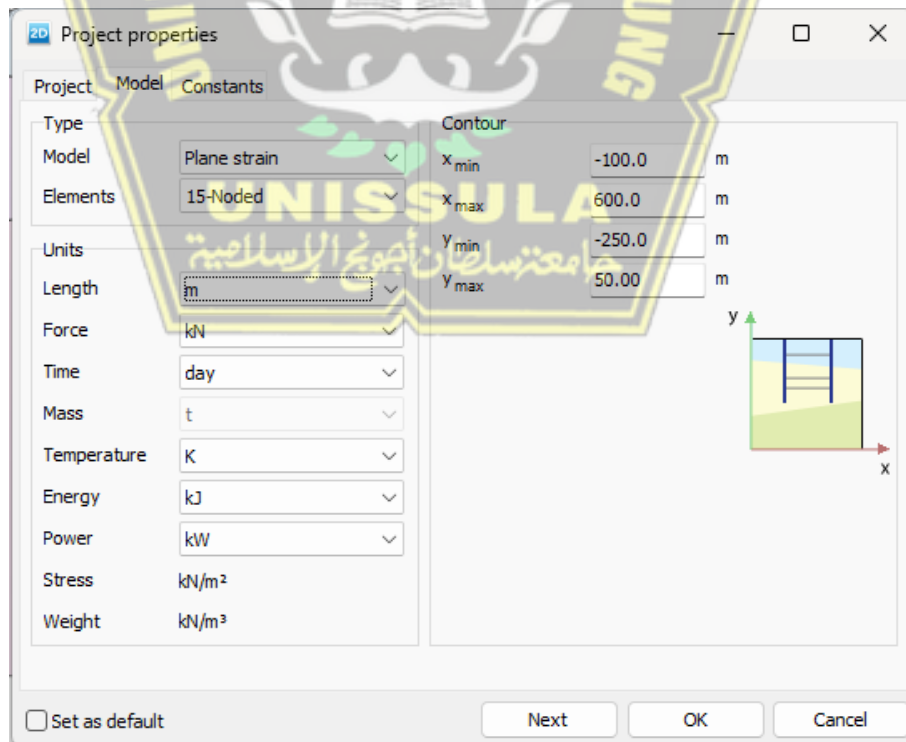
Tabel 4.3. Parameter Tanah Granular

Parameter	Nama	Keterangan	Unit
Model Material	Model	<i>Hardening Soil</i>	-
Tipe Perilaku	Tipe	<i>Drained</i>	-
Soil Unit Weight	γ_{sat}	21	(kN/m ³)
	γ_{unsat}	18	(kN/m ³)
Vertical Permeability	Ky	1.0	(m/day)
Horizontal Permeability	Kx	1.0	(m/day)
Young Modulus	E ₅₀ ^{ref}	57	mPa
	E _{ur} ^{ref}	171	mPa
Cohesion	C	0	kPa
Friction Angel	ϕ	49.2	°
Earth Pressure at Rest	K0	1.7	-

4.4. Tahap Proses Perhitungan *Plaxis 2D v20*

a. *Project properties*

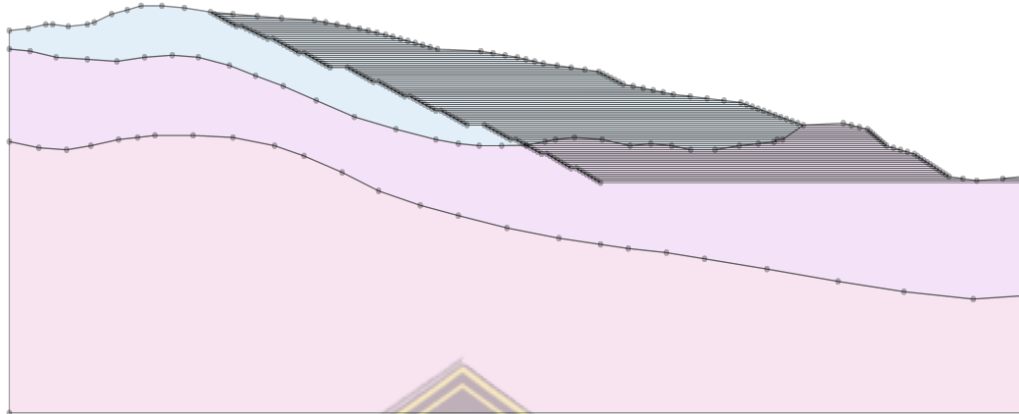
Pada analisis ini menggunakan total lima belas node elemen dengan model *plane strain*. Dimensi geometris diatur sedemikian rupa sehingga lokasi desain dapat berada tepat di tengah-tengah.



Gambar 4.3. *Project Properties*

b. Geometri

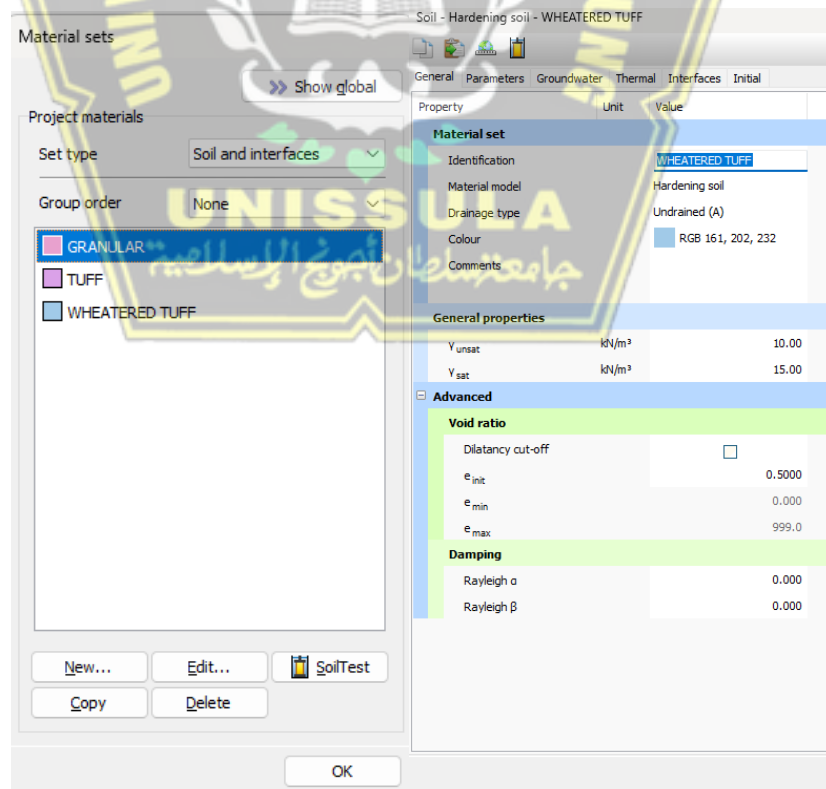
Permodelan lereng dibuat sesuai dengan kebutuhan analisis yaitu dengan rencana kedalaman galian sedalam 83m.



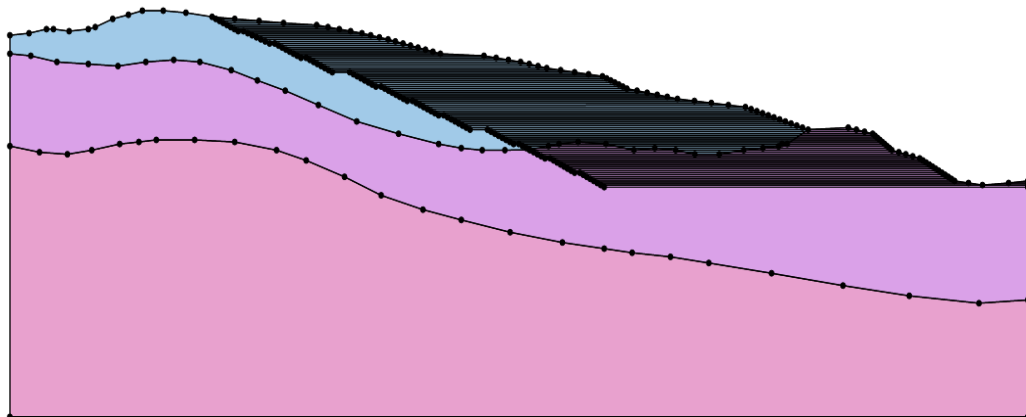
Gambar 4.4. Geometri Permodelan

c. Input material

Pada tahap *input material*, data dimasukkan sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Buka *tool show material-material sets*, pilih *soil and interfaces* pada *set type* kemudian pilih *new* untuk memasukkan nama, jenis, dan parameter tanah.



Gambar 4.5. Input Material



Gambar 4.6. Geometri *Input Material*

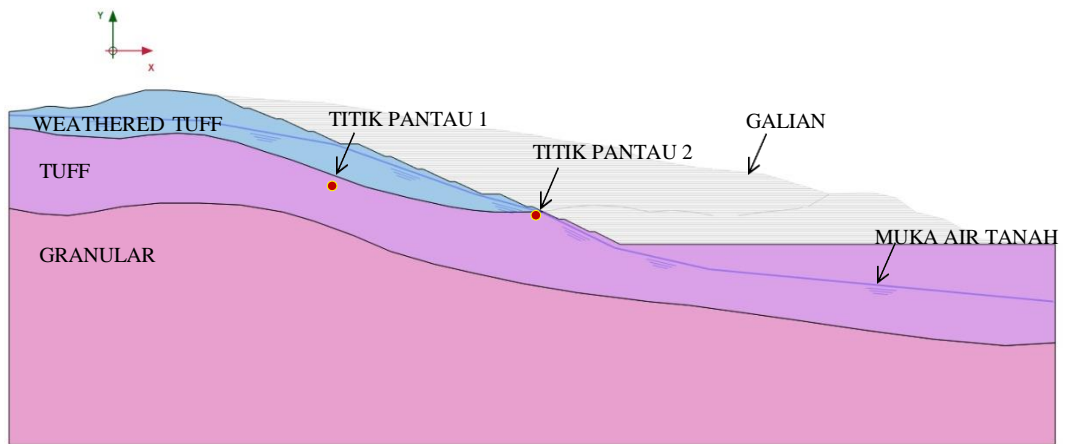
d. *Initial condition*

Initial condition adalah kondisi awal untuk menentukan ketinggian air pada tanah. pada analisis ini permodelan pertama *ground water level* diasumsikan berada pada tanah *tuff*, sedangkan untuk permodelan kedua *ground water level* diasumsikan berada pada tanah *weathering tuff*.



Gambar 4.7. *Initial Condition* Permodelan Muka Air Rendah

Pada gambar 4.7. merupakan kondisi awal dari permodelan muka air rendah, yaitu lereng dengan kedalaman galian 83m dengan kondisi muka air di bawah titik pantau. Titik pantau 1 terletak pada galian $\pm 55\text{m}$ dan titik pantau 2 terletak pada galian $\pm 66\text{m}$.

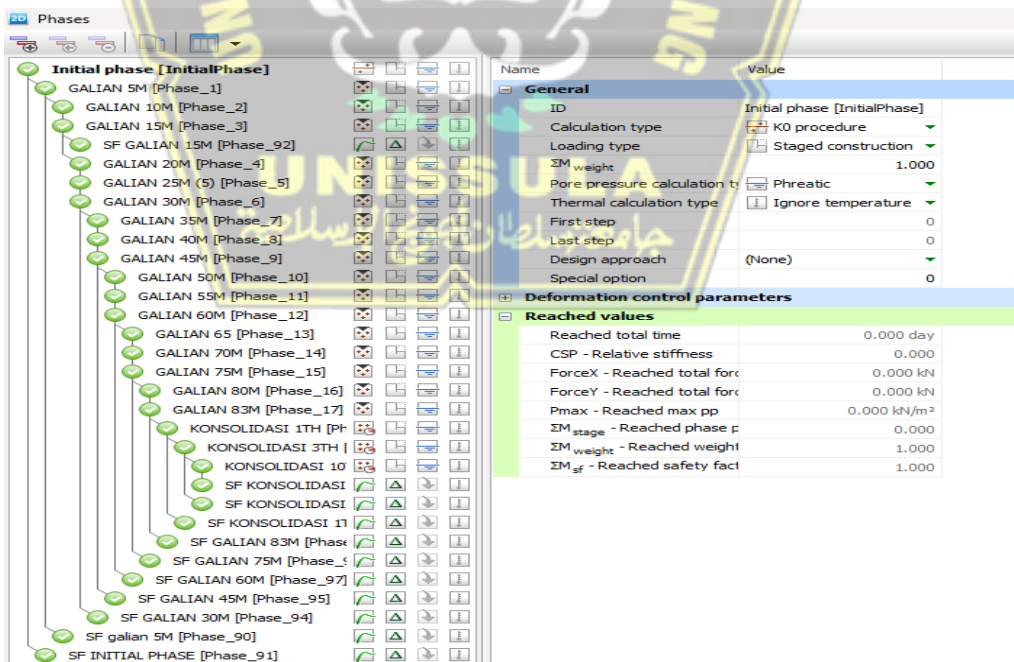


Gambar 4.8. *Initial Condition* Permodelan Muka Air Tinggi

Pada gambar 4.8. merupakan kondisi awal dari permodelan muka air tinggi, yaitu lereng dengan kedalaman galian 83m dengan kondisi muka air tanah di atas titik pantau. Titik pantau 1 terletak pada galian $\pm 55\text{m}$ dan titik pantau 2 terletak pada galian $\pm 66\text{m}$.

e. *Input phase*

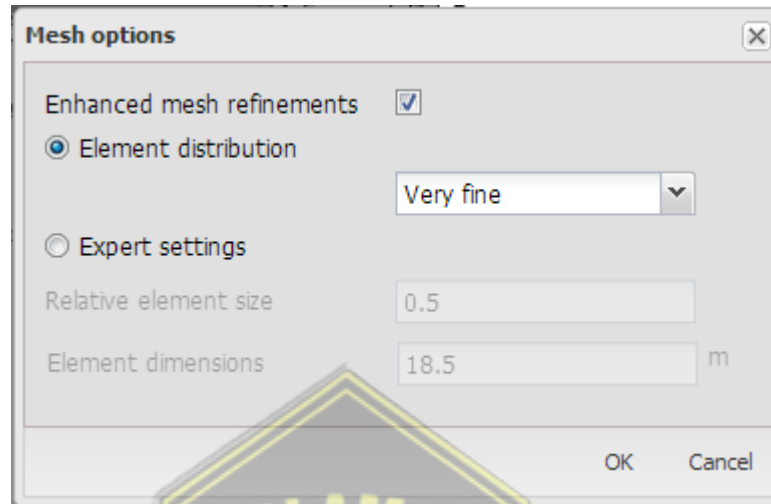
Phase digunakan untuk memasukkan dan mengatur kondisi yang akan dibuat, seperti *calculation type*, *time interval*, dan lainnya. pada analisis ini *phase* yang digunakan sebanyak 32 *phase*.



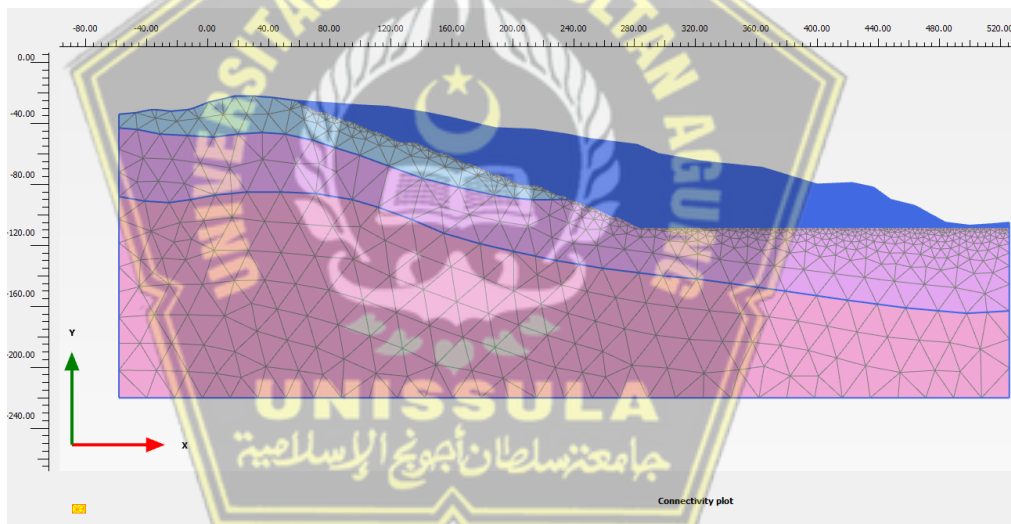
Gambar 4.9. *Phases*

f. *Mesh generation*

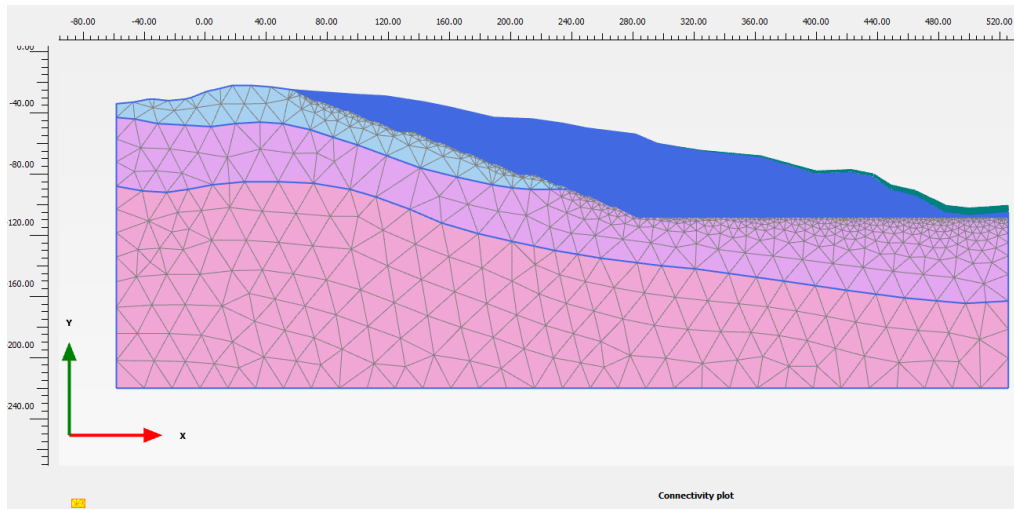
Pada jendela *mesh*, digunakan pilihan *very fine* untuk mendapatkan hasil yang sangat baik dan agar perintah yang dibuat pada jendela struktur menjadi aktif.



Gambar 4.10. Jendela *Mesh*



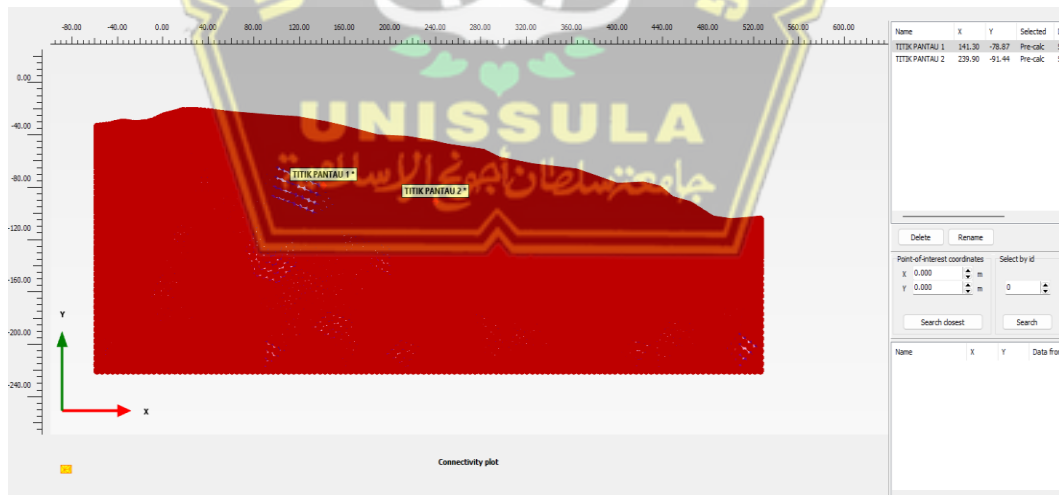
Gambar 4.11. *Output Mesh Generation* Permodelan Muka Air Rendah



Gambar 4.12. Output Mesh Generation Permodelan Muka Air Tinggi

4.5. Penentuan Titik Monitoring

Penentuan titik monitoring pada desain dilakukan untuk mengetahui *output* dari *Plaxis*, guna mengetahui lebih detail hasil per lapisan dalam tanah. Dalam hal ini titik monitoring yang penulis gunakan adalah *stress point* nomor 211057 dan *stress point* nomor 216655 yang kemudian diberi nama titik pantau 1 dan titik pantau 2. Titik pantau ini diambil melalui *incremental strain* untuk mengetahui bidang gelincirnya.



Gambar 4.13. Titik Monitoring

4.6. Hasil Analisa Permodelan Muka Air Rendah dan Permodelan Muka Air Tinggi

Dalam analisis ini ada dua permodelan dengan dua titik pantau yang digunakan pada galian dengan kedalaman per 15 meter, yaitu pada kondisi initial phase, galian 5m, galian 15m, galian 30m, galian 45m, galian 60m, galian 75m, dan terakhir galian paling dalam yaitu 83m. Titik pantau 1 berada pada kedalaman ± 55 m, sedangkan untuk titik pantau 2 berada pada kedalaman ± 66 m atau pada batas antara tanah weathered tuff dan tanah tuff.

4.6.1. Safety factor

Safety factor atau faktor keamanan merupakan hasil dari perbandingan antara kuat geser tanah dan tegangan gesernya. Pada analisis ini *safety factor* pada *initial phase* ditargetkan minimal 1.5 sesuai dengan kriteria keamanan galian pada tabel 2.7.

Tabel 4.4. *Safety Factor*

<i>Safety Factor</i>	Permodelan Muka Air Rendah	Permodelan Muka Air Tinggi
<i>Initial Phase</i>	2.644	2.306
Galian 1m	2.642	2.337
Galian 15m	2.645	2.488
Galian 30m	2.464	2.015
Galian 45m	2.454	1.882
Galian 60m	2.452	1.843
Galian 75m	2.434	1.824
Galian 83m	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 2.7 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 factornya*.

4.6.2. Nilai tekanan tanah

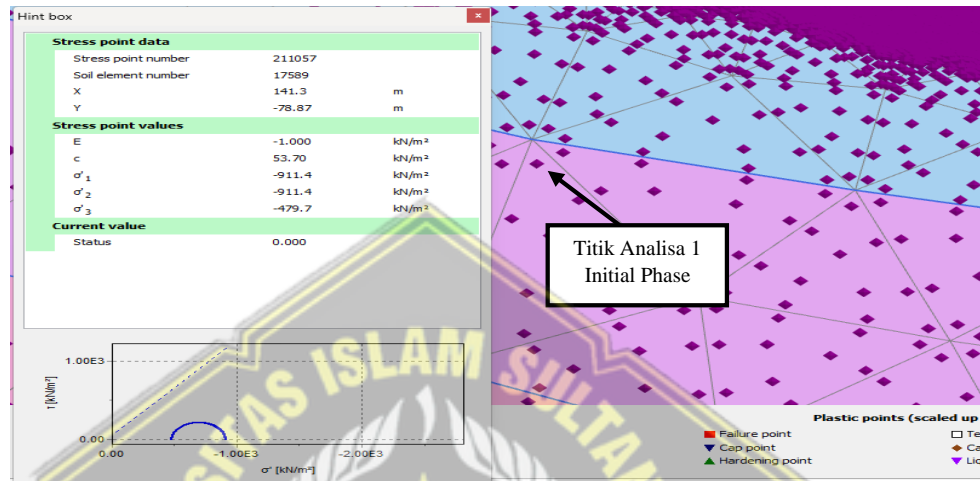
Pada analisis ini nilai tekanan pada tanah: tekanan vertikal (σ_v/σ'_1) dan tekanan horizontal (σ_h/σ'_3) diambil dari 2 titik pantau pada desain, tepatnya pada *stress point*

nomor 211057 dan 216655. Nilai tekanan tanah ini dianalisis pada kedalaman per 15m.

a. Titik pantau 1 permodelan muka air rendah

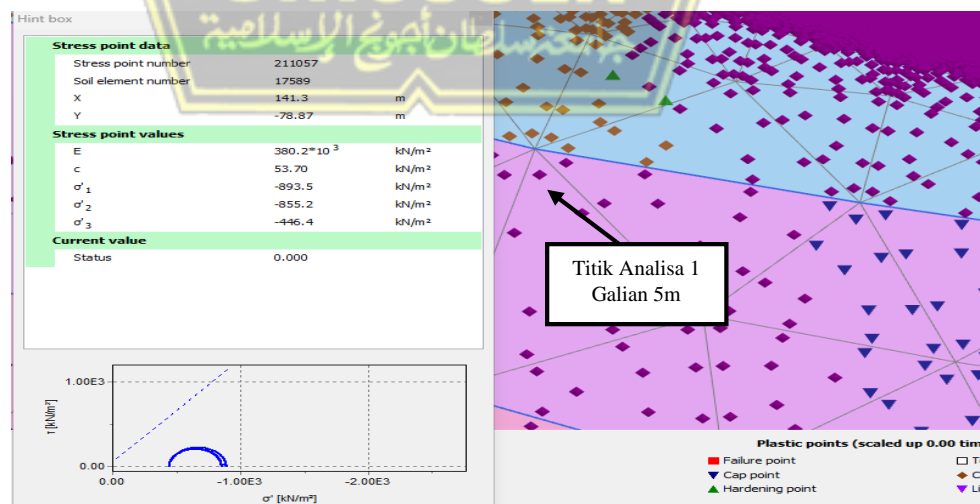
Titik pantau 1 terletak pada kedalaman $\pm 55\text{m}$, *stress point* nomor 211057.

- Kondisi initial phase menghasilkan σ_3 sebesar 479.7 kN/m^2 dan σ_1 sebesar 911.4 kN/m^2 , dapat dilihat pada gambar 4.14.



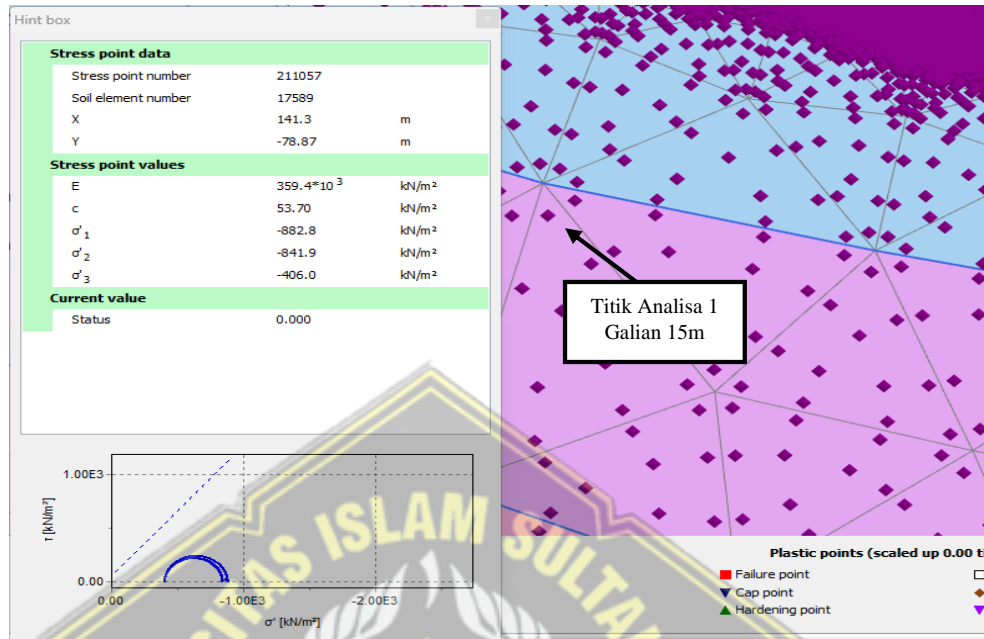
Gambar 4.14. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Pantau 1 Pada *Initial Phase*

- Kondisi Galian 5m menghasilkan σ_3 sebesar 446.4 kN/m^2 dan σ_1 sebesar 893.5 kN/m^2 , lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 5m ini bergeser ke kiri dari kondisi awal atau lebih kecil dari kondisi *initial phase*, dapat dilihat pada gambar 4.15.



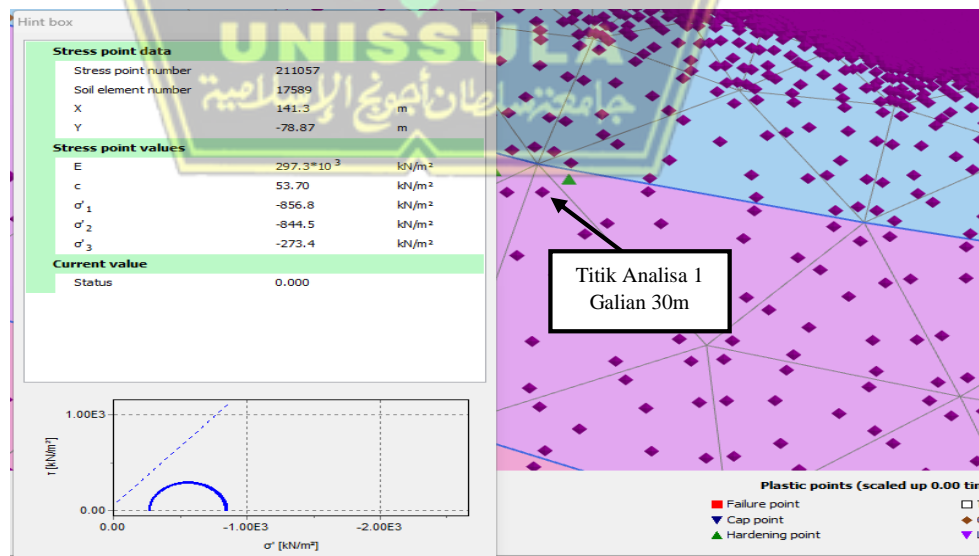
Gambar 4.15. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Analisa 1 Pada Galian 5m

- Kondisi Galian 15m menghasilkan σ_3 sebesar 406.0 kN/m² dan σ_1 sebesar 882.8 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 15m ini bergeser ke kiri atau lebih kecil dari galian 5m, dapat dilihat pada gambar 4.16.



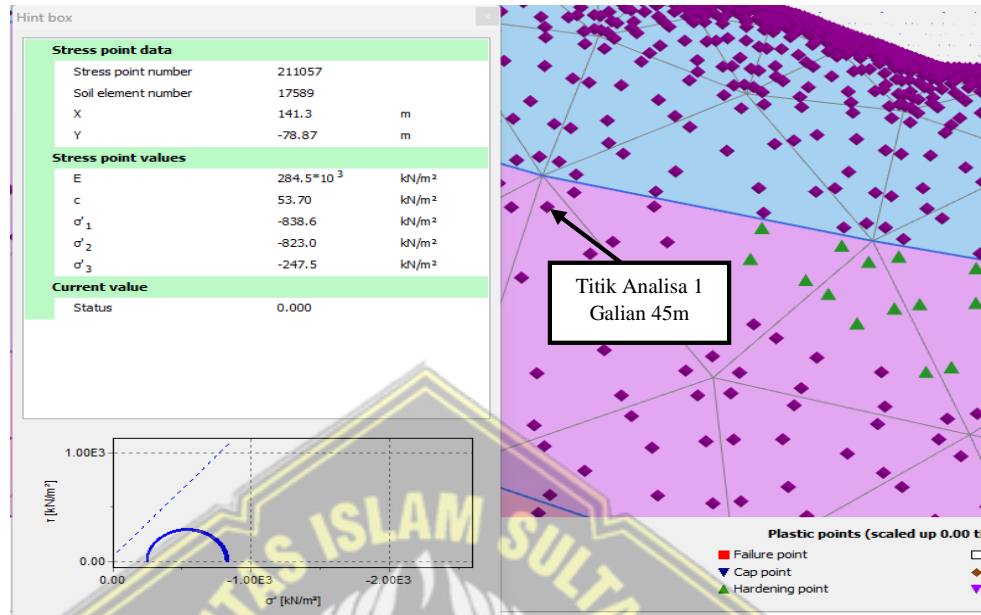
Gambar 4.16. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Analisa 1 Pada Galian 15m

- Kondisi Galian 30m menghasilkan σ_3 sebesar 273.4 kN/m² dan σ_1 sebesar 856.8 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 30m ini bergeser ke kiri atau lebih kecil dari galian 15m, dapat dilihat pada gambar 4.17.



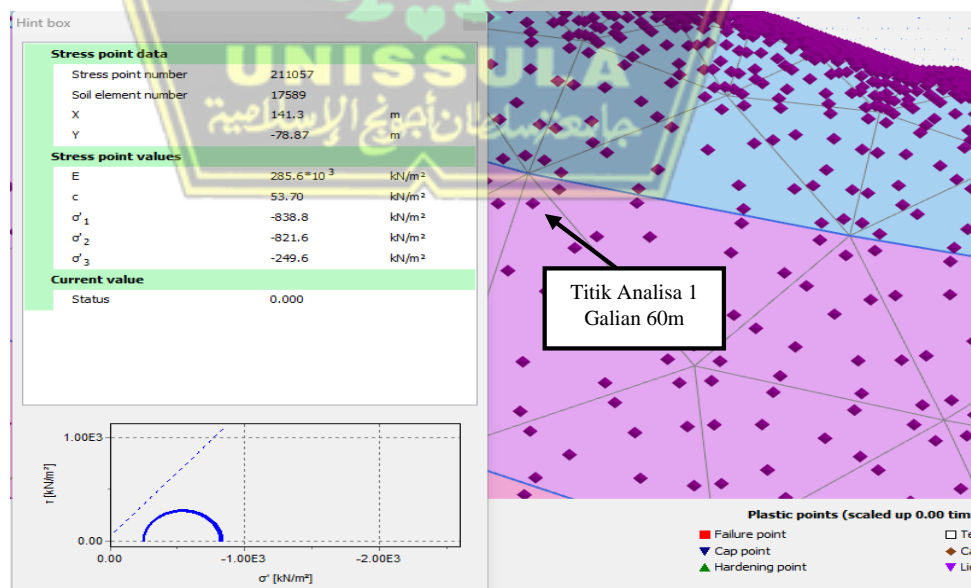
Gambar 4.17. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Analisa 1 Pada Galian 30m

- Kondisi Galian 45m menghasilkan σ'_3 sebesar 838.6 kN/m² dan σ'_1 sebesar 247.5 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 45m ini bergeser ke kiri atau lebih kecil dari galian 30m, dapat dilihat pada gambar 4.18.



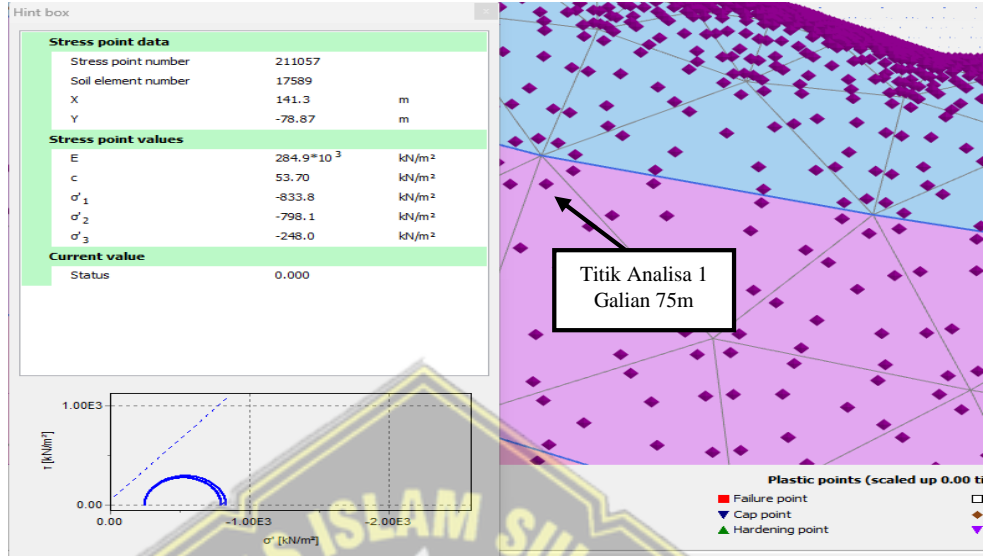
Gambar 4.18. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Analisa 1 Pada Galian 45m

- Kondisi Galian 60m menghasilkan σ'_3 sebesar 249.6 kN/m² dan σ'_1 sebesar 838.8 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 60m ini bergeser ke kanan atau lebih besar dari galian 45m, dapat dilihat pada gambar 4.19.



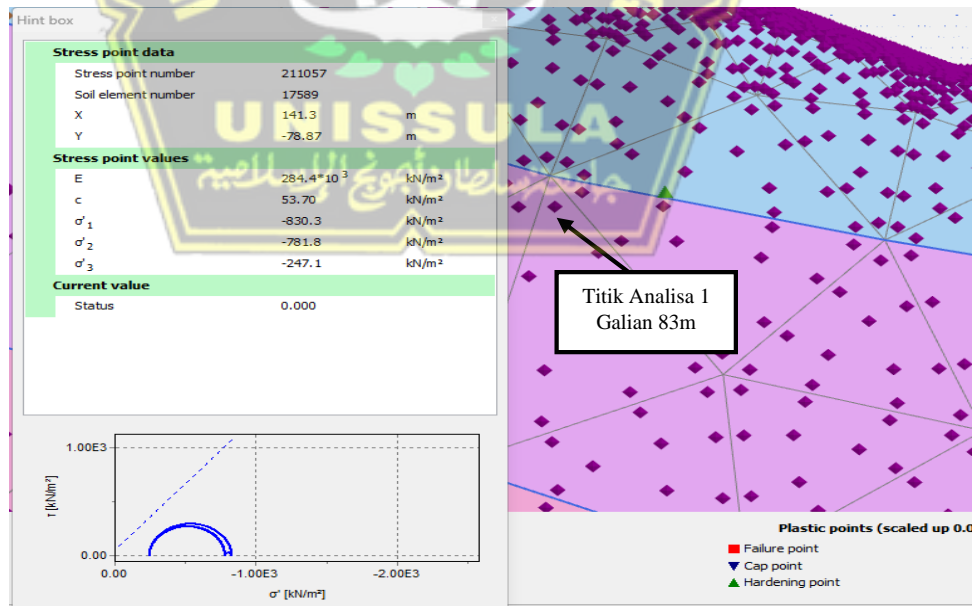
Gambar 4.19. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Analisa 1 Pada Galian 60m

- Kondisi Galian 75m menghasilkan σ_3 sebesar 248,0 kN/m² dan σ_1 sebesar 833.8 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 75m ini bergeser ke kiri atau lebih kecil dari dari galian 60m, dapat dilihat pada gambar 4.20.



Gambar 4.20. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Analisa 1 Pada Galian 75m

- Kondisi Galian 83m menghasilkan σ_3 sebesar 247.1 kN/m² dan σ_1 sebesar 830.3 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 83m ini bergeser ke kiri atau lebih kecil dari galian 75m, dapat dilihat pada gambar 4.21.

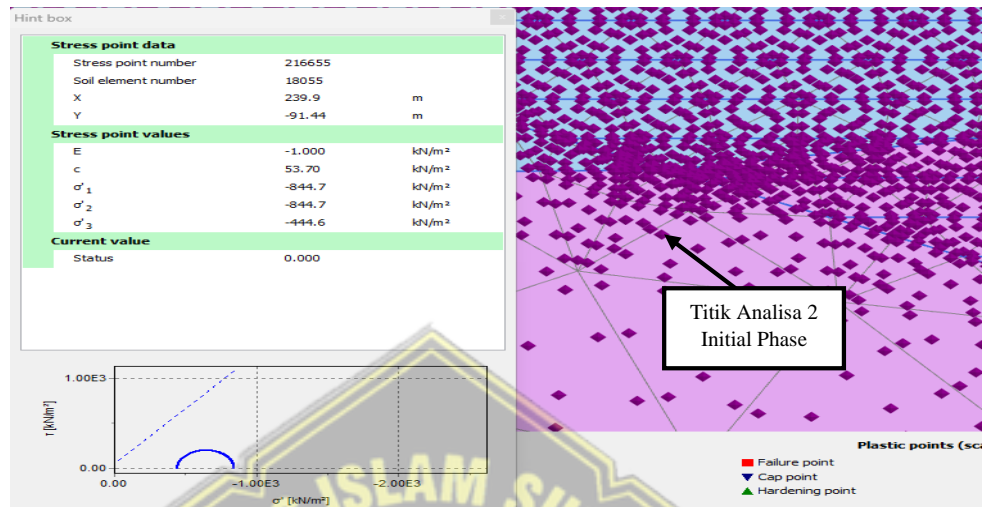


Gambar 4.21. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Analisa 1 Pada Galian 83m

b. Titik analisa 2 permodelan muka air rendah

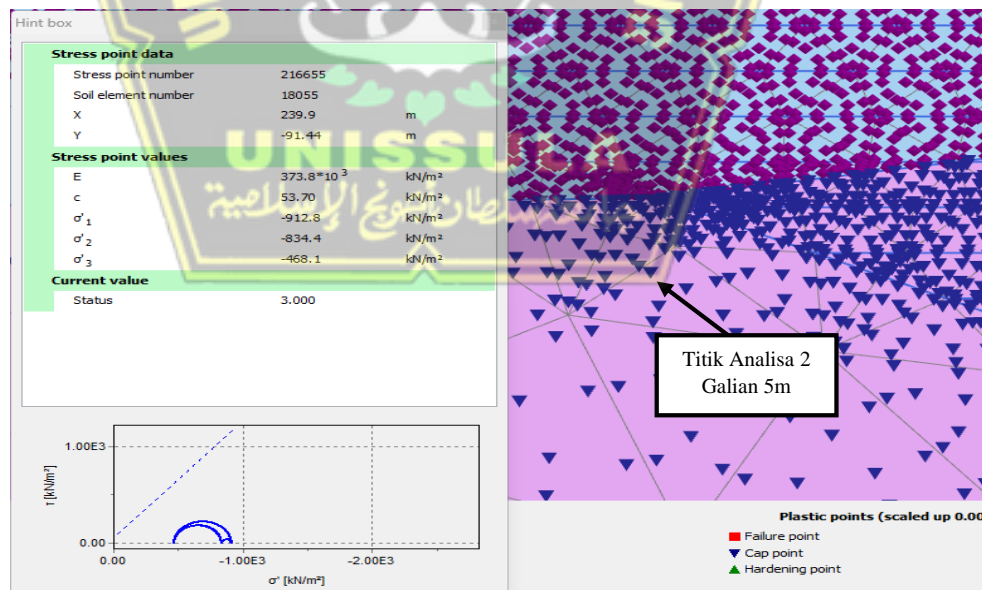
Titik analisa 2 berada pada kedalaman ±66m, *stress point* nomor 216655.

- Kondisi initial phase menghasilkan σ_3 sebesar 444.6 kN/m² dan σ_1 sebesar 844.7 kN/m², dapat dilihat pada gambar 4.22.



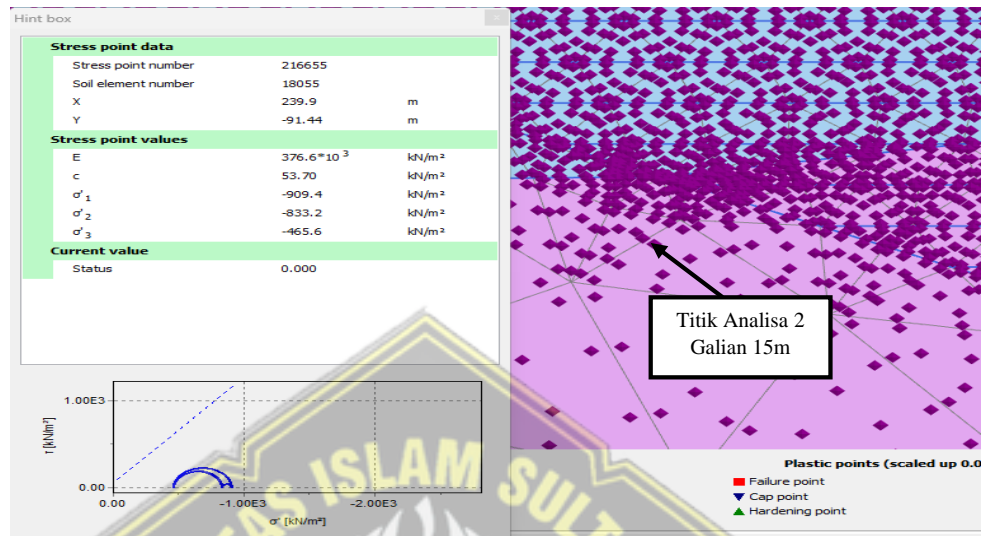
Gambar 4.22. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Analisa 2 Pada *Initial Phase*

- Kondisi Galian 5m menghasilkan σ_3 sebesar 468.1 kN/m² dan σ_1 sebesar 912.8 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 1m ini memiliki ukuran lebih besar dari kondisi awal, dapat dilihat pada gambar 4.23.



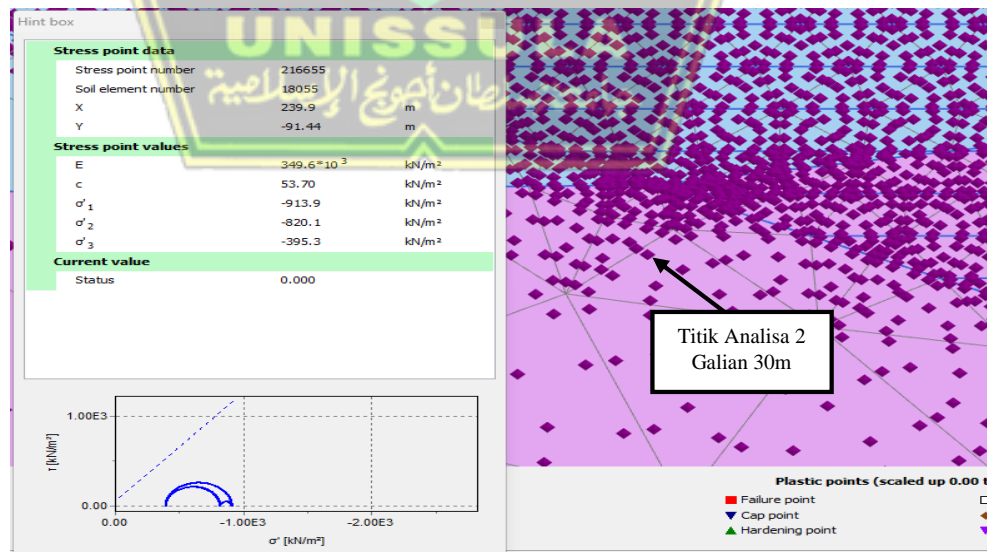
Gambar 4.23. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Analisa 2 Pada Galian 5m

- Kondisi Galian 15m menghasilkan σ_3 sebesar 465.6 kN/m² dan σ_1 sebesar 909.4 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 15m ini lebih kecil dari galian 5m namun tetap lebih besar dari kondisi awal, dapat dilihat pada gambar 4.24.



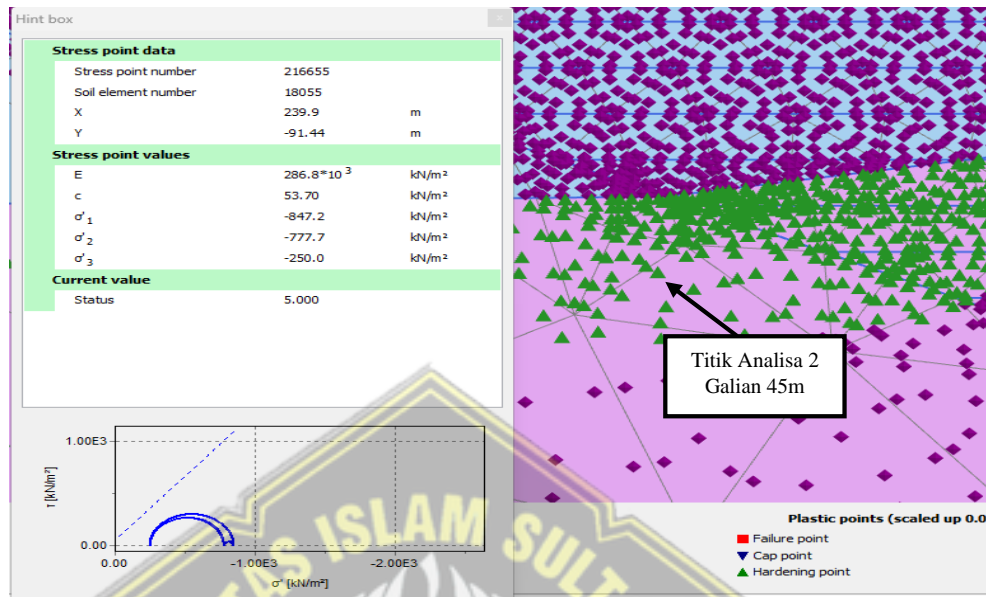
Gambar 4.24. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Analisa 2 Pada Galian 15m

- Kondisi Galian 30m menghasilkan σ_3 sebesar 395.3 kN/m² dan σ_1 sebesar 913.9 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 30m ini lebih kecil dari galian 15m namun tetap lebih besar dari kondisi awal, dapat dilihat pada gambar 4.25.



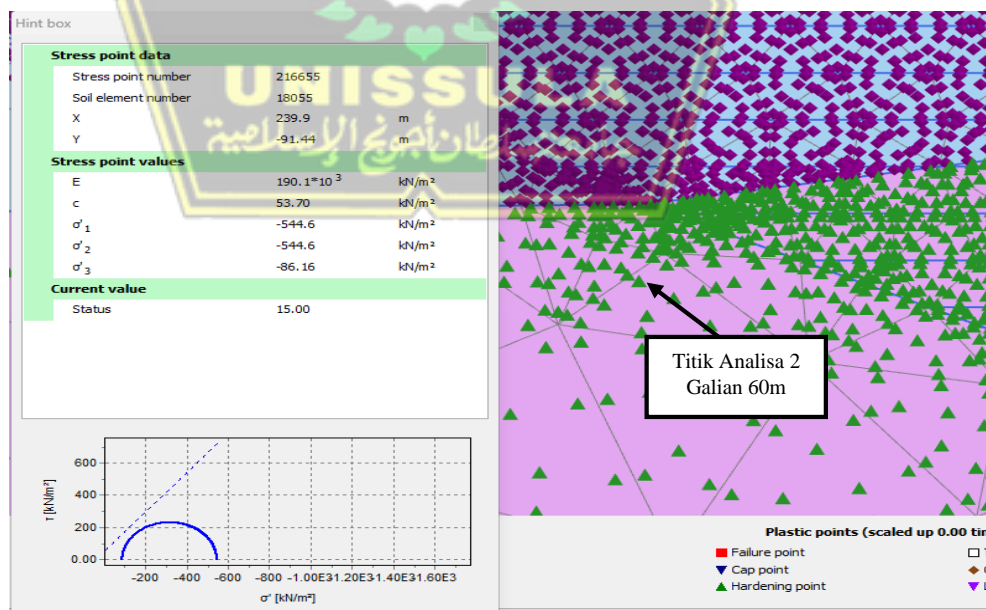
Gambar 4.25. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Analisa 2 Pada Galian 30m

- Kondisi Galian 45m menghasilkan σ_3 sebesar 250.0 kN/m² dan σ_1 sebesar 847.2 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 45m ini lebih kecil dari galian 30m dan kondisi awal, dapat dilihat pada gambar 4.26.



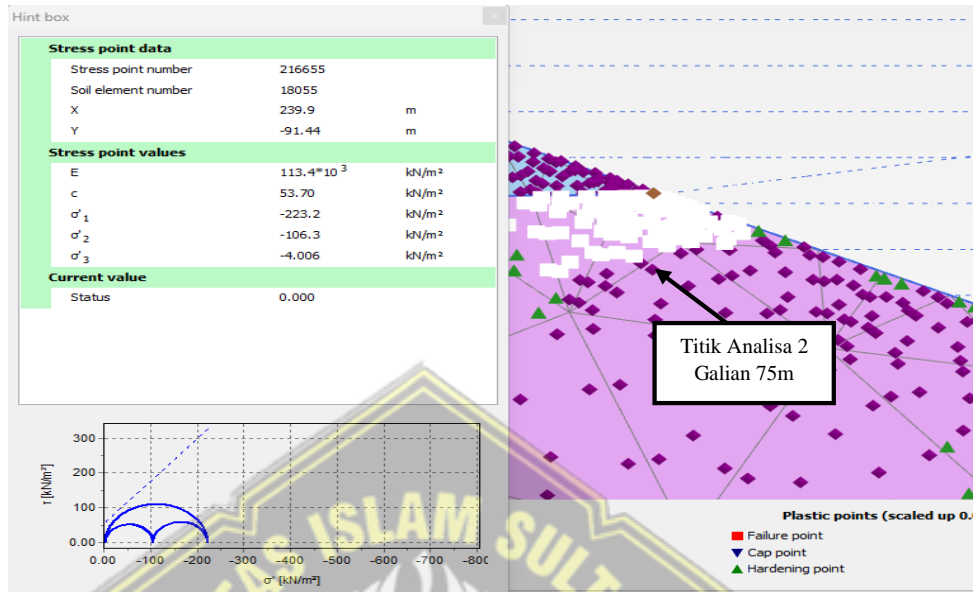
Gambar 4.26. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Analisa 2 Pada Galian 45m

- Kondisi Galian 60m menghasilkan σ_3 sebesar 86.16 kN/m² dan σ_1 sebesar 544.6 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 60m ini lebih kecil dari galian 45m, dapat dilihat pada gambar 4.27.



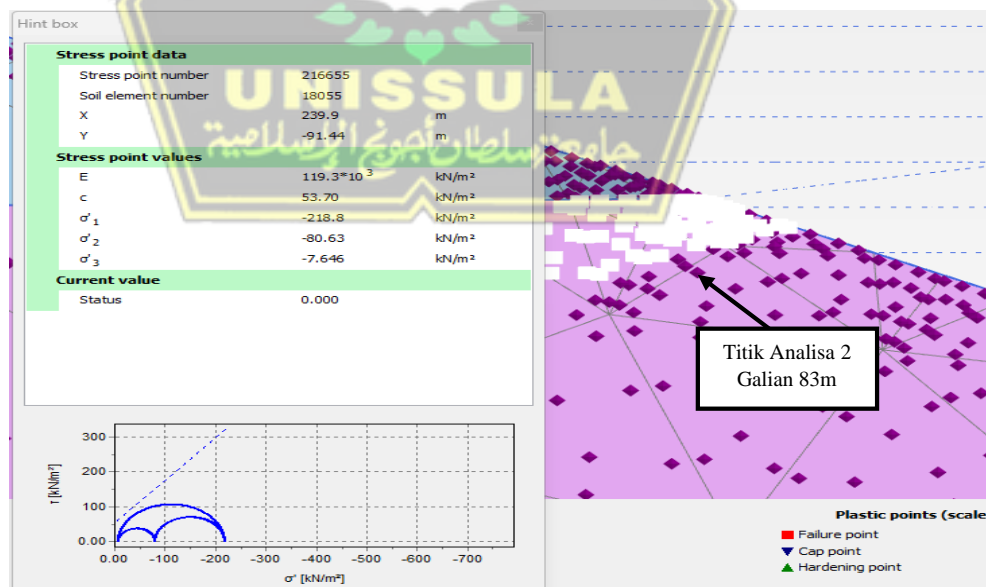
Gambar 4.27. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Analisa 2 Pada Galian 60m

- Kondisi Galian 75m menghasilkan σ_3 sebesar 4.006 kN/m² dan σ_1 sebesar 223.2 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 75m ini lebih kecil dari galian 60m, dapat dilihat pada gambar 4.28.



Gambar 4.28. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Analisa 2 Pada Galian 75m

- Kondisi Galian 83m menghasilkan σ_3 sebesar 7.646 kN/m² dan σ_1 sebesar 218.8 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 83m ini lebih besar dari galian 75m, dapat dilihat pada gambar 4.29.



Gambar 4.29. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah Titik Analisa 2 Pada Galian 83m

Tabel 4.5. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah pada Titik Pantau 1

Titik Pantau 1 Muka Air Rendah	σ'_3	σ'_1
	(kN/m ²)	(kN/m ²)
Initial Phase	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 30m, sedangkan mulai galian 30m hingga 60m nilai σ'_3 ada kenaikan dan kembali menurun hingga pada galian 83m. Hal ini dikarenakan pengaruh dari lokasi titik pantau terhadap kedalaman suatu galian.

Tabel 4.6. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Rendah pada Titik Pantau 2

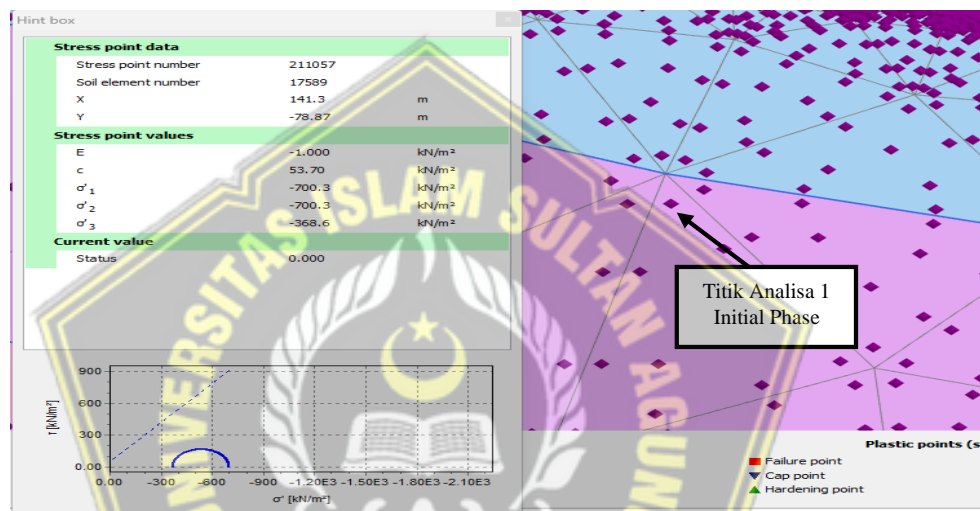
Titik Pantau 2 Muka Air Rendah	σ'_3	σ'_1
	(kN/m ²)	(kN/m ²)
Initial Phase	444,60	844,70
Galian 5 m	468,10	912,80
Galian 15 m	465,60	909,40
Galian 30 m	395,30	913,90
Galian 45 m	250,00	847,20
Galian 60 m	86,16	544,60
Galian 75 m	4,01	223,20
Galian 83 m	7,65	218,80

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

c. Titik analisa 1 permodelan muka air tinggi

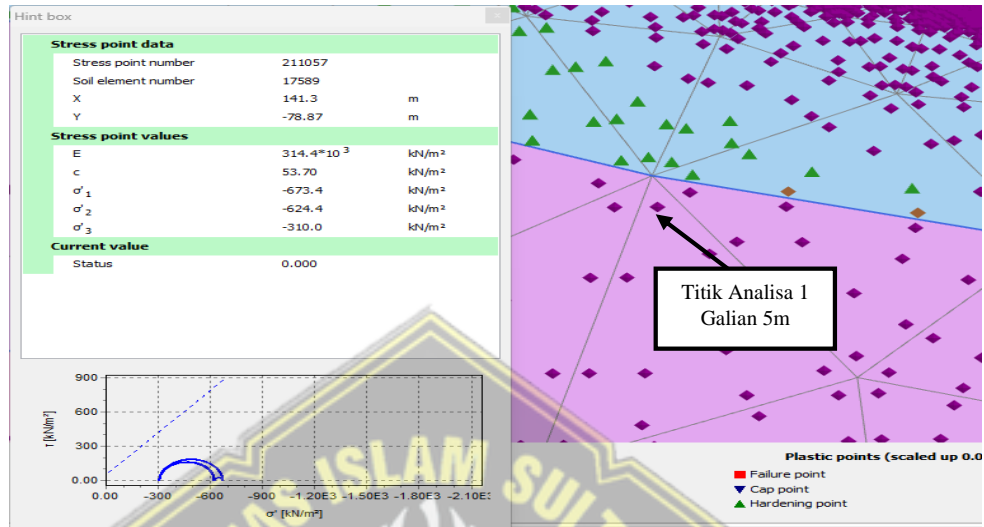
Titik analisa 1 terletak pada kedalaman $\pm 55m$, *stress point* nomor 211057.

- Kondisi initial phase menghasilkan σ_3 sebesar 368.6 kN/m^2 dan σ_1 sebesar 700.3 kN/m^2 , dapat dilihat pada gambar 4.30.



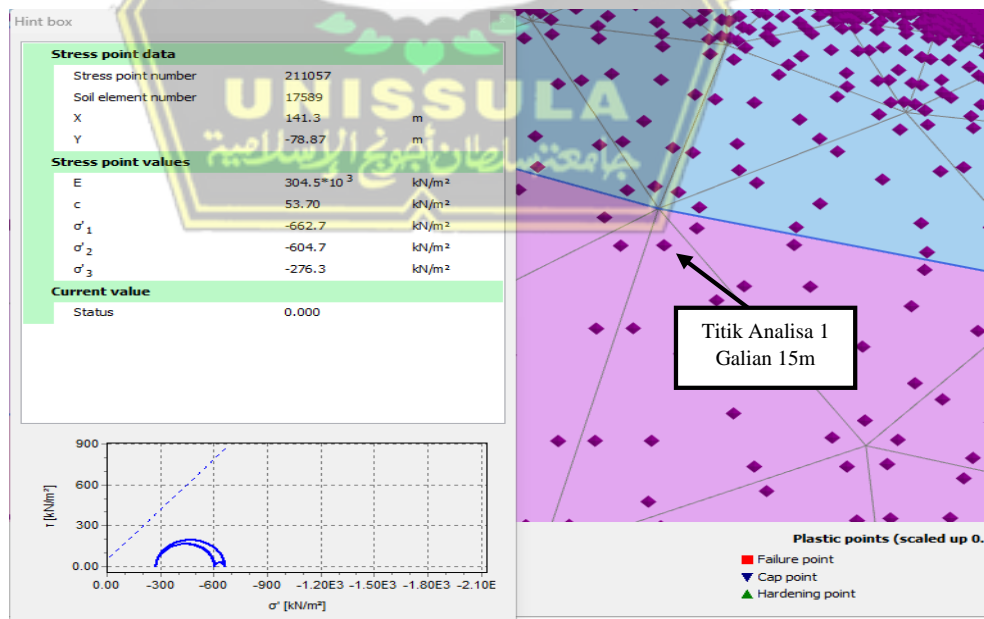
Gambar 4.30. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 1 Pada *Initial Phase*

- Kondisi Galian 5m menghasilkan σ_3 sebesar 310.0 kN/m² dan σ_1 sebesar 673.4 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 5m ini bergeser ke kiri dari kondisi awal atau lebih kecil dari kondisi *initial phase*, dapat dilihat pada gambar 4.31.



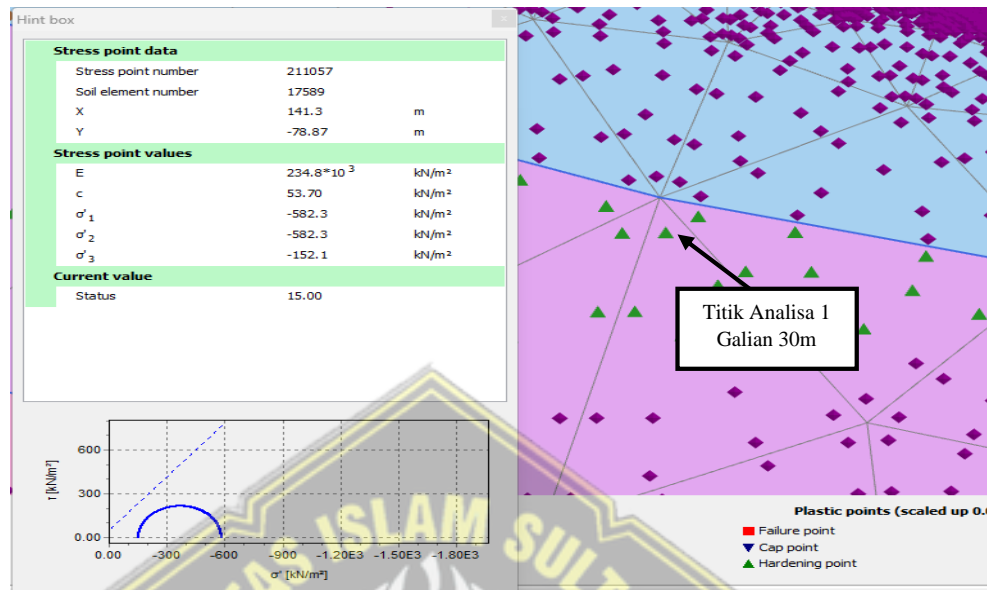
Gambar 4.31. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 1 Pada Galian 5m

- Kondisi Galian 15m menghasilkan σ_3 sebesar 276.3 kN/m² dan σ_1 sebesar 662.7 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 15m ini bergeser ke kiri atau lebih kecil dari galian 5m, dapat dilihat pada gambar 4.32.



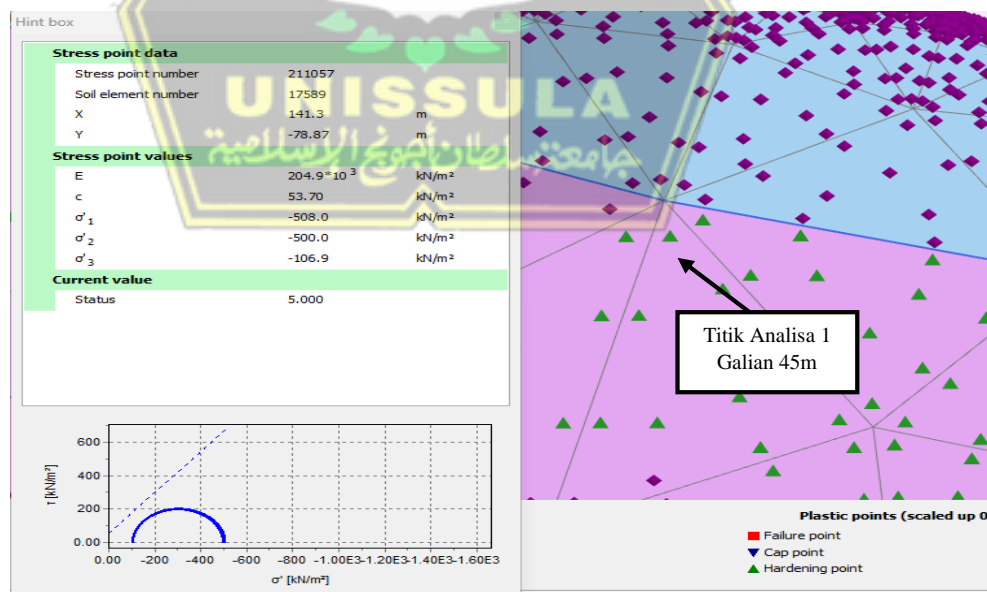
Gambar 4.32. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 1 Pada Galian 15m

- Kondisi Galian 30m menghasilkan σ_3 sebesar 152.1 kN/m² dan σ_1 sebesar 582.3 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 30m ini bergeser ke kiri atau lebih kecil dari galian 15m, dapat dilihat pada gambar 4.33.



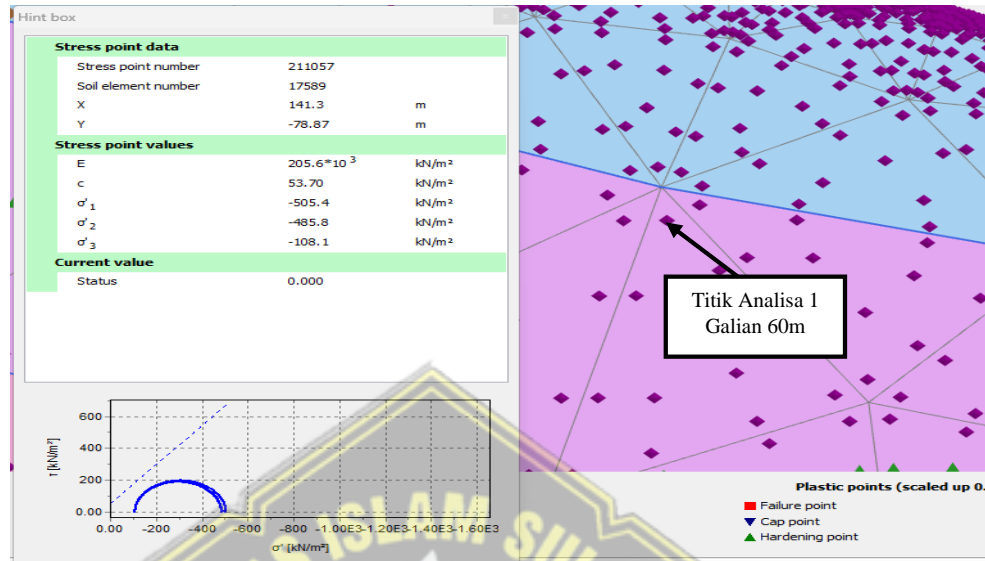
Gambar 4.33. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 1 Pada Galian 30m

- Kondisi Galian 45m menghasilkan σ_3 sebesar 106.9 kN/m² dan σ_1 sebesar 508.0 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 45m ini bergeser ke kiri atau lebih kecil dari galian 30m, dapat dilihat pada gambar 4.34.



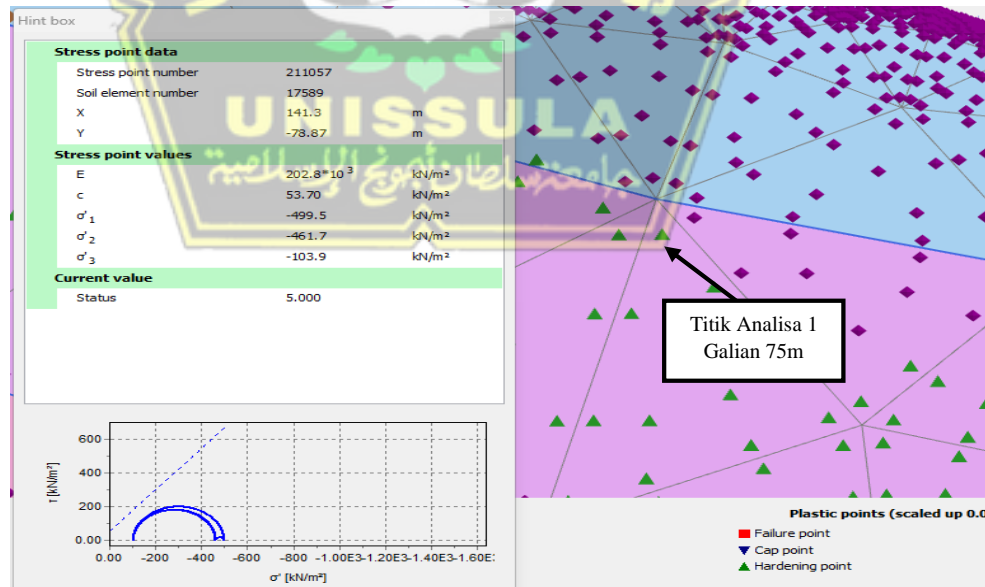
Gambar 4.34. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 1 Pada Galian 45m

- Kondisi Galian 60m menghasilkan σ_3 sebesar 108.1 kN/m² dan σ_1 sebesar 505.4 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 60m ini bergeser ke kanan atau lebih besar dari galian 45m, dapat dilihat pada gambar 4.35.



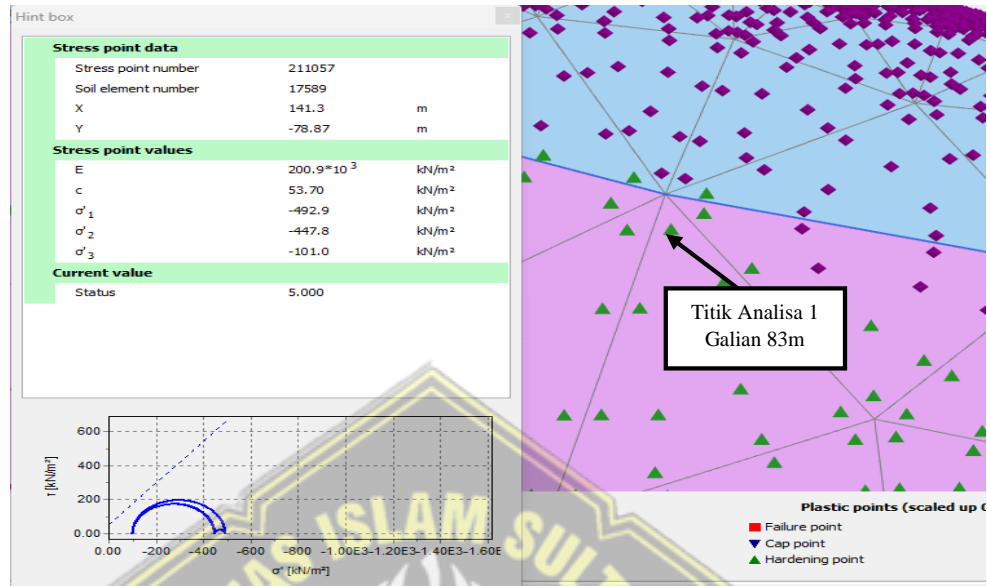
Gambar 4.35. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 1 Pada Galian 60m

- Kondisi Galian 75m menghasilkan σ_3 sebesar 103.9 kN/m² dan σ_1 sebesar 499.5 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 75m ini bergeser ke kiri atau lebih kecil dari dari galian 60m, dapat dilihat pada gambar 4.36.



Gambar 4.36. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 1 Pada Galian 75m

- Kondisi Galian 83m menghasilkan σ'_3 sebesar 101.0 kN/m² dan σ'_1 sebesar 492.9 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 83m ini bergeser ke kiri atau lebih kecil dari galian 75m, dapat dilihat pada gambar 4.37.

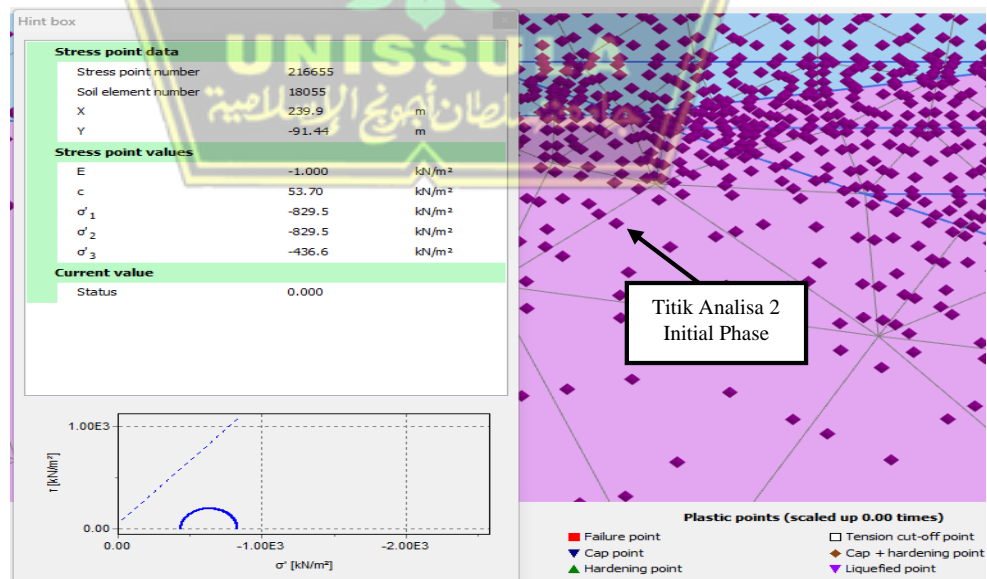


Gambar 4.37. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 1 Pada Galian 83m

- d. Titik analisa 2 permodelan muka air tinggi

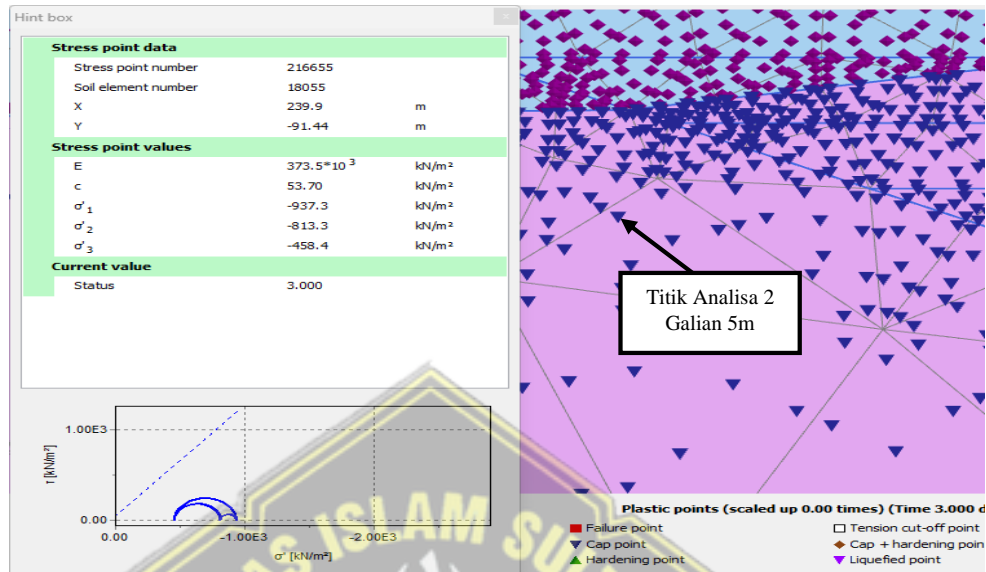
Titik analisa 2 berada pada kedalaman ± 66 m, *stress point* nomor 216655.

- Kondisi initial phase menghasilkan σ'_3 sebesar 436.6 kN/m² dan σ'_1 sebesar 829.5 kN/m², dapat dilihat pada gambar 4.38.



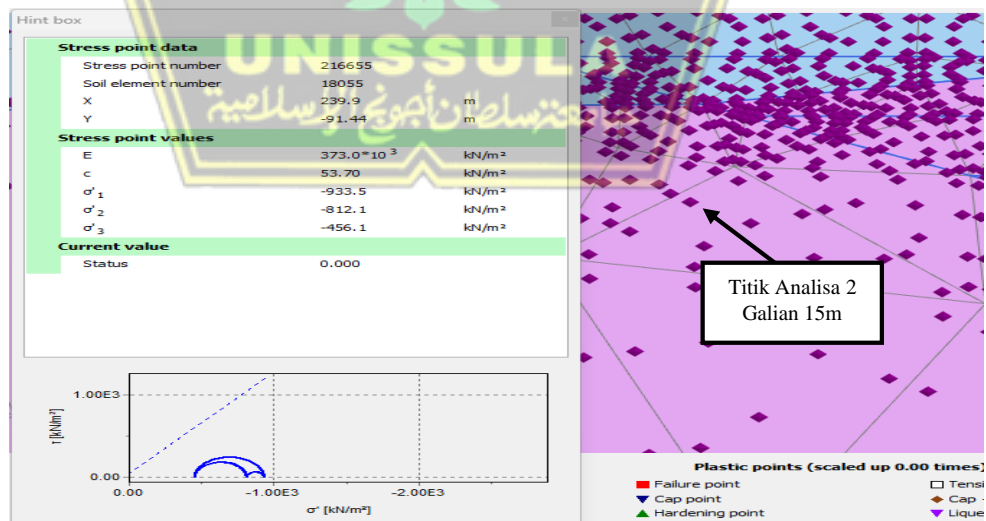
Gambar 4.38. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 2 Pada *Initial Phase*

- Kondisi Galian 5m menghasilkan σ_3 sebesar 458.4 kN/m² dan σ_1 sebesar 937.3 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 1m ini memiliki ukuran lebih besar dari kondisi awal, dapat dilihat pada gambar 4.39.



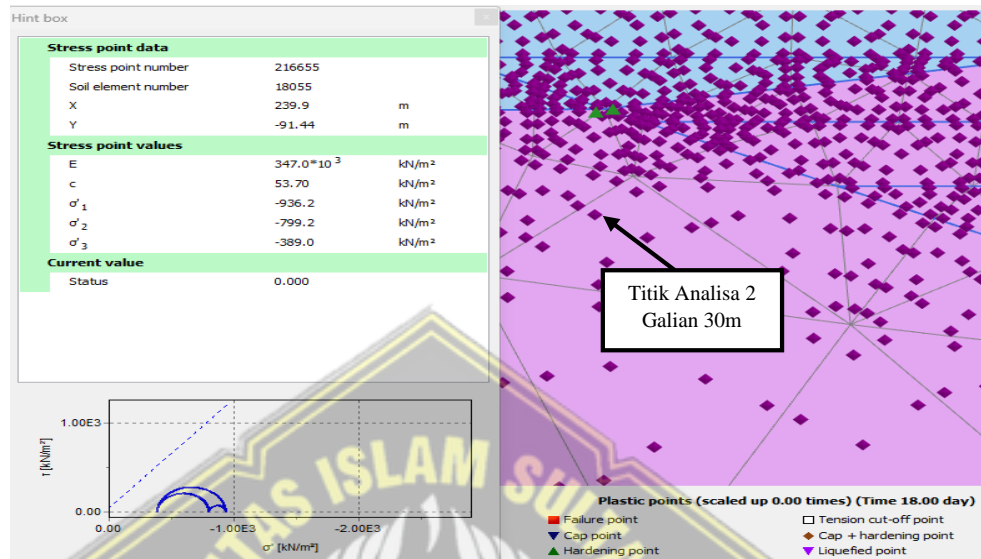
Gambar 4.39. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 2 Pada Galian 5m

- Kondisi Galian 15m menghasilkan σ_3 sebesar 456.1 kN/m² dan σ_1 sebesar 933.5 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 15m ini lebih kecil dari galian 5m namun tetap lebih besar dari kondisi awal, dapat dilihat pada gambar 4.40.



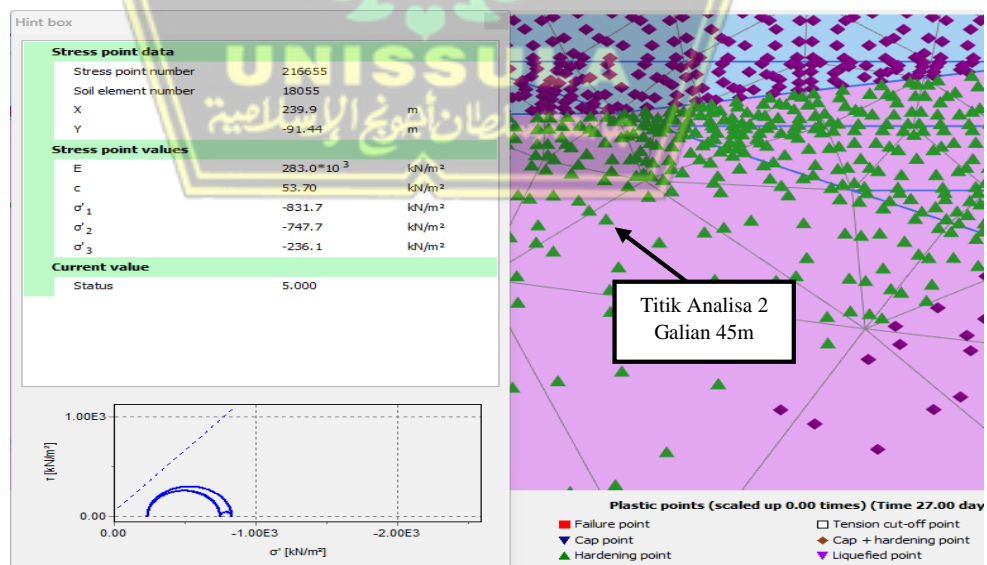
Gambar 4.40. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 2 Pada Galian 15m

- Kondisi Galian 30m menghasilkan σ'_3 sebesar 389.0 kN/m² dan σ'_1 sebesar 936.2 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 30m ini lebih kecil dari galian 15m namun tetap lebih besar dari kondisi awal, dapat dilihat pada gambar 4.41.



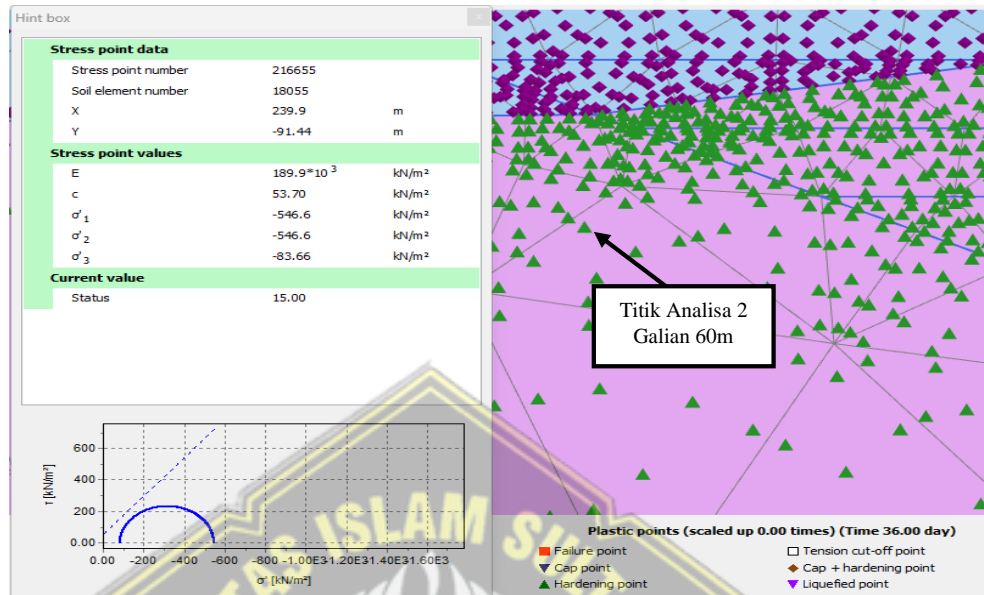
Gambar 4.41. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 2 Pada Galian 30m

- Kondisi Galian 45m menghasilkan σ'_3 sebesar 236.1 kN/m² dan σ'_1 sebesar 831.7 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 45m ini lebih kecil dari kondisi awal, dapat dilihat pada gambar 4.42.



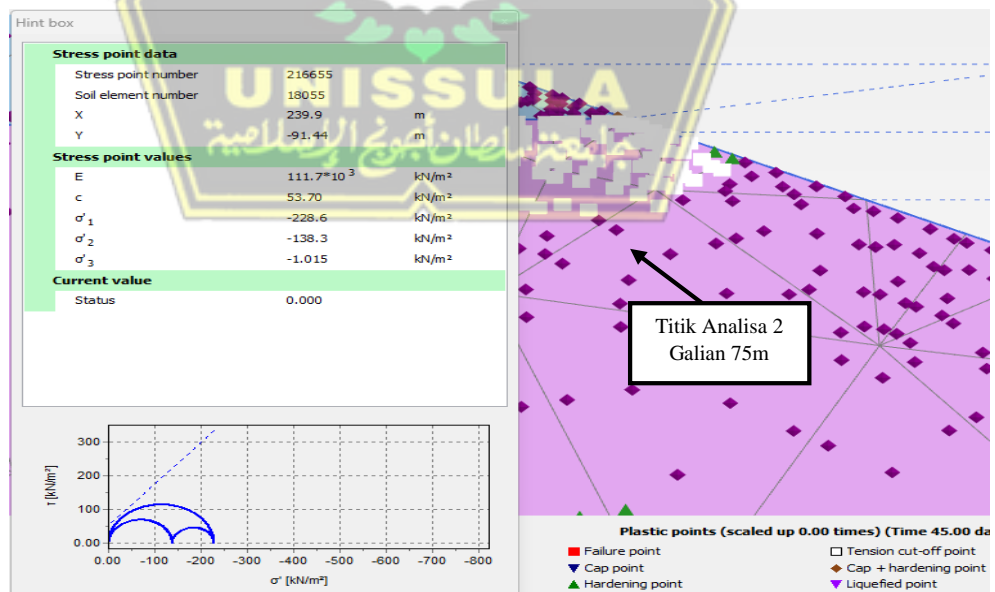
Gambar 4.42. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 2 Pada Galian 45m

- Kondisi Galian 60m menghasilkan σ'_3 sebesar 83.66 kN/m² dan σ'_1 sebesar 546.6 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 60m ini lebih kecil dari galian 45m, dapat dilihat pada gambar 4.43.



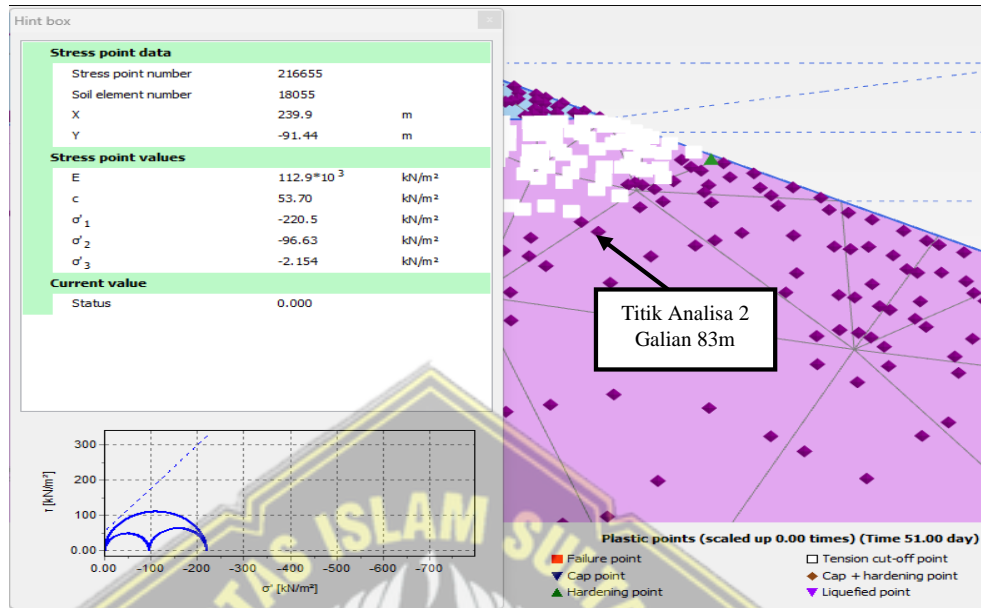
Gambar 4.43. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 2 Pada Galian 60m

- Kondisi Galian 75m menghasilkan σ'_3 sebesar 1.015 kN/m² dan σ'_1 sebesar 228.6 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 75m ini lebih kecil dari galian 60m, dapat dilihat pada gambar 4.44.



Gambar 4.44. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 2 Pada Galian 75m

- Kondisi Galian 83m menghasilkan σ'_3 sebesar 2.154 kN/m² dan σ'_1 sebesar 220.5 kN/m², lingkaran mohr pada galian dengan kedalaman 83m ini lebih besar dari galian 75m, dapat dilihat pada gambar 4.45.



Gambar 4.45. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi Titik Analisa 2 Pada Galian 83m

Tabel 4.7. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi pada Titik Pantau 1

Titik Pantau 1 Muka Air Tinggi	σ'_3	σ'_1
	(kN/m ²)	(kN/m ²)
Initial Phase	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 45m hingga 60m nilai σ'_3 mengalami kenaikan lalu mulai

menurun kembali hingga galian 83m. Hal ini dikarenakan pengaruh dari lokasi titik pantau terhadap kedalaman suatu galian.

Tabel 4.8. Nilai Tekanan Tanah Permodelan Muka Air Tinggi pada Titik Pantau 2

Titik Pantau 2 Muka Air Tinggi	σ'_3	σ'_1
	(kN/m ²)	(kN/m ²)
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	83,66	546,60
Galian 75 m	1,02	228,60
Galian 83 m	2,15	220,50

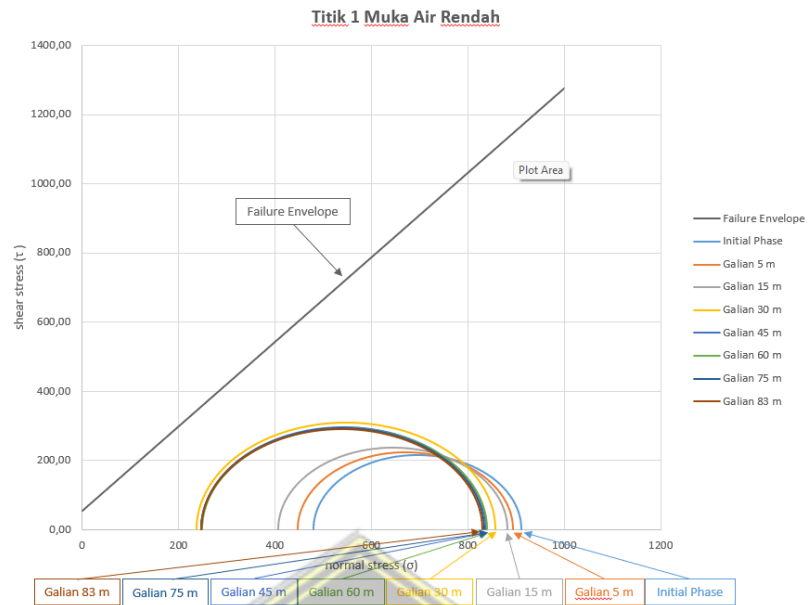
Nilai σ'_3 permodelan muka air tinggi pada titik pantau 2 memperlihatkan kenaikan dari kondisi initial phase hingga galian dengan kedalaman 5m kemudian nilai σ'_3 menurun hingga galian 83m. Hal ini dikarenakan pengaruh dari lokasi titik pantau terhadap kedalaman suatu galian.

4.7. Mohr-Coulomb

Untuk mengetahui kondisi kritis pada galian lereng yang telah dikonstruksi, maka dapat dianalisis dengan menggunakan perbandingan tegangan maksimum terhadap garis *failure* tanah.

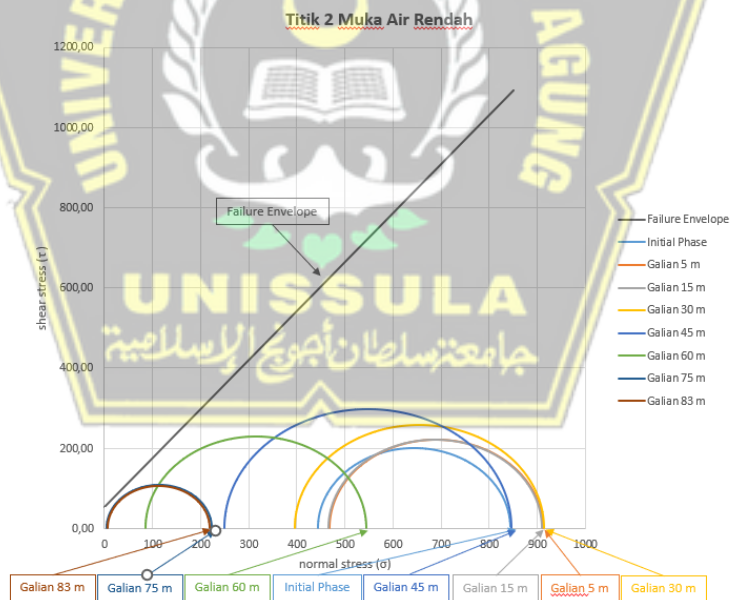
a. Mohr-Coulomb

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



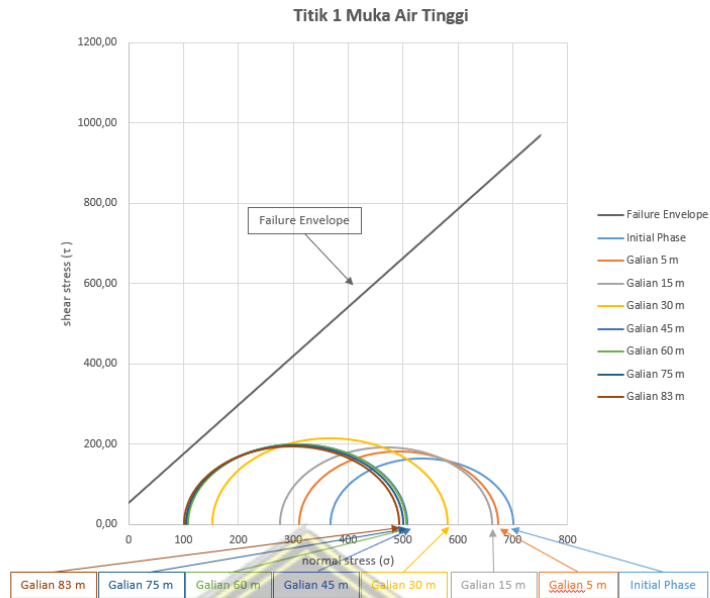
Gambar 4.46. Lingkaran Mohr Titik Pantau 1 Muka Air Rendah

Pada Gambar 4.46 terlihat bahwa tegangan normal pada kondisi *initial phase* hingga galian 45m mengecil namun mulai membesar pada galian 60m dan kembali mengecil pada galian 75m hingga galian 83m.



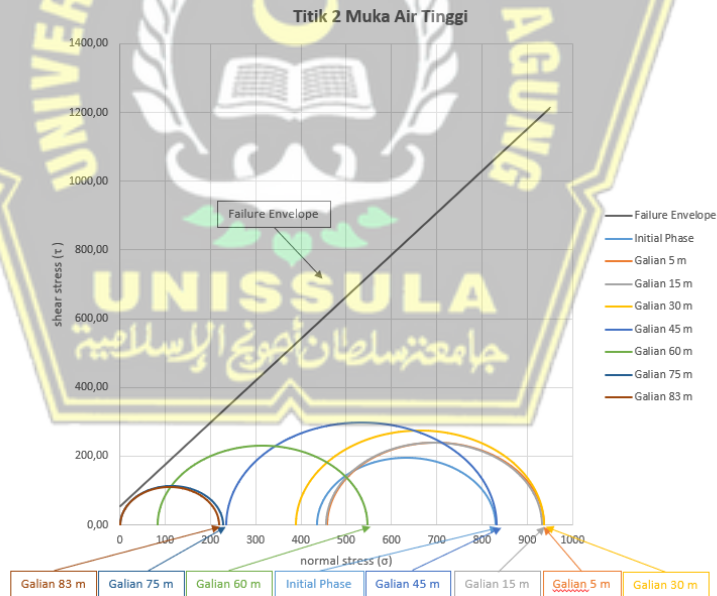
Gambar 4.47. Lingkaran Mohr Titik Pantau 2 Muka Air Rendah

Pada Gambar 4.47 terlihat bahwa tegangan normal pada kondisi *initial phase* hingga 30m membesar namun pada galian 45m hingga 83m mengecil.



Gambar 4.48. Lingkaran Mohr Titik Pantau 1 Muka Air Tinggi

Pada Gambar 4.48 terlihat bahwa tegangan normal pada kondisi *initial phase* hingga galian 45m mengecil namun mulai membesar pada galian 60m dan kembali mengecil dari galian 75m hingga galian 83m.



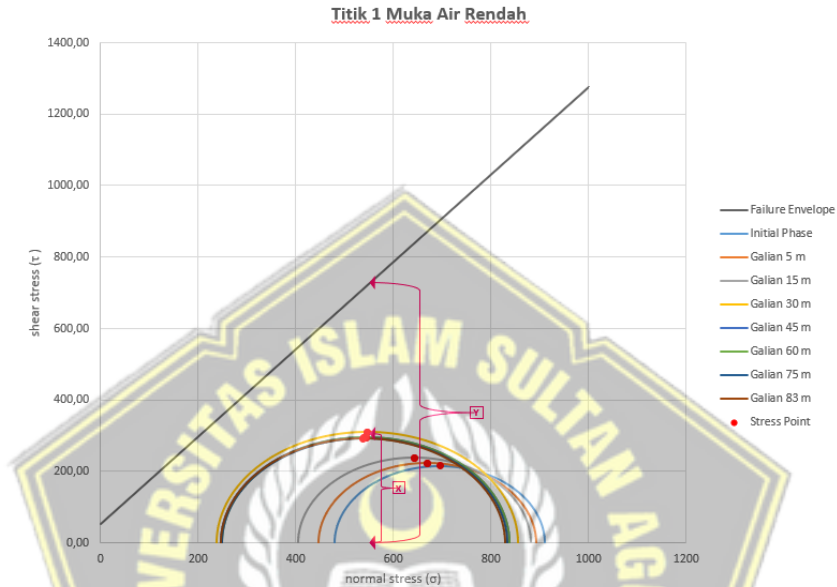
Gambar 4.49. Lingkaran Mohr Titik Pantau 2 Muka Air Tinggi

Pada Gambar 4.49 terlihat bahwa tegangan normal pada kondisi *initial phase* hingga 45m membesar namun pada galian 60m hingga 83m mengecil.

b. Analisa perbandingan tegangan maksimum

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

- Analisa kondisi kritis titik pantau 1 muka air rendah



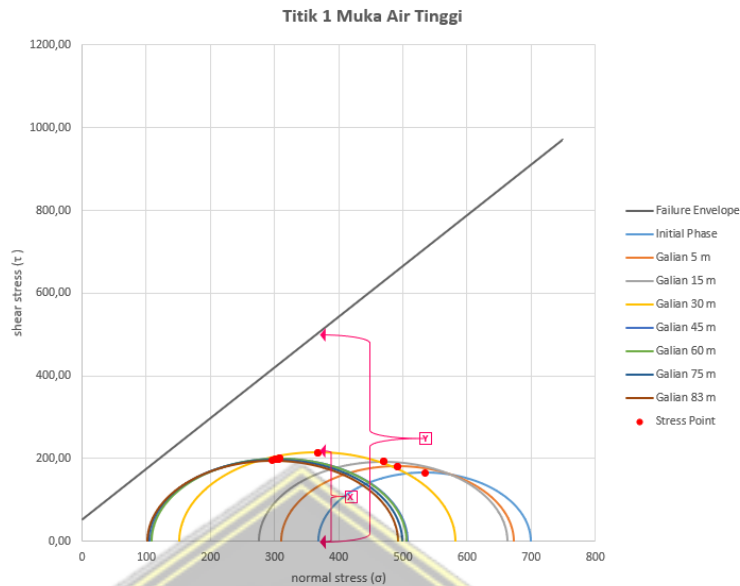
Gambar 4.50. Kondisi Perbandingan Titik Pantau 1 Muka Air Rendah

Tabel 4.9. Perbandingan y/x Titik Pantau 1 Muka Air Rendah

TITIK 1 Muka Air Rendah	X	Y	Y/X
Initial Phase	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 4.9 dapat dilihat bahwa y/x terkecil terletak pada galian 30m sebesar 2.33, sedangkan untuk y/x terkecil terletak pada kondisi *initial phase* 4.19. y/x terbesar menandakan galian yang paling mendekati *failure envelope* atau berpotensi terjadi keruntuhan.

- Analisa kondisi kritis titik pantau 1 muka air tinggi



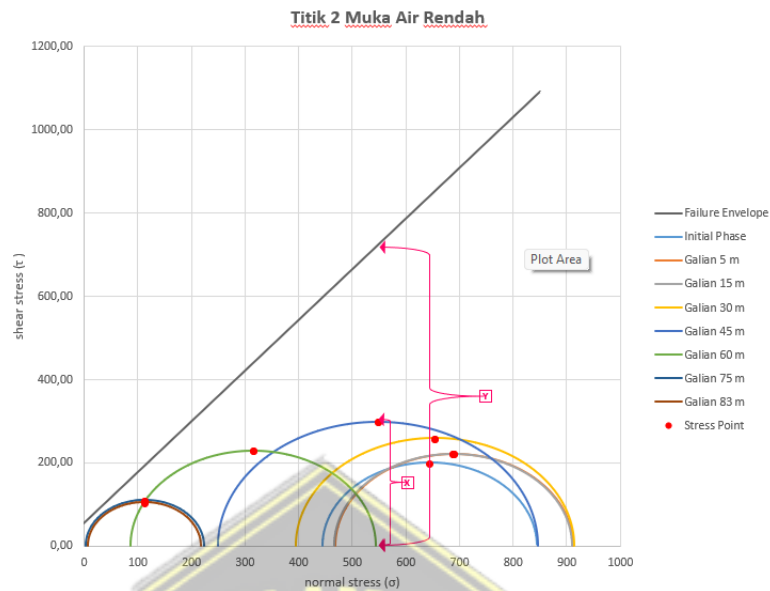
Gambar 4.51. Kondisi Perbandingan Titik Pantau 1 Muka Air Tinggi

Tabel 4.10. Perbandingan y/x Titik Pantau 1 Muka Air Tinggi

TITIK 1 Muka Air Tinggi	X	Y	Y/X
Initial Phase	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 4.10 dapat dilihat bahwa y/x terkecil terletak pada kondisi *initial phase* sebesar 4.26, sedangkan untuk y/x terbesar terletak pada galian dengan kedalaman 83m sebesar 2.13. y/x terkecil menandakan galian yang paling mendekati *failure envelope* atau berpotensi terjadi keruntuhan.

- Analisa kondisi kritis titik pantau 2 muka air rendah



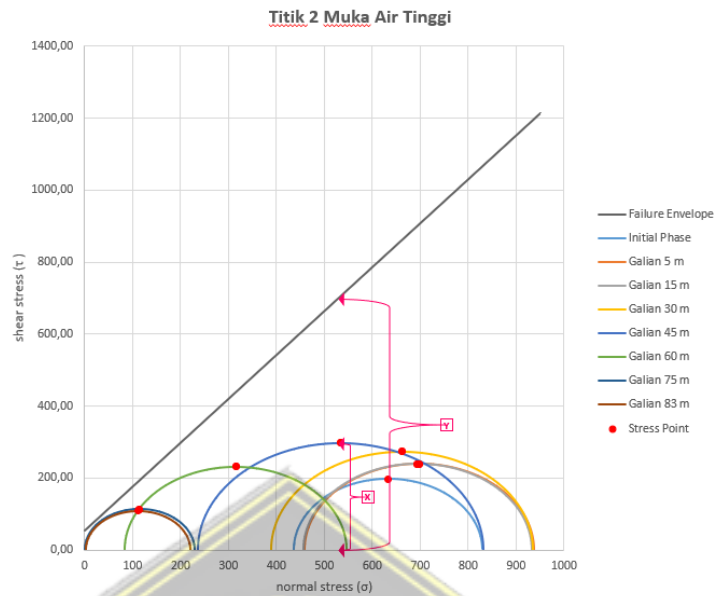
Gambar 4.52. Kondisi Perbandingan Titik Pantau 2 Muka Air Rendah

Tabel 4.11. Perbandingan y/x Titik Pantau 2 Muka Air Rendah

TITIK 2 Muka Air Rendah	X	Y	Y/X
Initial Phase	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 4.11 dapat dilihat bahwa y/x terkecil terletak pada kondisi *initial phase* sebesar 4.21, sedangkan untuk y/x terbesar terletak pada galian sedalam 75m sebesar 1.76. y/x terkecil menandakan galian yang paling mendekati *failure envelope* atau berpotensi terjadi keruntuhan

- Analisa kondisi kritis titik pantau 2 muka air tinggi



Gambar 4.51 Kondisi Perbandingan Titik Pantau 2 Muka Air Tinggi

Tabel 4.12. Perbandingan y/x Titik Pantau 2 Muka Air Tinggi

TITIK 2 Muka Air Tinggi	X	Y	Y/X
Initial Phase	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 4.12 dapat dilihat bahwa y/x terkecil terletak pada kondisi initial phase sebesar 4.21, sedangkan untuk y/x terbesar terletak pada galian sedalam 75m sebesar 1.70. y/x terkecil menandakan galian yang paling mendekati *failure envelope* atau berpotensi terjadi keruntuhan

c. Perbandingan y/x muka air berbeda

Tabel 4.13. Perbandingan y/x Muka Air Rendah dan Muka Air Tinggi pada Titik Pantau 1

KEDALAMAN GALIAN	MUKA AIR RENDAH			MUKA AIR TINGGI		
	x	y	y/x	x	y	y/x
Intial Phase	215,85	903,50	4,19	165,85	706,67	4,26
Galian 5m	223,55	872,22	3,90	181,7	654,44	3,60
Galian 15m	238,40	841,00	3,53	193,2	627,32	3,25
Galian 30m	309,70	722,13	2,33	175,1	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	197,8	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 y/x pada kondisi initial phase dan galian 30m pada MAT rendah lebih kecil dari MAT tinggi sedangkan untuk galian 5m, 15m, 45m, 60m, 75m, dan 83m. Hasil y/x MAT rendah lebih besar dari MAT tinggi.

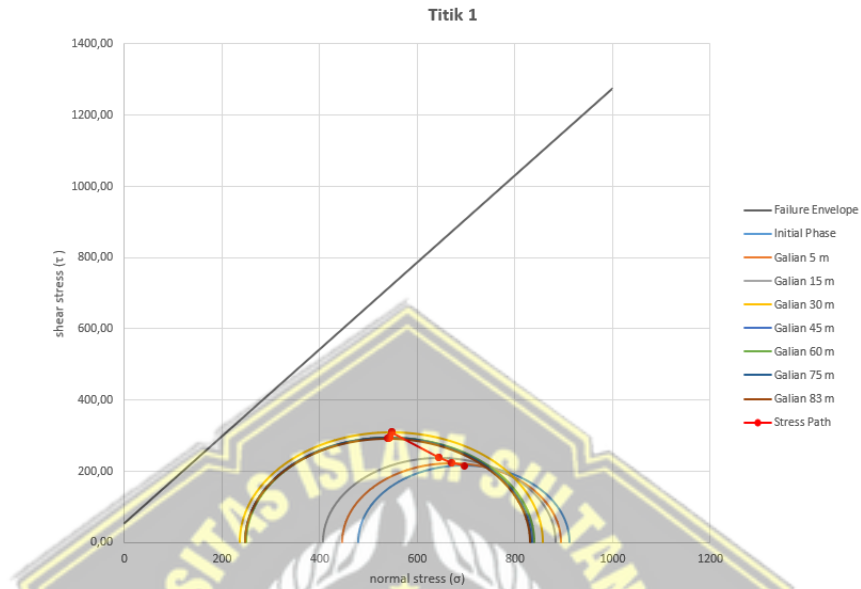
Tabel 4.14. Perbandingan y/x Muka Air Rendah dan Muka Air Tinggi pada Titik Pantau 2

KEDALAMAN GALIAN	MUKA AIR RENDAH			MUKA AIR TINGGI		
	x	y	y/x	x	y	y/x
Intial Phase	200,05	841,31	4,21	196,45	827,14	4,21
Galian 5m	222,35	897,27	4,04	239,45	906,31	3,78
Galian 15m	221,9	893,66	4,03	238,7	902,58	3,78
Galian 30m	259,3	853,46	3,29	273,6	863,24	3,16
Galian 45m	298,6	723,96	2,42	297,8	706	2,37
Galian 60m	229,22	439,02	1,92	231,47	438,71	1,90
Galian 75m	109,6	192,5	1,76	113,79	193,97	1,70
Galian 83m	105,58	192,03	1,82	109,17	189,72	1,74

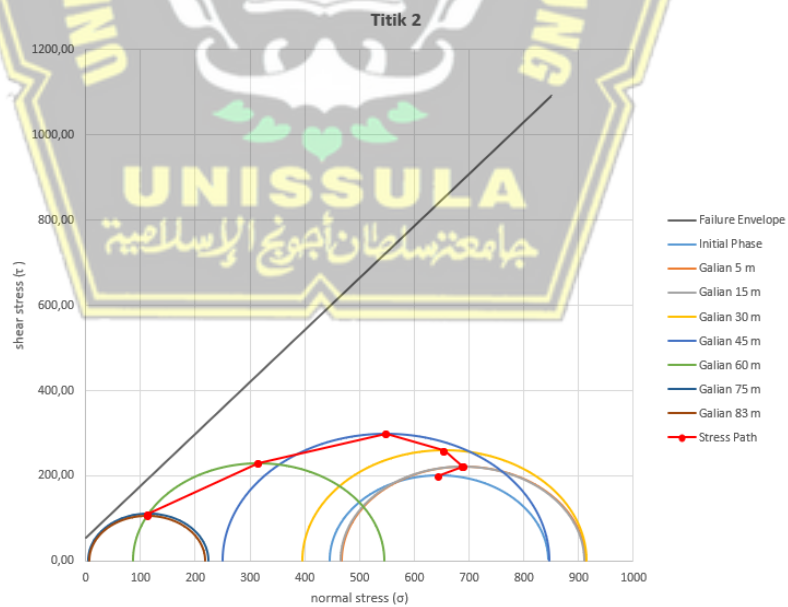
Dari hasil pada tabel 4.14. terlihat bahwa y/x pada kondisi initial phase pada MAT rendah dan MAT tinggi mempunyai hasil yang sama yaitu 4.21 sedangkan untuk galian 5m hingga 83m Hasil y/x hasil MAT rendah lebih besar dari MAT tinggi.

d. *Stress path*

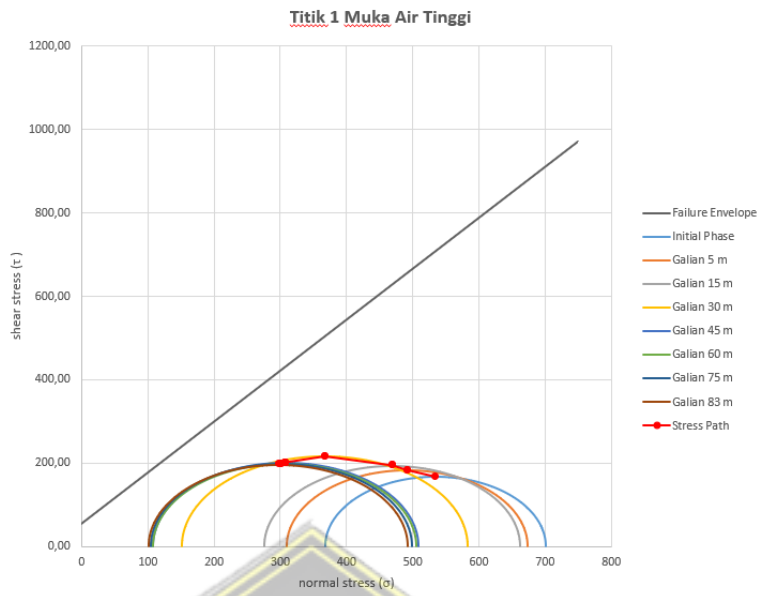
Stress path merupakan garis yang menghubungkan titik-titik tegangan geser maksimum. Dalam analisa ini *stress path* digunakan untuk menghubungkan tegangan geser maksimum dari galian per 15m pada masing masing titik pantau.



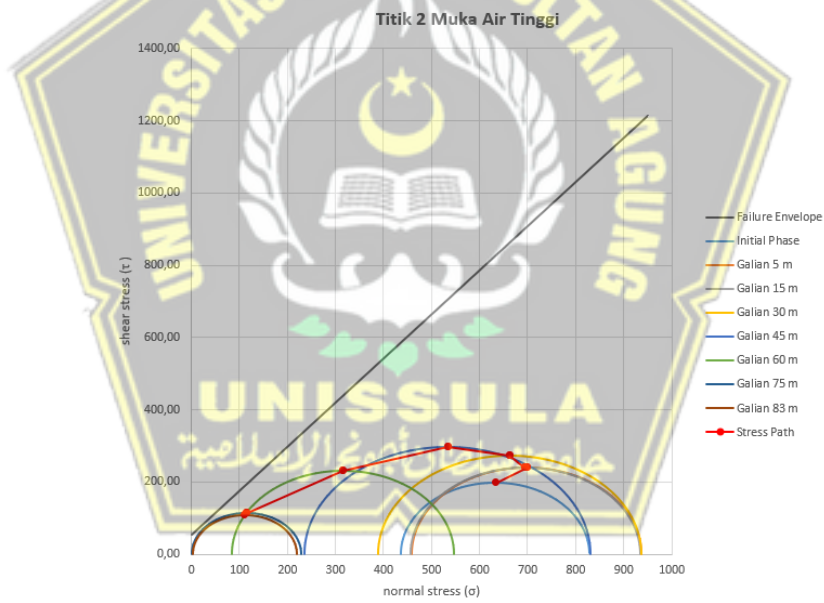
Gambar 4.54. *Stress Path* Titik Pantau 1 Muka Air Rendah



Gambar 4.55. *Stress Path* Titik Pantau 2 Muka Air Rendah



Gambar 4.55. *Stress Path* Titik Pantau 1 Muka Air Tinggi



Gambar 4.56. *Stress Path* Titik Pantau 2 Muka Air Tinggi

BAB V

PENUTUP

5.1. 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 30m sedangkan pada muka air tinggi terjadi pada galian dengan kedalaman 83m. Titik pantau 2 pada permodelan muka air rendah maupun muka air tinggi memiliki lokasi kondisi mendekati kritis yang sama yaitu pada galian dengan kedalaman 75m.

5.2. Saran

Berdasarkan studi Tugas Akhir ini penulis dapat memberikan saran, diantaranya:

1. Untuk mendapatkan stabilitas lereng yang lebih baik sebaiknya menggunakan metode perbaikan tanah
2. Untuk penelitian selanjutnya, dapat melakukan perbandingan faktor keamanan *shear strength* antara *software Plaxis 2D v20* dengan *software* lain, atau melakukan perbandingan dengan kedalaman galian yang berbeda
3. Untuk penelitian selanjutnya, dapat melakukan pengujian di laboratorium untuk material tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, L. (2021). *Kerawanan Longsor pada Lereng Tanah Lunak dan Penanganannya*. Lakeisha.
- Bowles, J. E. (1991). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah* (2 ed.). Erlangga .
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)* (1 ed.). Erlangga.
- Das, B. M. (2007). *Fundamentals of Geotechnical Engineering* (3 ed.). Chris Carson.
- Das, B. M. (2009). *Principles of Geotechnical Engineering. Dalam 2009* (7 ed.). Cengage Learning.
- Duncan, J. M., Wright, S. G., & Brandon, T. L. (2014). *Soil Strength and Slope Stability* (2 ed.). Wiley & Sons, Inc.
- Gillesania, D. I. T. (2006). *Fundamentals of Geotechnical Engineering*. GERTC.
- 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 Longsor Galian Dalam Pada Tanah Vulkanik*. Universitas Katolik Pareahyangan.
- Silitonga, P. H. (2003). *Peta Geologi Lembar Bandung*. <https://geologi.esdm.go.id/geomap/pages/preview/peta-geologi-lembar-cianjur-jawa>
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesti Gholamreza. (1976). *Soil Mechanics in Engineering Practice* (3 ed.). John Wiley & Son, Inc.
- Wesley, L. D. (2012). *Mekanika Tanah, untuk Tanah Endapan dan Residu*. ANDI.

- Nugroho, S. A., Putra, A. I., & Ermina, R. (2012). Korelasi Parameter Kuat Geser Tanah Hasil Pengujian Triaksial dan Unconfined Compression Strength (UCS).
- Yang, K. H., Wu, J. T. H., Chen, R. H., & Chen, Y. S. (2016). Lateral bearing capacity and failure mode of geosynthetic-reinforced soil barriers subject to lateral loadings. *Geotextiles and Geomembranes*, 44(6), 799–812. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2016.06.014>
- Yu, X., Zhao, T., Gong, B., Zhang, Y., Tang, C., & Luo, Y. (2024). The effect of lateral thrust on the progressive slope failure under excavation and rainfall conditions. *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06635-9>

