

TUGAS AKHIR

**ANALISA STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH PADA
LERENG DENGAN VARIASI KETINGGIAN MUKA AIR
TANAH**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan
Program Sarjana (S1) Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Sankya Sandhya Pranowo

NIM : 30201604497

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

2023

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH PADA LERENG DENGAN VARIASI KETINGGIAN MUKA AIR TANAH

Sankya Sandhya Pranowo

NIM : 30201604497

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 1 Februari 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Lisa Fitriyana,ST.M.Eng**

NIDN: 0631128901

2. **Muhamad Rusli Ahyar,ST,M.Eng**

NIDN: 0625059102

3. **Eko Muliawan Satrio,ST,MT**

NIDN: 0610118101

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 30 / A.2 / SA – T / 1 / 2023

Pada hari ini tanggal 31 Januari 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Lisa Fitriyana, ST, M.Eng
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Muhamad Rusli Ahyar, ST, M.Eng
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

Sankya Sandhya Pranowo.
NIM : 30201604497

Judul : Judul Laporan Tugas Akhir Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah Pada Lereng Dengan Variasi Ketinggian Muka Air Tanah

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	21 Februari 2022	ACC
2	Seminar Proposal	28 Maret 2022	
3	Pengumpulan data	13 Juni 2022	
4	Analisis data	19 September 2022	ACC
5	Penyusunan laporan	14 November 2022	
6	Selesai laporan	31 januari 2023	

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

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping

Lisa Fitriyana, ST., M.Eng.

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :
NAMA : Sankya Sandhya Pranowo.
NIM : 30201604497

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :
“ANALISA STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH PADA LERENG
DENGAN VARIASI KETINGGIAN MUKA AIR TANAH” benar bebas dari
plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia
menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana
mestinya.

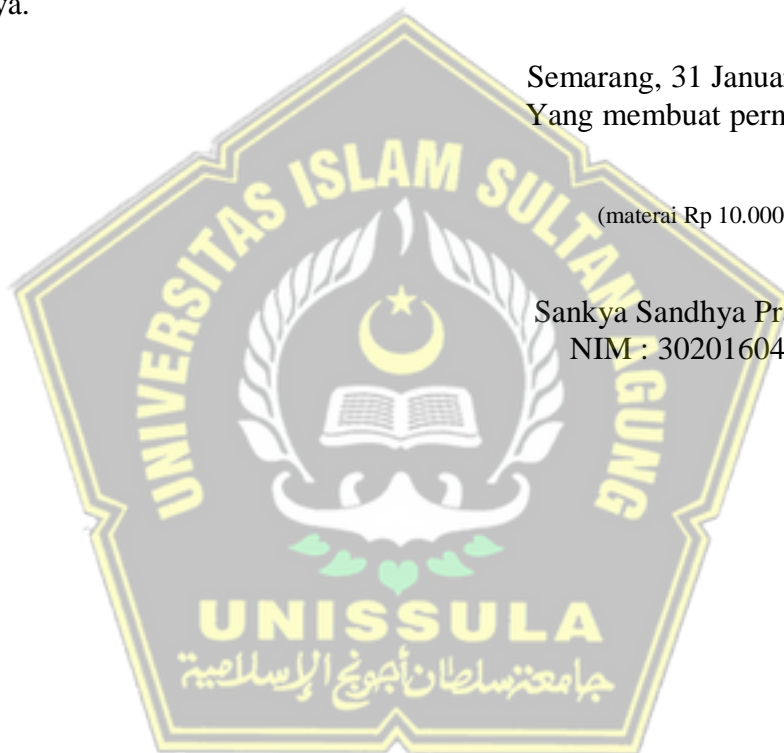
Semarang, 31 Januari 2023

Yang membuat pernyataan,

(materai Rp 10.000,-)

Sankya Sandhya Pranowo

NIM : 30201604497



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Sankya Sandhya Pranowo
NIM : 30201604497
JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISA STABILITAS DINDING PENAHAN
TANAH PADA LERENG DENGAN VARIASI KETINGGIAN MUKA AIR
TANAH

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya 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 ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 31 Januari 2023
Yang membuat pernyataan,

(materai Rp 10.000,-)

Sankya Sandhya Pranowo
NIM : 30201604497

MOTTO

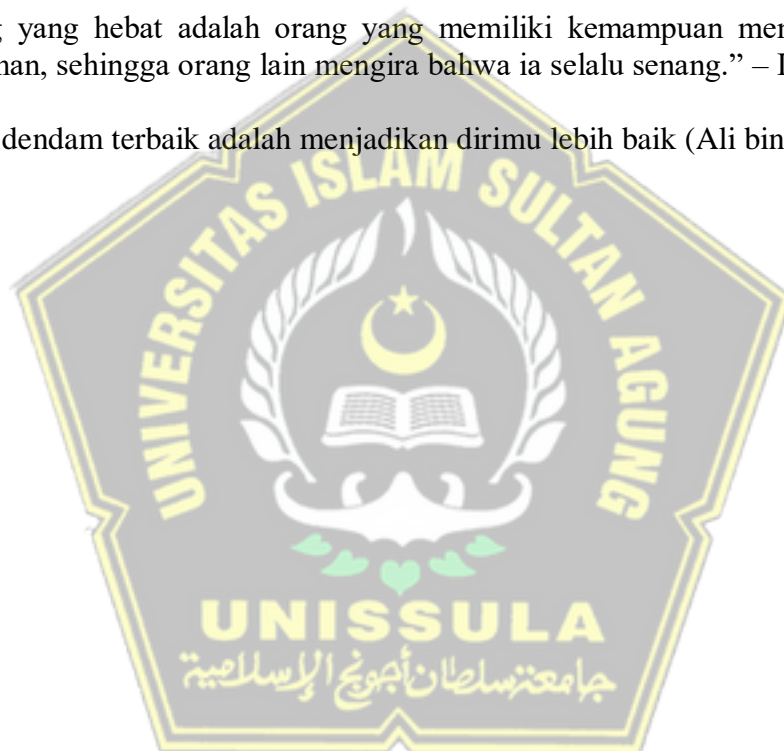
“Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang ma’ruf, dan mencegah yang mungkar, dan beriman kepada Allah.” (QS. Ali ‘Imran :110)

“Dan bahwasannya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya” (QS. An Najm : 39).

“Aku berdasarkan prasangka hamba-Ku kepada-Ku. Apabila ia berbaik sangka, maka ia akan mendapatkan kebaikan. Jika berprasangka buruk, maka ia mendapatkan keburukan.” (HR. Ahmad).

“Orang yang hebat adalah orang yang memiliki kemampuan menyembunyikan kesusahan, sehingga orang lain mengira bahwa ia selalu senang.” – Imam Syafi’i

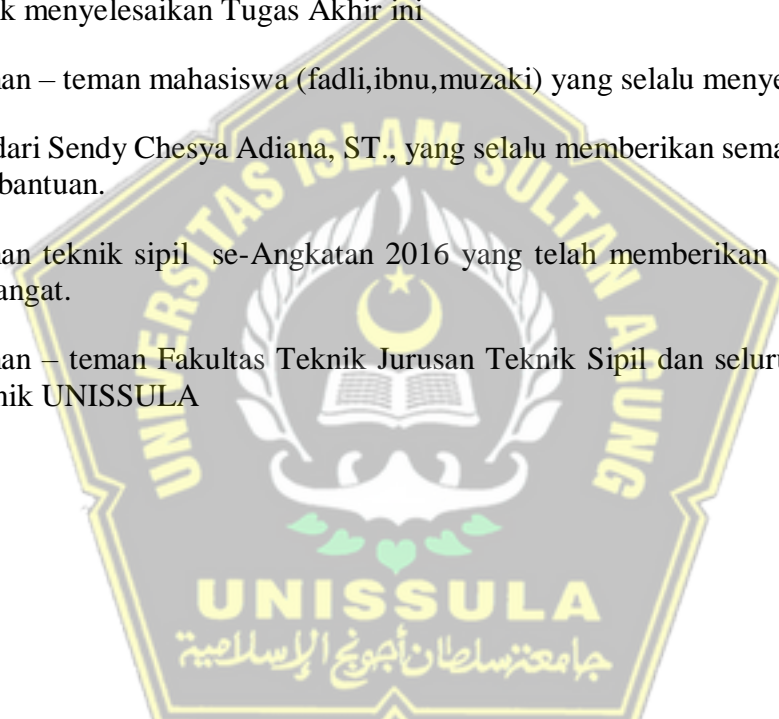
“Balas dendam terbaik adalah menjadikan dirimu lebih baik (Ali bin Abi Thalib).



PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Teguh dan Ibu Retno Hindiawati, serta adik dan saya atas semua cinta, pengertian, kasih sayang, kesabaran, dan doa.
2. Keluarga yang harmonis dengan segala dukungan yang telah diberikan kepada penulis.
3. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Ibu Lisa Fitriyana, ST, M.Eng dan Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST, M.Eng yang telah membimbing kami sepenuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini
4. Teman – teman mahasiswa (fadli,ibnu,muzaki) yang selalu menyemangati saya.
5. Saudari Sedy Chesya Adiana, ST., yang selalu memberikan semangat serta doa dan bantuan.
6. Teman teknik sipil se-Angkatan 2016 yang telah memberikan dukungan dan semangat.
7. Teman – teman Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil dan seluruh Mahasiswa Teknik UNISSULA



Sankya Sandhya Pranowo
NIM : 30201604497

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah Pada Lereng Dengan Variasi Ketinggian Muka Air Tanah” 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 skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudyono, M. T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil UNISSULA
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST, M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Prof. Ir. H. Pratikso, M.ST., Ph.D. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan dorongan dalam penulisan skripsi ini.
4. Ibu Lisa Fitriyana, ST, M.Eng selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST, M.Eng selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

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, 31 Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
MOTTO.....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan.....	1
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II STUDI PUSTAKA.....	3
2.1 Tanah Longsor	3
2.2 Dinding Penahan Tanah	4
2.3 Stabilitas dinding penahan.....	6
2.4 Stabilitas terhadap Penggeseran.....	7
2.5 Stabilitas terhadap Pengguingan.....	7
2.6 Parameter Tanah	8
2.7 Klasifikasi tanah dengan menggunakan metode N-SPT	12
2.8 Program Plaxis.....	13
BAB III METODELOGI PENELITIAN	15
3.1. Tahapan Analisis Stabilitas dengan Plaxis V.8.6.....	15
3.1.1. Data Tanah.....	15
3.1.2. Plaxis Calculations	21
3.2. Diagram alur Penelitian.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1. Data Tanah.....	25
4.2. Analisis Stabilitas Lereng Existing	25
4.3. Plaxis Calculation	29
4.4. Plaxis output untuk lereng tanpa Perkuatan	34
4.5. Plaxis output untuk Lereng dengan DPT	38
BAB V KESIMPULAN	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Tipe-tipe Keruntuhan Lereng (Craig,1989)	4
Gambar 2. 2. Dinding gravitasi (pratikso, 2019).....	5
Gambar 2. 3. Dinding Kantilever(Pratikso, 2019).....	6
Gambar 2. 4. Tabung <i>Split Spoon Sampler</i> (Lambe & Whitman, 1969)	12
Gambar 3. 2. <i>General Settings – Tab Dimension</i>	20
Gambar 3. 3. <i>Plaxis calculation</i>	21
Gambar 3. 4. Contoh Tampilan <i>Plaxis Output</i> program.....	22
Gambar 3. 5. Tampilan <i>Open Project</i> pada <i>Curve Program</i>	23
Gambar 4. 2. Dimensi lereng existing	26
Gambar 4. 3. Model Geometri Lereng	27
Gambar 4. 4. Input beban merata.....	27
Gambar 4. 5. Properties untuk tiap lapisan tanah	28
Gambar 4. 6. Tampilan setelah di lakukan <i>Mesh Generation</i>	29
Gambar 4. 7. Muka air tanah 1 m	30
Gambar 4. 8. Muka air tanah 2 m	30
Gambar 4. 9. Muka tanah air 3 m	31
Gambar 4. 10. Muka tanah air 4 m	31
Gambar 4. 11. Muka air tanah 5 m	32
Gambar 4. 12. Tahap perhitungan <i>Plaxis V.8.6</i>	33
Gambar 4. 13. Proses kalkulasi	33
Gambar 4. 14. Perpindahan total kondisi kering	34
Gambar 4. 15. Perpindahan total MAT 1 m	35
Gambar 4. 16. Perpindahan total MAT 2 m	35
Gambar 4. 17. Perpindahan total MAT 3 m	36
Gambar 4. 18. Perpindahan total MAT 4 m	37
Gambar 4. 19. Perpindahan total MAT 5 m	37
Gambar 4. 20. Hubungan tinggi muka air tanah dengan besaran perpindahan	38
Gambar 4. 21. Perpindahan total kondisi kering DPT	39
Gambar 4. 22. Perpindahan total MAT 1 m	40
Gambar 4. 23. Perpindahan total MAT 2 m	40
Gambar 4. 24. Perpindahan total MAT 3 m	41
Gambar 4. 25. Perpindahan total MAT 4 m	42
Gambar 4. 26. Perpindahan total MAT 5 m	43
Gambar 4. 27. Hubungan tinggi muka air tanah dengan besaran perpindahan dengan DPT	44
Gambar 4. 28. Perbandingan safety factor antara lereng tanpa DPT dan lereng dengan DPT terhadap perubahan tinggi muka air tanah	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai Tipikal Berat Volume Tanah	8
Tabel 2.2. Perkiraan modulus elastisitas	10
Tabel 2.3. Hubungan Antara Jenis Tanah dan Poisson Ratio	10
Tabel 2.4. Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah	11
Tabel 2.5. Hubungan Antara Sudut Geser Dalam, Tingkat Plastisitas, dan Jenis Tanah.....	12
Tabel 2.6. Hubungan Antara Kepadatan, Berat Jenis, Nilai N SPT, qc dan ϕ	13
Tabel 2.7. Hubungan antara nilai N-SPT dan berat jenis tanah jenuh (γ_{sat}) ...	13
Tabel 3.1. Data hasil Perhitungan Direct Shear Test	15
Tabel 3.2. Data Hasil Soil Test.....	15
Tabel 3.3. Hasil Perhitungan Grain Size Analysis Tanah 1	16
Tabel 3.4. <i>Grain Size Analysis</i> Tanah 1	16
Tabel 3.5. Hasil Perhitung Grain Size Analysis Tanah 2.....	17
Tabel 3.6. <i>Grain Size Analysis</i> Tanah 2.....	17
Tabel 3.7. Hasil Perhitungan Grain Size Analysis Tanah 3	18
Tabel 3.8. <i>Grain Size Analysis</i> Tanah 3	18
Tabel 3.9. Hasil Perhitungan <i>Grain Size Analysis</i> Tanah 4	19
Tabel 3.10. <i>Grain Size Analysis</i> Tanah 4	19
Tabel 3.11. Rangkuman Data Tanah	20
Tabel 4.1. Properties tanah	25
Tabel 4.2. Hasil Analisis Stabilitas Lereng Existing Tanpa DPT	38
Tabel 4.3. Hasil Analisis Stabilitas Lereng Existing Dengan DPT	43



ANALISA STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH PADA LERENG DENGAN VARIASI KETINGGIAN MUKA AIR TANAH

ABSTRAK

Rumah penduduk yang berada di daerah perbukitan sering dijumpai masih dibangun di pinggir lereng yang curam. Hal ini mengakibatkan potensi terjadinya longsor menjadi lebih besar. Longsor adalah suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan masa batuan atau tanah dengan berbagai tipe dan jenis seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah. Pada penelitian ini dilakukan analisa perilaku lereng curam jika diberikan perkuatan struktur Dinding Penahan Tanah.

Penelitian ini menggunakan 2 model lereng. Model pertama adalah lereng tanpa ada perkuatan dan model kedua adalah lereng dengan perkuatan struktur Dinding Penahan Tanah. Model lereng diberikan kondisi tinggi muka air tanah sebagai variabelnya. Kondisi muka air tanah yang dianalisis adalah tinggi muka air tanah 0 m, 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, dan 5 m diukur dari dasar lereng. Kedua model ini dianalisis menggunakan program Plaxis. Keluaran program *Plaxis* yang dianalisis adalah nilai perpindahan tanah dan *safety factor*.

Hasil analisa menunjukkan bahwa pada model lereng tanpa perkuatan menghasilkan nilai *safety factor* dibawah 1,5. Hal ini artinya bahwa model lereng tanpa perkuatan mengalami kelongsoran. Pada kondisi kritis, yaitu pada tinggi muka air tanah 5 m, menunjukkan bahwa model lereng tanpa perkuatan memiliki nilai perpindahan total 2,8 cm dan *safety factor* 0. Pada kondisi yang sama, tinggi muka air tanah 5 m, model lereng dengan perkuatan Dinding Penahan Tanah menghasilkan nilai perpindahan total 2,4 cm dan *safety factor* 1,9. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan perkuatan dinding penahan tanah pada lereng yang curam dapat mengurangi gerakan perpindahan tanah dan mengurangi terjadinya potensi kelongsoran.

ANALYSIS OF RETAINING WALL STABILITY ON SLOPE WITH DIFFERENT GROUND WATER LEVEL

ABSTRACT

The houses of residents located in hilly areas are often found to still be built on steep slopes. This results in an increased potential for landslides to occur. A landslide is a geological event that occurs due to the movement of rock or soil masses with various types and forms, such as the fall of rocks or large chunks of soil. In this study, an analysis was carried out on the behavior of steep slopes when reinforced with Soil Retaining Wall structures.

This study used two slope models. The first model is a slope without reinforcement, and the second model is a slope with Soil Retaining Wall structure reinforcement. The slope models were given ground water table height as its variable. The ground water table height analyzed was 0 m, 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, and 5 m measured from the base of the slope. Both models were analyzed using the Plaxis program. The Plaxis program outputs analyzed were soil displacement values and safety factors.

The results of the analysis showed that the slope without reinforcement model produced a safety factor below 1.5. This means that the slope without reinforcement experienced landslides. Under critical conditions, i.e. at a ground water table height of 5 m, it was shown that the slope without reinforcement had a total displacement value of 2.8 cm and a safety factor of 0. Under the same conditions, a ground water table height of 5 m, the slope with Soil Retaining Wall reinforcement produced a total displacement value of 2.4 cm and a safety factor of 1.9. This indicates that the use of soil retaining wall reinforcement on steep slopes can reduce soil displacement movements and reduce the potential for landslides.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia merupakan daerah yang banyak perbukitan dan pegunungan sehingga rawan terjadi longsor tebing di beberapa daerah di Indonesia dipadati rumah penduduk kecamatan Bongsari. Tebing di daerah tersebut dipadati rumah penduduk dan struktur dinding penahan tanah di tempat tersebut kurang memenuhi standar sehingga ketika mendapati beban berlebih serta dengan curah hujan yang tinggi membuat tanah mengalami pergeseran dan mengakibatkan dinding penahan tanah tidak mampu menahan beban.

Dinding penahan dapat dikatakan aman apabila dinding penahan tersebut telah diperhitungkan faktor keamanannya, baik terhadap bahaya pergeseran, bahaya penggulingan, penurunan daya dukung tanah, dan *sliding*/longsor. Pada dinding penahan, perhitungan stabilitas merupakan salah satu aspek yang tidak boleh diabaikan maupun di kesampingkan, karena stabilitas dinding penahan sangat mempengaruhi desain dinding penahan itu sendiri, serta kondisi tanah disekitar bangunan tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan perhitungan dinding penahan tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana merencanakan dinding penahan tanah type kantilever yang baik dan aman menggunakan program Plaxis V.8.6.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Membandingkan nilai perpindahan total pada lereng.
2. Membandingkan safety factor sebelum dan sesudah di perkuat dengan dinding penahan tanah.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan suatu simulasi tanah lereng dengan sudut kecuraman yang tinggi. Dalam perencanaan menggunakan dinding penahan tanah jenis beton bertulang. Analisis stabilitas dinding penahan tanah menggunakan program Plaxis V.8.6 untuk mendapatkan nilai faktor aman.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II : STUDI PUSTAKA

Pada bab ini menguraikan landasan teori tentang tanah, hal-hal yang berhubungan dengan tanah longsor, dinding penahan tanah dan program Plaxis V.8.6.

BAB III : METODOLOGI PENULISAN

Pada bab ini menguraikan metode yang berhubungan dengan alur Penulisan Tugas Akhir untuk memperoleh tujuan yang ingin dicapai dalam hasil analisis berdasarkan kaidah-kaidah yang telah ditetapkan.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menguraikan pengolahan data, perencanaan dinding penahan tanah untuk stabilitas lereng menggunakan program Plaxis.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini, berisi kesimpulan dari hasil analisis dan saran disampaikan mengenai penulisan Tugas Akhir ini.

BAB II STUDI PUSTAKA

2.1 Tanah Longsor

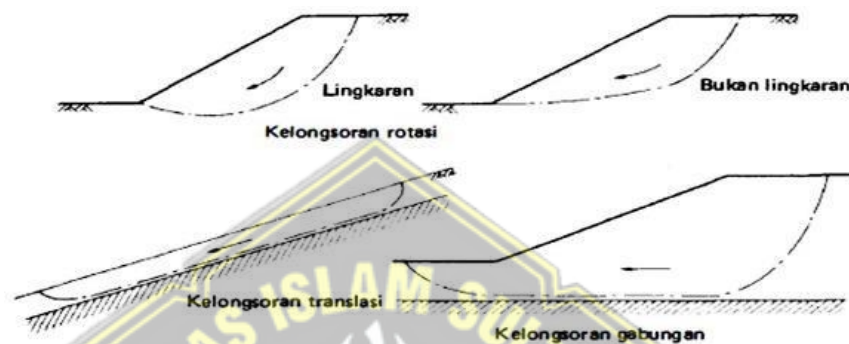
Longsor atau sering disebut gerakan tanah adalah suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan masa batuan atau tanah dengan berbagai tipe dan jenis seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah. Secara umum kejadian longsor disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor pendorong dan faktor pemicu. Faktor pendorong adalah faktor-faktor yang memengaruhi kondisi material sendiri, sedangkan faktor pemicu adalah faktor yang menyebabkan bergerak material tersebut. Meskipun penyebab utama kejadian ini adalah gravitasi yang memengaruhi suatu lereng yang curam, namun ada pula faktor-faktor lainnya yang turut berpengaruh:

1. Erosi yang disebabkan aliran air permukaan atau air hujan, sungai- sungai atau gelombang laut yang menggerus kaki lereng-lereng bertambah curam
2. lereng dari bebatuan dan tanah diperlemah melalui saturasi yang diakibatkan hujan lebat
3. gempa bumi menyebabkan getaran, tekanan pada partikel-partikel mineral dan bidang lemah pada massa batuan dan tanah yang mengakibatkan longsohnya lereng-lereng tersebut
4. gunung berapi menciptakan simpanan debu yang lengang, hujan lebat dan aliran debu-debu
5. getaran dari mesin, lalu lintas, penggunaan bahan-bahan peledak, dan bahkan petir. Menurut Craig (1989), gaya-gaya gravitasi dan rembesan (seepage) cenderung menyebabkan ketidakstabilan (instability) pada lereng alami (natural slope), pada lereng yang dibentuk dengan cara penggalian, dan pada lereng tanggul serta bendungan tanah (earth dams).

Ada 3 tipe utama dari kelongsoran tanah, yaitu sebagai berikut :

1. Kelongsoran rotasi (*rotational slips*), yaitu kelongsoran yang bentuk permukaannya runtuh pada potongannya dapat berupa busur lingkaran atau kurva bukan lingkaran.

2. Kelongsoran translasi (*translational slips*), cenderung terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang relatif dangkal dibawah permukaan lereng.
3. Kelongsoran gabungan (*compound slips*), terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang lebih dalam. Hal ini umumnya terjadi karena reruntuhannya terdiri dari potongan kurva dan bidang.



Gambar 2. 1 Tipe-tipe Keruntuhan Lereng (Craig,1989)

2.2 Dinding Penahan Tanah

Bangunan dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil. Kesetabilan dinding penahan tanah diperoleh terutama dari berat sendiri struktur dan berat tanah yang berada di atas pelat *fondasi*. Besar dan distribusi tekanan tanah pada dinding penahan tanah, sangat bergantung pada gerakan kearah lateral tanah relative terhadap dinding.

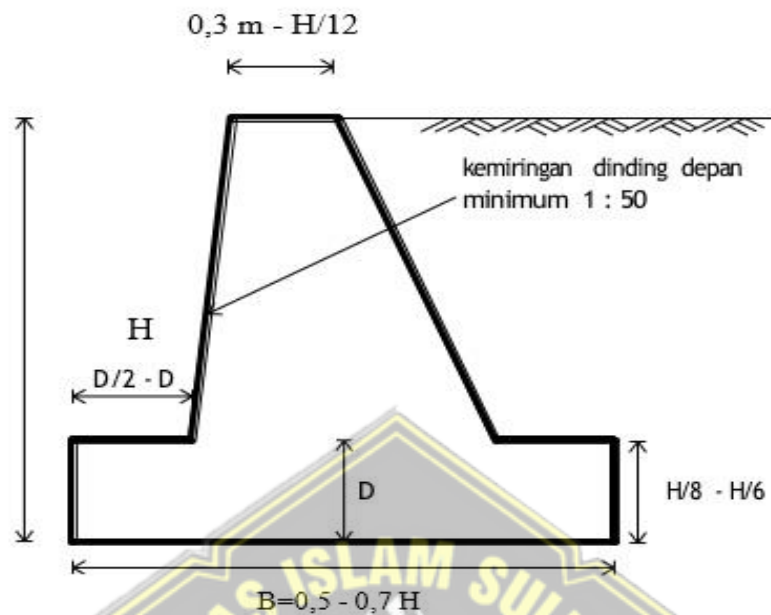
Pemasangan turap sering dipakai dalam pekerjaan-pekerjaan sementara, seperti penahan tebing galian dan bendungan. Kecuali pelabuhan-pelabuhan. Pemakaian turap, antara lain dimaksudkan untuk mencegah longsor tanah dan sekitar galian, maupun untuk mencegah rembesan air yang berlebihan. (sumber: *Hardiyatmo,2002*).

Adapun beberapa tipe dinding penahan tanah yaitu sebagai berikut ;

1. Dinding gravitasi

Dinding gravitasi, adalah dinding penahan yang dibuat dari beton tak bertulang atau pasangan batu. Sedikit tulang beton kadang-kadang diberikan pada permukaan

dinding untuk mencegah retakan permukaan akibat perubahan temperatur.



Gambar 2. 2 Dinding gravitasi (pratikso, 2019)

Bentuk dinding penahan harus sedemikian hingga resultan gaya-gaya terletak pada bagian tengah sejarak sepertiga lebar atau $e < B/6$ (e = eksentris dihitung dari pusat fondasi). Tebal puncak dinding dibuat antara $0.30 - (H/12)$ meter.

Dinding penahan gravitasi umumnya dibuat dari pasangan batu atau beton. Bila penahan dibuat dari beton, sedikit tulangan dibutuhkan untuk menanggulangi perubahan temperatur. Dimensi dinding penahan harus dibuat sedemikian hingga tidak terdapat tegangan Tarik pada badan dinding. Untuk itu pada setiap titik pada potongan-potongan, tegangan- tegangan yang terjadi pada dinding dihitung dengan cara sebagai berikut.

2. Dinding semi gravitasi

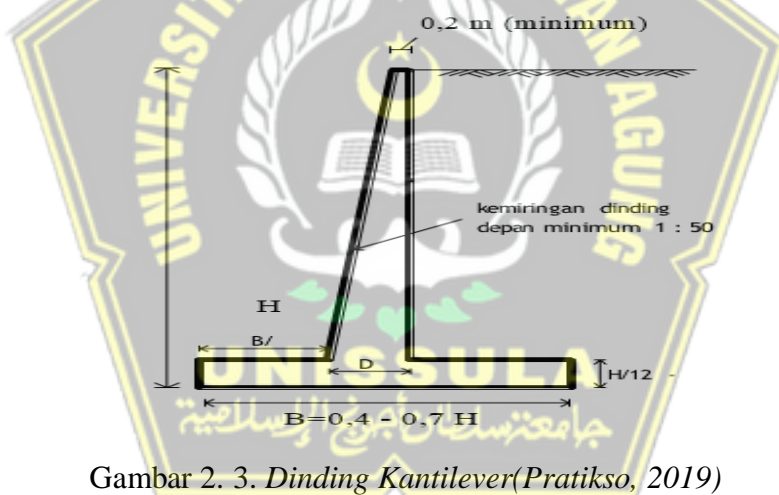
Dinding semi gravitasi adalah dinding gravitasi yang berbentuk agak ramping. Karena ramping, pada strukturnya diperlukan penulangan beton, namun hanya pada bagian dinding saja. Tulang beton yang berfungsi sebagai pasak untuk menghubungkan bagian dinding dan fondasi.

3. Dinding kantilever

Dinding kantilever adalah dinding yang terdiri dari kombinasi dinding dan beton bertulang yang berbentuk huruf *T*. ketebalan dari kedua bagian ini relative tipis dan secara penuh diberi tulangan untuk menahan momen dan gaya lintang yang bekerja padanya(Pratikso,2019)

Dimensi pelat dasar dinding kantilever dibuat sedemikian hingga eksentris resultan beban terletak pada $e < (B/6)$. Jika resultan beban jatuh diluar daerah tersebut, tekanan fondasi menjadi terlalu besar dan hanya sebagian luasan fondasi yang mendukung beban. Tebal puncak dinding minimum 0.20 m. hal in, kecuali untuk memudahkan pengecoran beton,juga untuk keperluan keindahan.

Bagian-bagian dinding kantilever terdiri dari dinding, pelat fondasi belakang dan pelat fondasi depan. Pada setiap bagian ini dirancang seperti cara merancang struktur kantilever. Untuk merancang pelat fondasi, tekanan tanah yang terjadi pada bagian dasar fondasi yang dihitung lebih dulu, yaitu dengan menganggap distribusi tekanan tanah linier.



Gambar 2. 3. Dinding Kantilever(Pratikso, 2019)

Tekanan pada tanah dasar akibat beban penahan yang terjadi pada ujung-ujung pelat fondasi yang dihitung dengan cara sebagai berikut ;

2.3 Stabilitas dinding penahan

Analisis stabilitas dinding penahan tanah dapat ditinjau terhadap hal-hal sebagai berikut;

1. Faktor aman terhadap penggeseran dan penggulingan harus mencukupi
2. Tekanan yang terjadi pada dasar fondasi harus tidak boleh melebihi kapasitas dukung tanah izin

3. Stabilitas lereng secara keseluruhan harus memenuhi syarat.
4. Selain itu, jika tanah dasar mudah mampat, penurunan tak seragam yang terjadi tidak boleh berlebihan.

2.4 Stabilitas terhadap penggeseran

Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh :

1. Gesekan antara tanah dengan dasar fondasi
2. Tekanan tanah pasif bila didepan dinding penahan terdapat tanah timbunan.

Faktor aman terhadap penggeseran (F_{gs}), didefinisikan sebagai :

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 1,5 \dots \dots \dots (2.1)$$

2.5 Stabilitas terhadap penggulingan

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug dibelakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi padaujung kaki depan pelat fondasi. Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri. Dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat fondasi.

Faktor aman tenggulingan (F_{gl}) sebagai berikut :

$$F_{gl} = \frac{Wb_1}{\sum P_{ah}h_1 + \sum P_{av}B} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

- $\sum M_w$ = momen yang melawan penggulingan (t.m)
- $\sum M_{gl}$ = momen yang mengakibatkan penggulingan (t.m)
- W = berat tanah diatas pelat fondasi+berat sendiri dinding penahan (t)
- B = lebar kaki dinding penahan (m)
- $\sum P_{ah}$ = jumlah gaya – gaya horizontal (t)
- $\sum P_{av}$ = jumlah gaya – gaya vertikal (t)

Faktor aman terhadap penggulingan (F_{gl}) bergantung pada jenis tanah yaitu;

$$F_{gl} \geq 1,5 \text{ untuk tanah granuler}$$

$$F_{gl} \geq 2 \text{ untuk tanah dasar kohesif}$$

2.6 Parameter Tanah

Tanah di alam terdiri dari campuran butiran-butiran mineral dengan atau tanpa

kandungan bahan organik. Butiran-butiran tersebut dapat dengan mudah dipisahkan satu sama lain dengan kocokan air. Material ini berasal dari pelapukan batuan, baik secara fisik maupun kimia. Sifat-sifat teknis tanah, kecuali oleh sifat batuan induk yang merupakan material asal, juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut.

Istilah-istilah seperti kerikil, pasir, lanau, dan lempung digunakan dalam Teknik Sipil untuk membedakan jenis-jenis tanah. Pada kondisi alam, tanah dapat terdiri dari dua atau lebih campuran jenis-jenis tanah dan kadang-kadang terdapat pula kandungan bahan organik. Material campurannya kemudian dipakai sebagai nama tambahan di belakang material unsur utamanya. Sebagai contoh, lempung berlanau adalah tanah lempung yang mengandung lanau dengan material utamanya adalah lempung dan sebagainya. Nilai berat volume tanah untuk masing-masing jenis tanah dapat diketahui melalui Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Nilai Tipikal Berat Volume Tanah

Jenis Tanah	γ_{sat} (KN/m ³)	γ_{unsat} (KN/m ³)
Kerikil	20-22	15-17
Pasir	18-20	13-16
Lanau	18-20	14-18
Lempung	16-22	14-21

(sumber: *Soil Mechanics and Foundation, John Wiley & Sons, 2000*)

2.6.1. Modulus *Young*

Nilai *Modulus Young* yang merupakan indikasi besarnya nilai elastisitas tanah dimana merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Untuk menghitung penurunan segera (*immediate settlement*) dibutuhkan nilai modulus elastis atau modulus *Young* (E). modulus elastis (E) dan rasio Poisson (μ) sangat penting untuk hitungan penurunan. Dalam praktek, sangat sulit untuk menentukan nilai modulus elastis E, Karena modulus elastis bertambah jika kedalaman tanah bertambah. Umumnya, modulus elastis ditentukan dari uji triaksial kondisi *undrained*, dimana E ditentukan dari pendektan kemiringan kurva tegangan-regangan yang diambil pada $\frac{1}{2}$ dari beban ultimit aksial. Angka poisson (μ) dapat dihitung dari pengukuran regangan kompresi aksial dan regangan

lateral selama uji triaksial.

Gangguan benda uji (*sample disturbance*) mempunyai pengaruh yang besar pada nilai modulus elastis yang diperoleh. Kendala ini akansangat berpengaruh pada selisih hasil hitungan dan pengamatan penurunan bangunan di lapangan. Semakin besar gangguan benda uji, nilai modulus elastis tanah akan semakin kecil =, sehingga semakin jauh dari nilai aslinya ketika benda uji masih di dalam tanah. Moduls elastis untuk tanah lempung dapat diperoleh dari ujitriaksial *undrained* di laboratorium. Beberapa fator mempengaruhi hasil yang diperoleh. Beberapa peneliti telah mengamati bahwa tegangan regangan pada kondisi *undrained* agak anisotropis dan bergantung pada factor waktu. Semakin kecil kecepatan pembebanan (regangan), semakin kecil nilai modulus elastis *undrained* (E_{μ}). Karena sulitnya memperoleh nilai E_{μ} di laboratorium, beberapa peneliti telah mengusulkan besarnya modulus elastis yang dikorelasikan dengan kuat geser *undrained* (s_u atau c_u) untuk memperkirakan besarnya penurunan pada tanah lempung. Masing-masing peneliti menghasilkan korelasi nilai E_{μ} dengan s_u yang berbeda-beda. Sebagai contoh, Bjerrum telah mengamati nilai E_{μ} antara 250 sampai 1500 s_u .

Untuk tanah granuler seperti pasir, modulus elastis dapat ditentukan dari uji triaksial. Nilai modulus elastis (E) telah diketahui proposional dengan $(\sigma_o)^n$, dengan σ_o adalah tekanan kekang hidrostatis dan nilai n mendeteksi 0,5 (Lambdan Whitman, 1969). Kondisitegangan di lapangan adalah anistropis, karena elemen tanah pada kedalaman tertentu akan menerima tekanan akisal yang tidak sama dengan tekanan lateralnya. Karena itu, modulus elastis proposional dengan akar dari tegangan utama rata-ratanya (Lambdan Whitman, 1969) atau

$$E = \sqrt{\frac{1}{3}(\sigma_2 + 2K_0\sigma_2)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan σ_2 adalah tekanan *overburden* sebelum beban fondasi bekerja dan K_o = koefisien tekanan tanh lateral saat diam.

Tabel 2. 2. Perkiraan modulus elastisitas

Janis Tanah		Modulus Elastisitas, E (kN/m ²)
Lempung :	sangat lunak	300-3000

	lunak	2000-4000
	sedang	4500-9000
	keras	7000-20000
	berpasir	30000-42500
Pasir :	Berlanau	5000-20000
	tidak padat	10000-25000
	padat	50000-100000
Pasir dan kerikil :	padat	80000-200000
	tidak padat	50000-140000
	lanau	2000-20000
	loess	15000-60000
	serpih	140000-1400000

(Sumber: Bowles, 1977)

2.6.2. Poisson Ratio

Nilai *poisson ratio* ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan pemuaian lateral. Nilai *poisson ratio* dapat ditentukan berdasar jenis tanah seperti yang tercantum pada Tabel 2.3. di bawah ini:

Tabel 2.3 Hubungan Antara Jenis Tanah dan Poisson Ratio

Jenis Tanah	Poisson Ratio (ν)
Lempung jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir	0,1 – 1,0
Batuan	0,1 – 0,4
Umum dipakai untuk tanah	0,3 – 0,4

(sumber: Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid 2, 1995)

2.6.3. Sudut Geser Dalam (ϕ)

Pengujian Direct Shear, kekuatan geser tanah diperoleh dengan cara menggeser

contoh tanah yang diberi beban normal (N). Kekuatantanah yang diperoleh dari percobaan tersebut adalah dalam kondisi drained, karena air di dalam pori tanah diijinkan keluar selama pembebanan. Oleh karena itu percobaan Direct Shear pada umumnya digunakan tanah pasir (granular).

Hubungan antara besarnya gaya geser (T) dan beban normal (N) dipresentasikan dalam grafik 1. Untuk menentukan parameter kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Agar diperoleh hasil yang akurat, maka pengujian dilakukan minimum 3 kali dengan pembebanan normal yang berbeda-beda. (Sumber: Anonim, 7 juni 2016, Uji geser langsung, URL; <http://kedaitekniksipil.blogspot.com>).

Kekuatan geser dalam memiliki variabel kohesi dan sudut geser dalam. Sudut geser dalam bersamaan dengan kohesi menjadi penentu dari ketahanan tanah akibat reaksi tegangan yang berupa tekanan lateral tanah. Nilai ini juga diperoleh dari pengukuran *engineering properties* tanah yaitu *Direct Shear Test*.

Hubungan antara sudut geser dalam dan jenis tanah ditunjukkan pada Tabel 2.4. dan Tabel 2.5. berikut:

Tabel 2. 4 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah

Jenis tanah	sudut geser dalam
Kerikil kepasiran	35-40
kerikil kerakal	35-40
pasir padat	35-40
pasir lepas	30
lempung kelanauan	25-30
lempung kelanauan	20-25

(sumber: Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid 2, 1995)

Tabel 2. 5 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam, Tingkat Plastisitas, dan Jenis Tanah.

Jenis tanah	Tingkat plastisitas	ϕ
Lanau	rendah	35-37

Lanau berlempung	sedang	31-35
Lempung	tinggi	<31

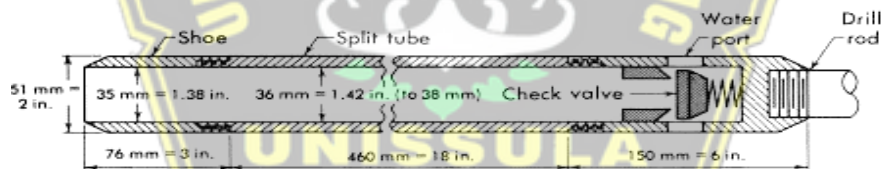
(Sumber: Bjerrum, 1960)

2.6.4. Kohesi

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat dari tegangan yang bekerja pada tanah dimana dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah. Deformasi ini terjadi akibat kombinasi keadaan kritis pada tegangan normal dan tegangan geser yang tidak sesuai dengan faktor aman yang direncanakan. Nilai ini diperoleh dari pengujian *Direct Shear Test*.

2.7 Klasifikasi tanah dengan menggunakan metode N-SPT

Kekuatan tanah yang diuji dengan tes penetrasi dinyatakan dalam N-SPT. Tahanan penetrasi (N-SPT) yaitu banyaknya pukulan (30cm terakhir) yang diperlukan untuk memasukkan *Split Tube Sampler* dengan menggunakan hammer seberat 63.5 kg yang dijatuhkan dari ketinggian 75 cm. Alat uji penetrasi diperlihatkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Tabung *Split Spoon Sampler* (Lambe & Whitman, 1969)

Hubungan antara kepadatan dengan berat jenis tanah kering, nilai N-SPT, q_c , dan ϕ adalah sebanding. Hal ini dapat diketahui melalui Tabel 2.9. berikut:

Tabel 2. 6. Hubungan Antara Kepadatan, Berat Jenis, Nilai N SPT, q_c dan ϕ

Kepadatan	Berat Jenis Tanah Kering, γ_d (gr/cm ³)	Nilai N-SPT	Tekanan Conus q_c (kg/cm ²)	Sudut Geser, ϕ°
<i>Very loose</i> (sangat lepas)	< 0,2	< 4	< 20	< 30
<i>Loose</i> (lepas)	0,2 – 0,4	4 – 10	20 – 40	30 – 35
<i>Medium Dense</i> (agak padat)	0,4 – 0,6	10 – 30	40 – 120	35 – 40
<i>Dense</i> (padat)	0,6 – 0,8	30 – 50	120 – 200	40 – 45
<i>Very Dense</i> (sangat padat)	0,8 – 1,0	> 50	> 200	> 45

(sumber: Mayerhof, 1965)

Untuk menentukan korelasi antara nilai N-SPT dengan berat jenis tanah jenuh (γ_{sat}), dapat diketahui melalui Tabel 2.7. berikut:

Tabel 2. 7. Hubungan antara nilai N-SPT dan berat jenis tanah jenuh(γ_{sat})

N SPT	Konsistensi	Γ_{sat} (kN/m ³)
< 2	<i>Very soft</i>	16 – 19
2 – 4	Soft	16 – 19
4 – 8	Medium	17 – 20
8 – 15	Shiff	19 - 22
15 – 30	Very Shiff	19 – 22
> 30	Hard	19 – 22

(sumber: Terzaghi and Peck 1948,)

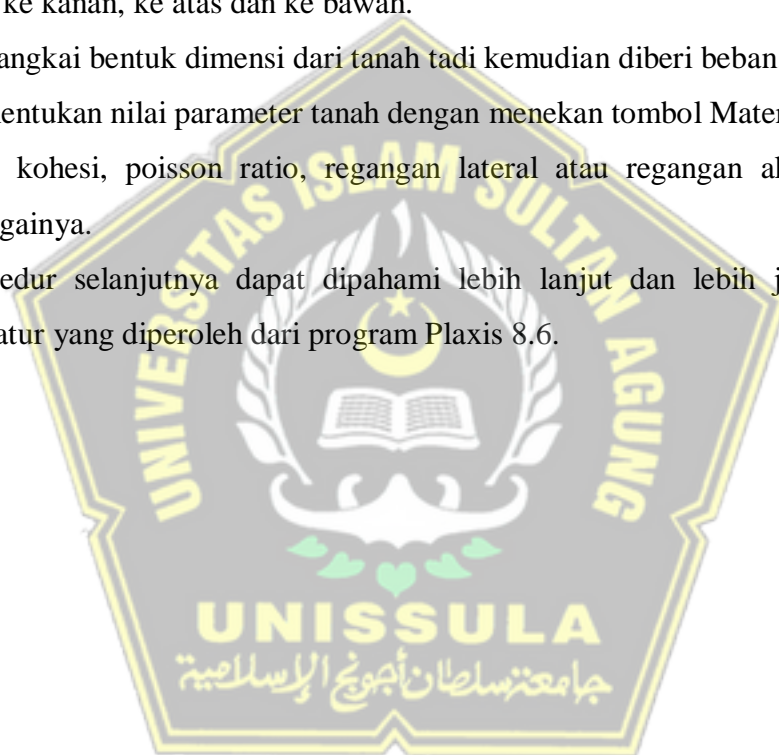
2.8 Program Plaxis

Plaxis (Finite Element Code for Soil and Rock Analysis) merupakan suatu rangkuman program elemen hingga yang telah dikembangkan untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam perencanaan perencanaan sipil. Grafik prosedur-prosedur input data (*soil properties*) yang sederhana mampu menciptakan model-model elemen hingga yang kompleks dan menyediakan output tampilan secara detail berupa hasil-hasil perhitungan. Perhitungan program ini seluruhnya secara otomatis dan berdasarkan pada prosedur prosedur penulisan angka yang

tepat. Konsep ini dapat dikuasai oleh pengguna baru dalam waktu yang relatif singkat setelah melakukan beberapa latihan (*Plaxis*, 2012).

Dalam penelitian ini data yang dibutuhkan adalah mengenai nilai-nilai parameter pada tanah yang didapat dari hasil pengujian tanah dalam hal ini adalah tanah di lokasi studi. Data tersebut digunakan sebagai input, adapun prosedur dari program *Plaxis* antara lain sebagai berikut :

1. Menentukan judul, model, dan elemen pada kotak serta menuliskan perintah atau tujuan yang akan dipakai.
2. Menuliskan dimensi tanah dari kasus yang akan dipelajari, yaitu sepanjang ke kiri, ke kanan, ke atas dan ke bawah.
3. Merangkai bentuk dimensi dari tanah tadi kemudian diberi beban.
4. Menentukan nilai parameter tanah dengan menekan tombol Material) Set antara lain: kohesi, poisson ratio, regangan lateral atau regangan aksial dan lain sebagainya.
5. Prosedur selanjutnya dapat dipahami lebih lanjut dan lebih jelas lagi pada literatur yang diperoleh dari program *Plaxis* 8.6.



BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1. Tahapan Analisis Stabilitas dengan Plaxis V.8.6.

Tahapan analisis dalam penelitian mengambil data-data sekunder sebagai berikut :

3.1.1. Data Tanah

Data yang di gunakan dalam penelitian ini bersumber dari penelitian sebelumnya oleh(Muzaki,2019) Berikut data tanah yang di gunakan untuk plaxis V.8.6:

Tabel 3 1 Data hasil Perhitungan *Direct Sear Test*

Sample	Percobaan	Beban (kg)	Pembacaan Dial	tegangan normal (kg/cm ²)	tegangan Geser (kg/cm ²)	sudut geser ϕ (°)	Cohesi (c) kN/m ²
Tanah 1 (0-1,7)	1	8	25	0,26	0,27	36	10
	2	16	35	0,50	0,38		
	3	24	69	0,73	0,76		
Tanah 2 (1,7-4,2)	1	8	32	0,26	0,35	38	17
	2	16	50	0,50	0,55		
	3	24	60	0,73	0,66		
Tanah 3 (4,2-5,5)	1	8	42	0,26	0,46	43	23
	2	16	60	0,50	0,66		
	3	24	84	0,73	0,92		
Tanah 4 (5,5-10)	1	8	40	0,26	0,44	46	16
	2	16	66	0,50	0,72		
	3	24	85	0,73	0,93		

(Sumber: Muzaki, 2020 diolah 2022)

Tabel 3 2 Data Hasil *Soil Test*

Depth (m)	w (%)	Gs	γ_b (gr/cm ³)	γ_k (gr/cm ³)	Porosity/kadar pori (n)	void ratio (e) (gr/cm ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{unsat} (kN/m ³)
(0-1,7)	5,095	3,300	0,960	0,910	0,725	2,605	16,061	15,283
(1,7-4,2)	10,690	2,525	0,938	0,845	0,665	1,980	14,813	13,382
(4,2-5,5)	23,210	2,066	0,705	0,580	0,725	2,595	12,715	10,320
(5,5-10)	26,294	2,060	0,805	0,640	0,690	2,230	13,025	10,315

(Sumber: Muzaki, 2020 diolah 2022)

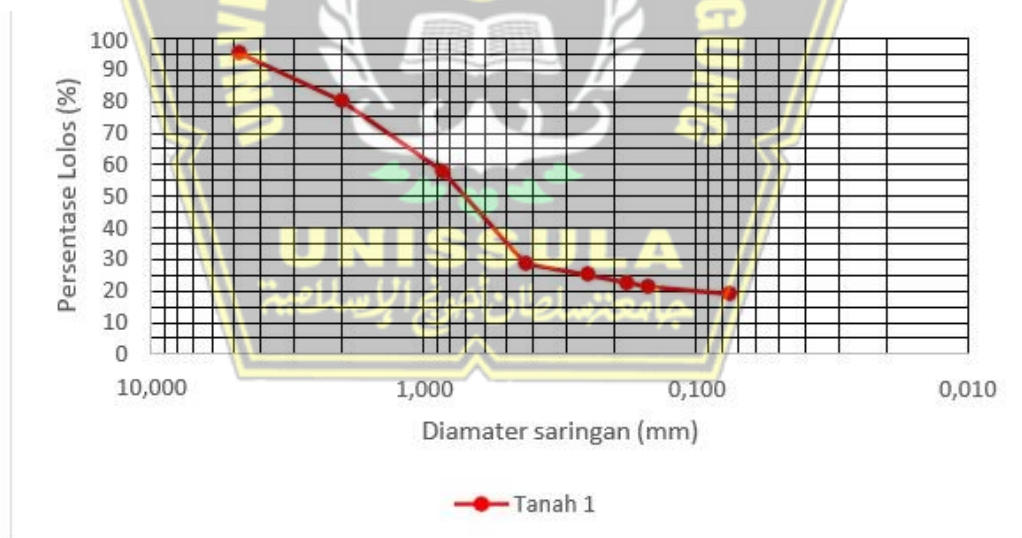
Tabel 3 3 Hasil Perhitungan *Grain Size Analysis Tanah 1*

No. Saringan	Ø Saringan (mm)	NO.cawan	Bera sample tertinggal dalam saringan	Prosentase Tertinggal (%)	Kumulatif Persen (%)	Persen Finner (%)
# 4	4.760	1	25	4.56	4.56	95.50
# 10	2.000	2	83.5	15.18	19.73	80.25
# 20	0.850	3	122.9	22.35	42.07	57.90
# 40	0.425	4	160.4	29.16	71.24	28.75
# 60	0.250	5	20	3.64	74.87	25.12
# 80	0.180	6	12.9	2.35	77.22	22.77
# 100	0.150	7	7.1	1.29	78.51	21.48
# 200	0.075	8	13.1	2.38	80.89	19.10
Pan	0.000	9	3	0.55	81.44	18.55
JUMLAH			447.9			

Gravel = 4,56% sand = 76,34% silt clay = 18,55 %

(Sumber: Muzaki, 2020)

Tabel 3 4 *Grain Size Analysis Tanah 1*



(Sumber: Muzaki, 2020)

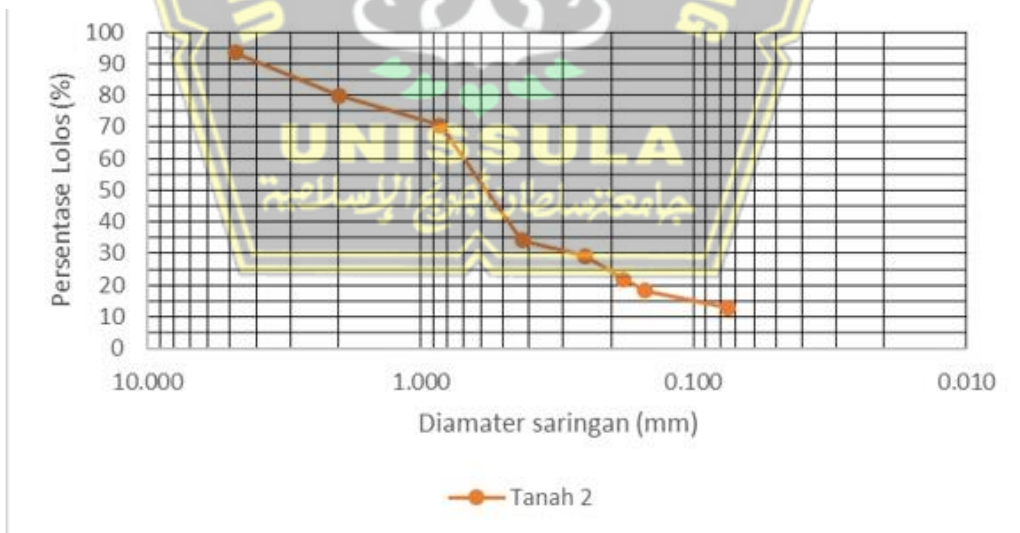
Tabel 3 5 Hasil Perhitung *Grain Size Analysis* Tanah 2

No. Saringan	Ø Saringan (mm)	NO.cawan	Bera sample tertinggal dalam saringan	Prosentase Tertinggal (%)	Kumulatif Persen (%)	Persen Finner (%)
# 4	4.760	1	35.7	6.45	6.45	93.50
# 10	2.000	2	75.1	13.65	20.15	79.85
# 20	0.850	3	51	9.27	29.42	70.58
# 40	0.425	4	200.8	36.51	65.93	34.07
# 60	0.250	5	27	4.91	70.84	29.16
# 80	0.180	6	40.1	7.29	78.13	21.87
# 100	0.150	7	19.7	3.58	81.71	18.29
# 200	0.075	8	29.8	5.42	87.13	12.87
Pan	0.000	9	3	0.55	87.67	12.31
JUMLAH			482.2			

Gravel = 6,48 % sand = 66,97 % silt clay = 12,32 %

(Sumber: Muzaki, 2020)

Tabel 3 6 *Grain Size Analysis* Tanah 2



(Sumber: Muzaki, 2020)

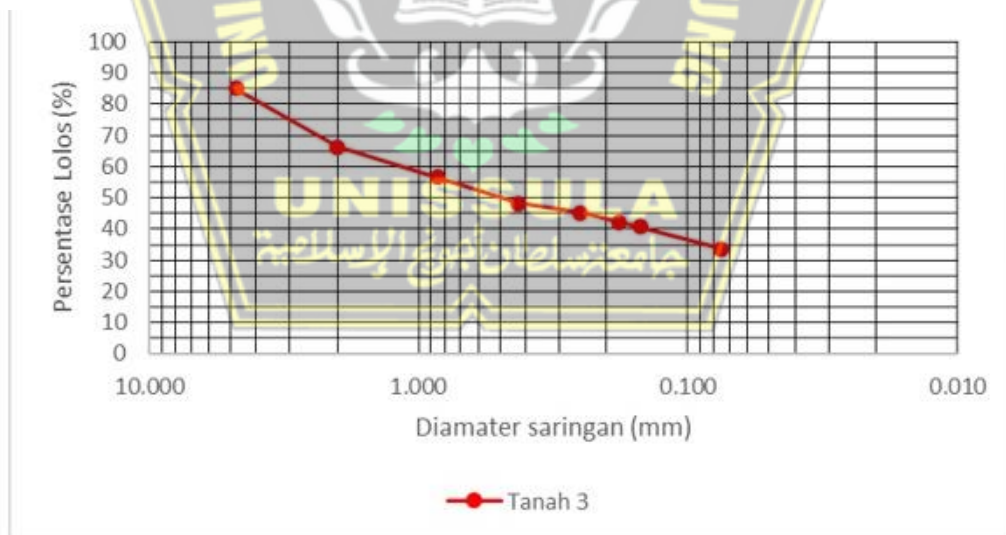
Tabel 3 7 Hasil Perhitungan *Grain Size Analysis* Tanah 3

No. Saringan	Ø Saringan (mm)	NO.cawan	Bera sample tertinggal dalam saringan	Prosentase Tertinggal (%)	Kumulatif Persen (%)	Persen Finner (%)
# 4	4.760	1	82	14.92	14.92	85.08
# 10	2.000	2	103.3	18.78	33.69	66.31
# 20	0.850	3	53	9.64	43.33	56.67
# 40	0.425	4	46.3	8.42	51.75	48.25
# 60	0.250	5	17.2	3.13	54.87	45.13
# 80	0.180	6	16.1	2.93	57.80	42.20
# 100	0.150	7	8.7	1.58	59.38	40.62
# 200	0.075	8	38	6.91	66.29	33.71
Pan	0.000	9	15.5	2.82	69.11	30.88
JUMLAH			380.1			

Gravel = 14,92% sand = 32,61% silt clay = 30,88 %

(Sumber: Muzaki, 2020)

Tabel 3 8 *Grain Size Analysis* Tanah 3



(Sumber: Muzaki, 2020)

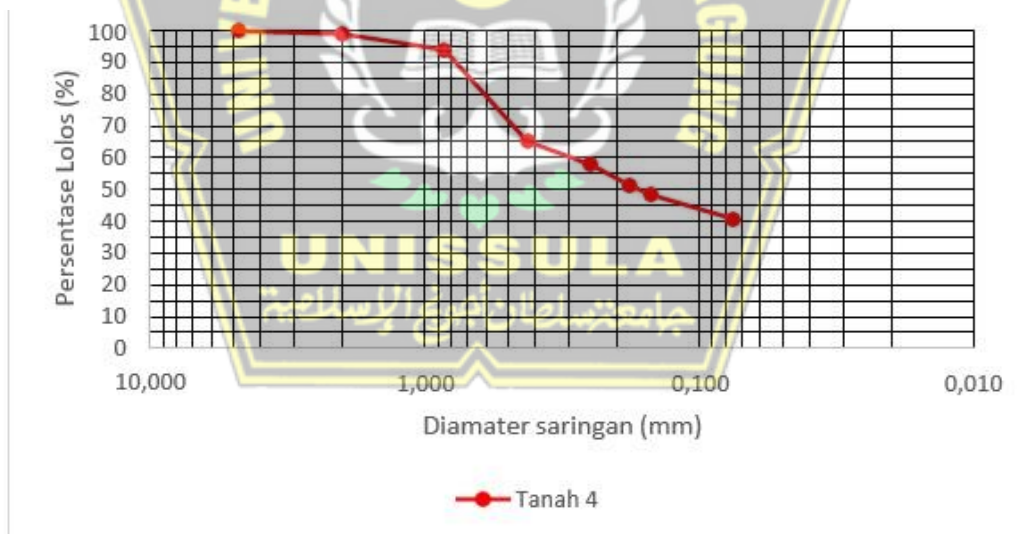
Tabel 3 9 Hasil Perhitungan *Grain Size Analysis* Tanah 4

No. Saringan	Ø Saringan (mm)	NO.cawan	Bera sample tertinggal dalam saringan	Prosentase Tertinggal (%)	Kumulatif Persen (%)	Persen Finner (%)
# 4	4.760	1	0.4	0.06	0.06	99.94
# 10	2.000	2	5.5	1.00	1.07	98.93
# 20	0.850	3	27.1	4.93	6.00	94.00
# 40	0.425	4	158.5	28.82	34.82	65.18
# 60	0.250	5	40.2	7.31	42.13	57.87
# 80	0.180	6	36.2	6.58	48.71	51.29
# 100	0.150	7	16.4	2.98	51.69	48.31
# 200	0.075	8	41.8	7.60	59.29	40.71
Pan	0.000	9	5.2	0.95	60.24	39.75
JUMLAH			331.3			

Gravel = 0,06 % sand = 58,23% silt clay = 39,75 %

(Sumber: Muzaki, 2020)

Tabel 3 10 *Grain Size Analysis* Tanah 4



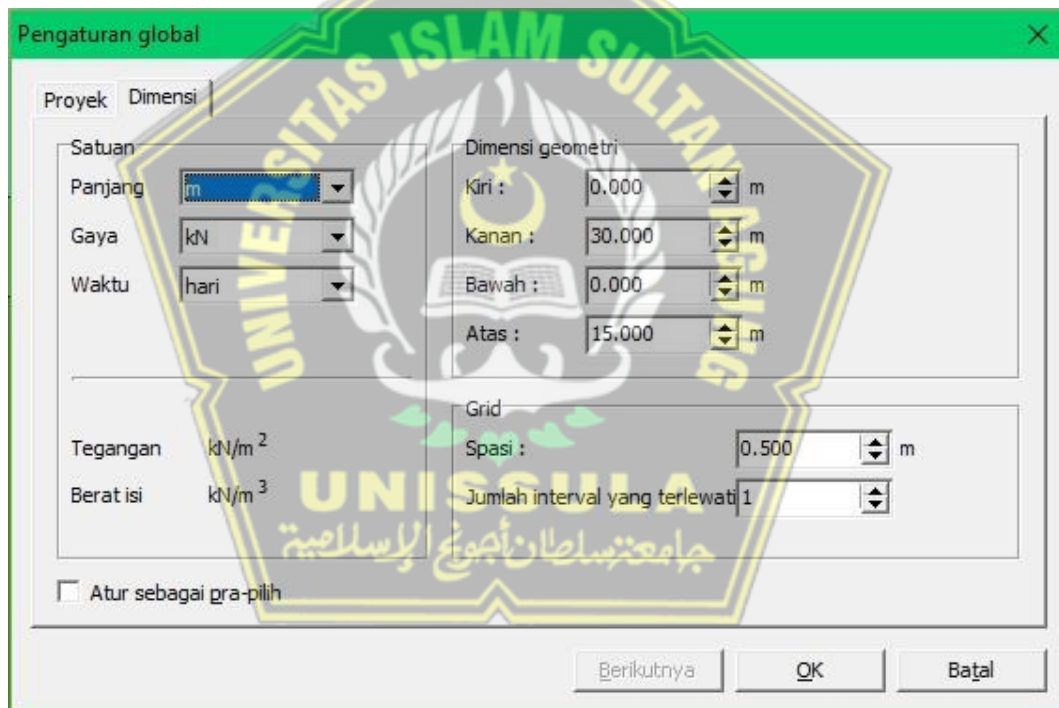
(Sumber: Muzaki, 2020)

Tabel 3 11Rangkuman Data Tanah

Depth (m)	ketebalan (m)	Gs	w (%)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{unsat} (kN/m ³)	e (gr/cm ³)	n	c (kN/m ²)	ϕ (°)	Gravel (%)	Sand (%)	Silt clay (%)
(0-1,7)	1,7	3,300	5,095	16,061	15,283	2,605	0,725	10	37	4,555	76,335	18,554
(1,7-4,2)	2,5	2,521	10,690	14,813	13,382	1,980	0,665	17	39	6,481	66,972	12,317
(4,2-5,5)	1,3	2,066	23,210	12,715	10,320	2,595	0,725	23	45	14,919	32,609	30,881
(5,5-10)	4,5	2,061	26,294	13,025	10,315	2,230	0,690	16	48	0,063	58,228	39,754

(Sumber: Muzaki, 2020 diolah 2022)

Langkah selanjutnya adalah membuat permodelan sesuai kondisi lapangan dengan cara menentukan nama project dengan mengklik *new project* pada *create/open project*. Lalu klik <OK>., akan muncul jendela general settings. Setelah itu isikan batas koordinat x, y lereng pada keadaan asli. Jendela General settings dapat dilihat pada Gambar 3.1. dan Gambar 3.2.



Gambar 3. 1 *General Settings – Tab Dimension*

Setelah membuat lembar kerja baru dan menginput pada tab *dimensions*

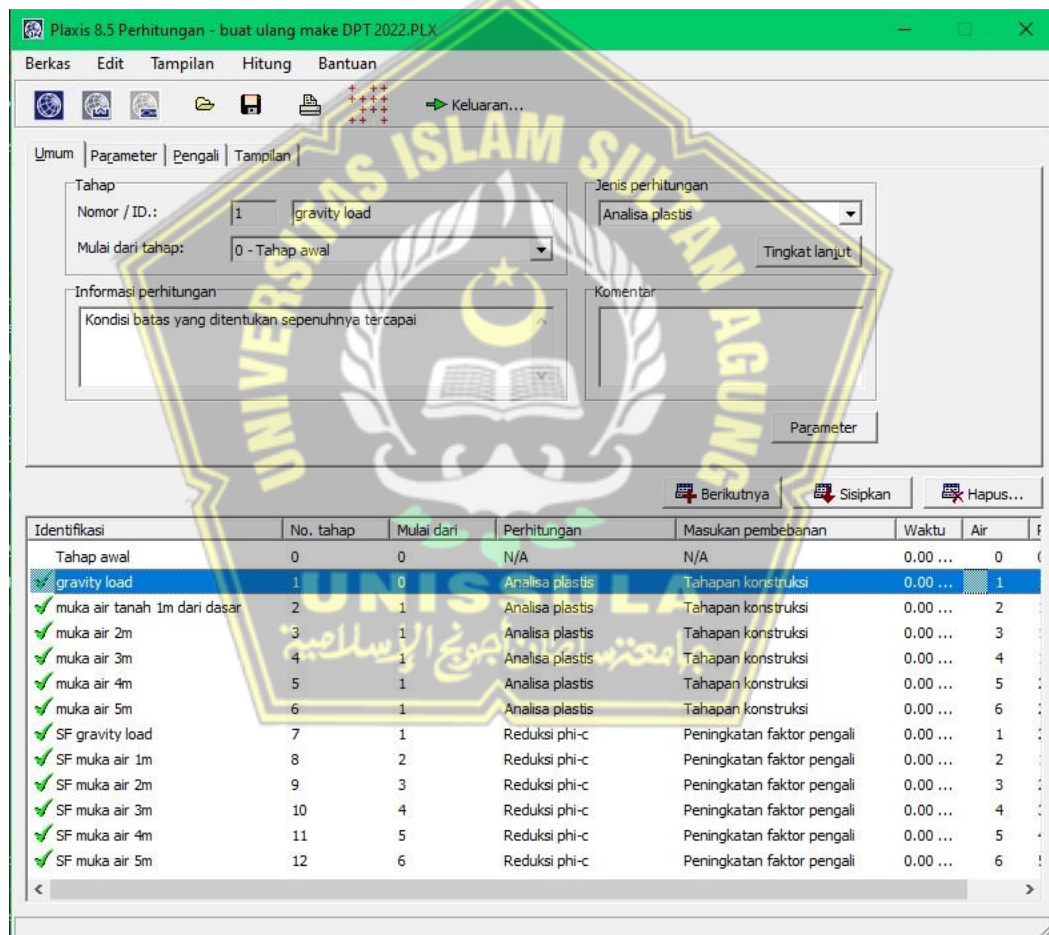
langkah selanjutnya adalah

- Menggambar geometri dua dimensi penampang lereng yang akan dianalisis.
- Menentukan kondisi batas (Standard fixities).
- Memasukkan sifat-sifat material pada menu material sets.

- Melakukan penyusunan jaring elemen (Generated mesh).
- Menentukan initial condition dan initial pore pressures untuk menentukan kondisi Muka Air Tanah (MAT) dan *KO Procedure*.
- Menentukan *generate water pressure* kondisi *phreatic level*.
- Menentukan *closed consolidation boundary*.

3.1.2. Plaxis Calculations

Plaxis calculations program digunakan setelah proses *input* pada pekerjaan lereng yang akan dianalisis telah selesai. Setelah memilih *toolbar calculate* pada akhir *input program* akan muncul tampilan seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3. 2. *plaxis calculation*

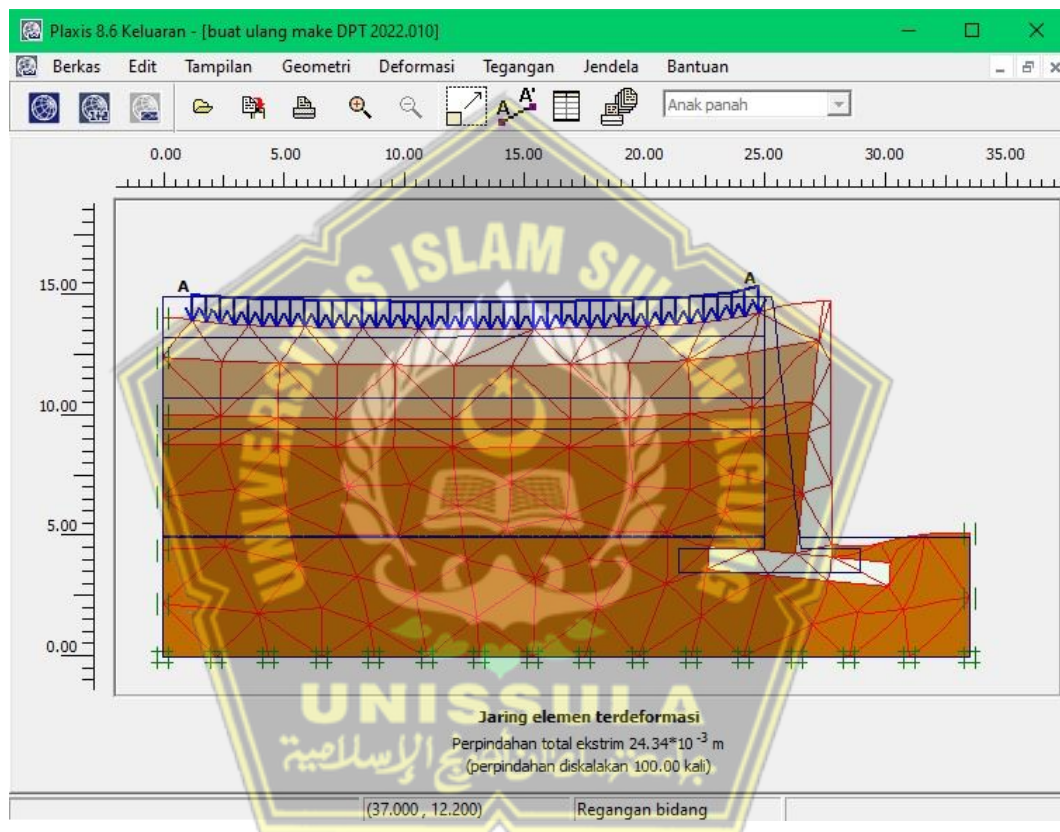
Langkah untuk menentukan *safety factor* pada lereng yang dianalisis dilakukan *input* terhadap tahap *calculations* sebagai berikut :

- Pilih *Phi/c Reduction* pada *calculation type*. Kemudian pilih *incremental multipliers* pada loading input lalu klik *calculate*.

- Pilih titik nodal untuk penggambaran kurva beban perpindahan maupun penggambaran lintasan tegangan.

Plaxis Output

Plaxis output dapat dibuka kembali dengan *klik toolbar Plaxis output*, atau dari *start menu*. *Toolbar calculation* pada *calculation program* dapat juga dipakai untuk masuk ke *output program*, jika *input* telah selesai dan telah memilih titik yang akan ditinjau.



Gambar 3. 3. Contoh Tampilan *Plaxis Output program*

Selain melihat perpindahan tegangan yang terjadi didalam tanah, *output program* dapat digunakan untuk melihat gaya-gaya yang bekerja pada objek *structural*. Untuk menampilkan hasil yang diperoleh dari hasil analisis ini adalah sebagai berikut :

- Pilih menu peningkatan total dari menu deformasi. Tampilan akan menunjukkan peningkatan dari seluruh titik nodal dalam bentuk anak panah. Panjang dari anak panah menunjukkan nilai relatifnya.

- Pilih tegangan efektif dari menu tegangan. Tampilan akan menunjukkan besar dan arah dari tegangan-tegangan utama efektif.

1. Plaxis Curves

Plaxis Curves Program dapat dipakai untuk menggambar kurva hubungan beban atau waktu terhadap *displacement*, diagram tegangan-tegangan dari lokasi yang sebelumnya dipilih pada *Calculation Program (select point for curve)*. Pemilihan *point* ini dibatasi sejumlah 10 buah nodal dan 10 buah untuk *stress point*. Berikut ini merupakan tahapan untuk menampilkan kurva pada program *Plaxis* baik kurva baru maupun kurva yang telah dibuat :

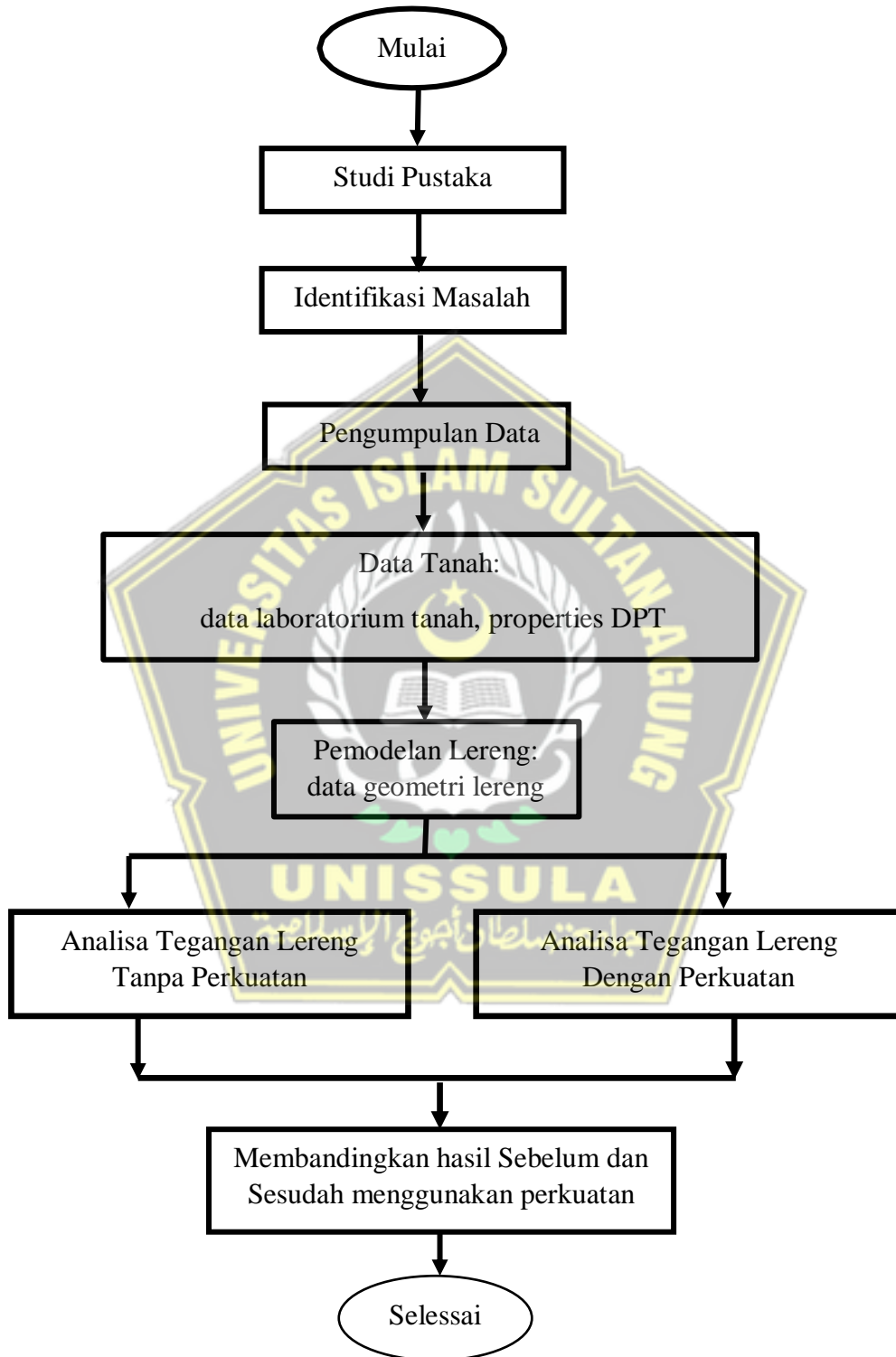
- Memilih tampilan kurva yang akan ditampilkan pada *Create/Open project*, jika kurva belum dibuat maka pilih *New chart*.



Gambar 3. 4. Tampilan *Open Project* pada *Curve Program*

3.2. Diagram alur Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan dalam menganalisis kestabilan lereng adalah sebagai berikut :



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Tanah

Analisis dan penanggulangan tanah longsor menggunakan dinding penahan tanah tipe kantilever menggunakan aplikasi *plaxis V.8.6*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui angka keamanan lereng dan merencanakan dinding penahan tanah yang baru. Data tanah yang di gunakan untuk *plaxis V 8.2* adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Properties tanah

Properties	Tanah Berpasir			
Kedalaman	0 - 1,7 m	1,7 - 4,2 m	4,2 - 5,5 m	5,5 - 10 m
model	MohrColoumb			
Type	Drained			
γ sat (kN/m ³)	16,061	14,813	12,715	13,027
γ unsat (kN/m ³)	15,283	13,382	10,320	10,315
Kohesi (c)	10 kN/m ²	17 kN/m ²	23 kN/m ²	16 kN/m ²
Sudut geser (ϕ)	36°	38°	43°	46°
Modulus elastisitas (E)	10000 kN/m ²	10000 kN/m	10000 kN/m	10000 kN/m
Poison ratio(v)	0,3	0,3	0,3	0,3

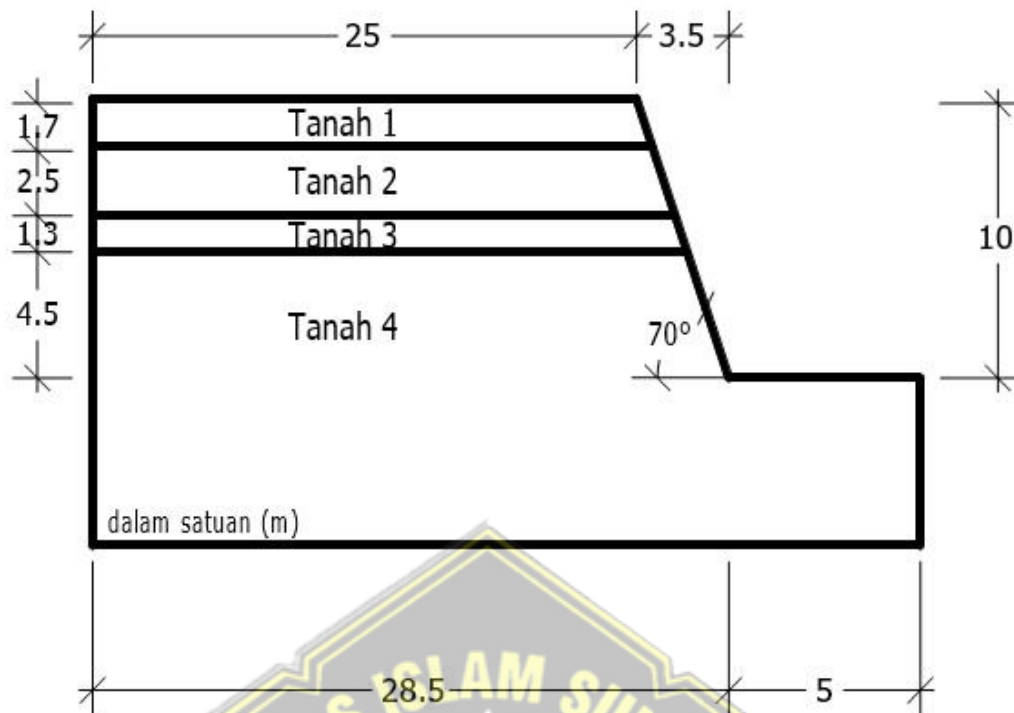
(Data diolah, 2023)

4.2. Analisis Stabilitas Lereng Existing

Proses menganalisis dengan memasukkan dimensi lereng existing dan data tanah dengan tujuan mencari angka *safety factor* pada lereng longsor. Berikut perhitungan analisis lereng menggunakan aplikasi *Plaxis V.8.6*.

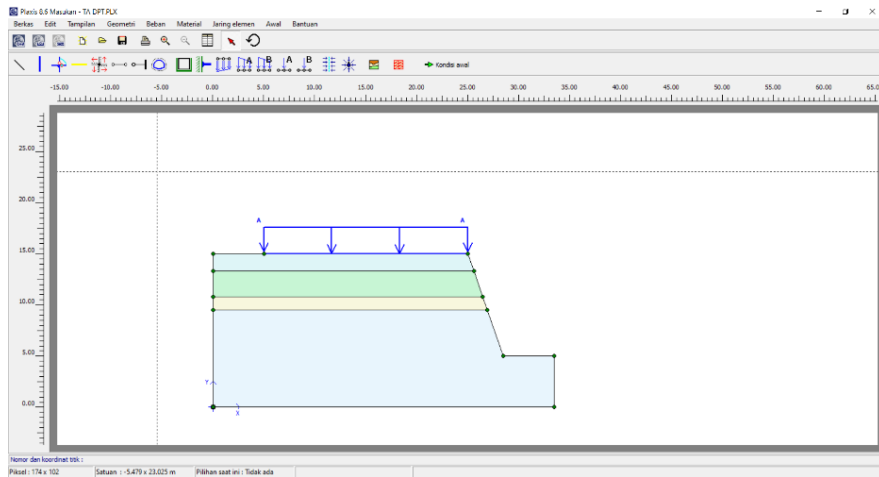
1. Penggambaran model *Plane strain 2D*

Pada tahap ini memasukkan data dimensi lereng ke *plaxis input* sesuai dengan data yang diperoleh.



Gambar 4. 1. Dimensi lereng existing

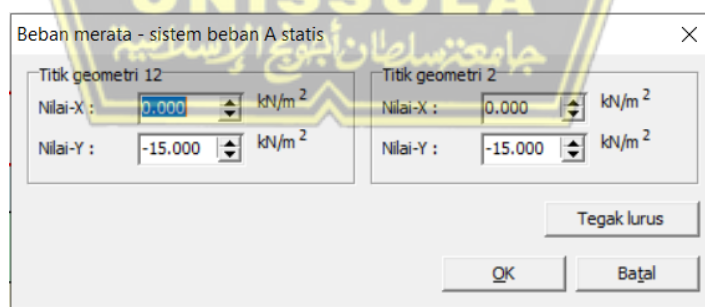
Buat model geometri lereng dengan menggunakan toolbar Geometri Line atau dengan menginput koordinat dengan mengetikkan pada point on geometri line pada sisi bawah window. Pada analisis ini dipilih model lereng dengan lapisan tanah yang berdasarkan dari potongan melintang lokasi studi. Kemudian diberi kondisi batas (*Boundary Condition*) sebagai pengekang geometri tanah. Prinsipnya, semua batas harus mempunyai satu kondisi batas pada tiap arah. Jika suatu model tidak diberi kondisi batas maka kondisi alamiah akan terjadi di mana gaya yang ditentukan sama dengan nol dan terjadi kondisi bebas bergerak. Kondisi batas yang digunakan adalah standard fixities (kekakuan standar) yang memodelkan lapisan bawah tanah terjepit sempurna atau tidak bergerak sama sekali, sedangkan untuk bagian samping kirikanan memungkinkan untuk bergerak secara vertikal ($U_x=0$; U_y = bebas).



Gambar 4. 2. Model Geometri Lereng

2. Input beban

pembebanan diberikan berdasarkan standart beban untuk dinding penahan tanah dari provinsi sebesar 15 kN/m^2 . Beban dimodelkan sebagai beban merata dalam *Plaxis V.8.6* disebut sebagai tractions. Didefinisikan besarnya beban adalah sebesar 15 kN/m^2 . Pada *Plaxis V.8.6*, tanda negatif (-) menandakan arah gaya ke bawah. Sehingga besarnya tractions adalah -15 kN/m^2 yang bekerja pada sumbu y sedangkan pada sumbu x tidak ada gaya yang bekerja. Klik ganda pada posisi beban tersebut maka akan muncul kotak dialog, pilih LoadSystem (A) dan isi besarnya beban yang bekerja pada posisi tersebut seperti pada gambar.




Gambar 4. 3. input beban merata

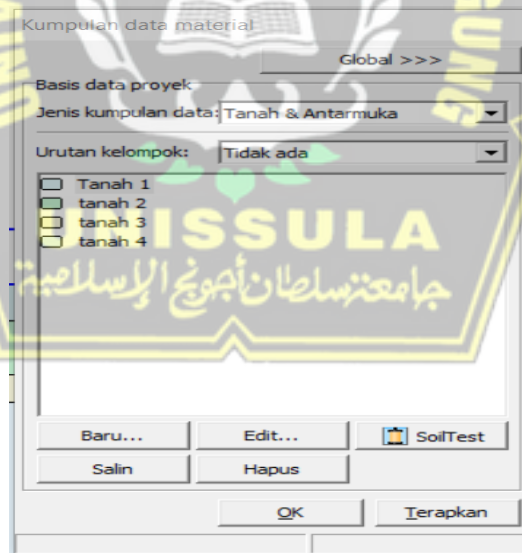
3. Input material tanah

Pada analisis ini digunakan model *Mohr-Coulomb* yang memerlukan 6 buah parameter :

- Kohesi (c)
- Sudut geser dalam (ϕ)
- Modulus Elastisitas (E)
- *Poisson's ratio* (ν)
- Berat isi tanah kering (γ_{unsat})
- Berat isi tanah jenuh air (γ_{sat}).

Untuk mendapatkan Modulus elastisitas (E) dapat ditentukan dari uji triaxial yang dimana dalam penelitian ini penulis tidak melakukan uji triaksial. Oleh karena itu nilai modulus elastisitas (E) diperoleh dari tabel perkiraan modulus elastisitas dari bowles 1977 dengan tipikal tanah berpasir tidak padat.

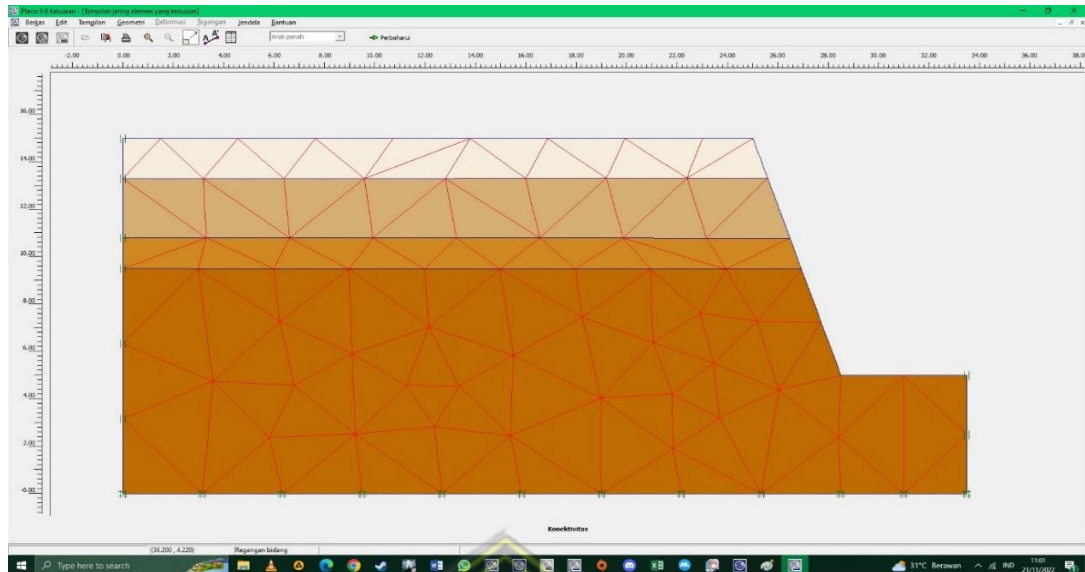
Nilai *poisson ratio* (ν) didapat dari tabel hubungan antara jenis tanah dan *Poisson ratio* (ν) diambil yang umum dipakai untuk tanah yaitu 0,3. Material lapisan tanah yang dimodelkan kemudian didefinisikan propertisnya dengan mengklik toolbar Material Sets . Kemudian drag data set tiap lapisan dari jendela Material Sets ke area lapisan tanah yang diikuti oleh perubahan warna pada model geometri.







Gambar 4. 4. Properties untuk tiap lapisan tanah

Proses berikutnya adalah melakukan meshing generation untuk membagi material tanah ke dalam elemen-elemen diskret yang berhingga, dengan menggunakan

toolbar 



Gambar 4. 5. Tampilan setelah di lakukan *Mesh Generation*

Penetapan kondisi awal (Initial Condition)  Kondisi awal Pada model ini muka air tanah akan dimasukkan secara bertahab. Model geometri yang sudah dibuat harus ditetapkan kondisi awalnya. Kondisi awal memiliki 2 mode, yaitu :Mode 1 untuk pembangkitan tekanan air awal (water condition mode). Mode 2 untuk menetapkan konfigurasi tekanan efektif awal (geometry configuration mode). Langkah ini dapat ditentukan dengan memilih prosedur Ko atau Gravity Loading. Ko Procedure dipilih jika kondisi geometri relatif horisontal, yaitu dengan memilih ikon geometri initial stress, dengan menekan toolbar  untuk menuju model Geometry configuration, tekan  (sebelah kanan) untuk mengaktifkan Ko-Procedure kemudian klik  Perbaharui

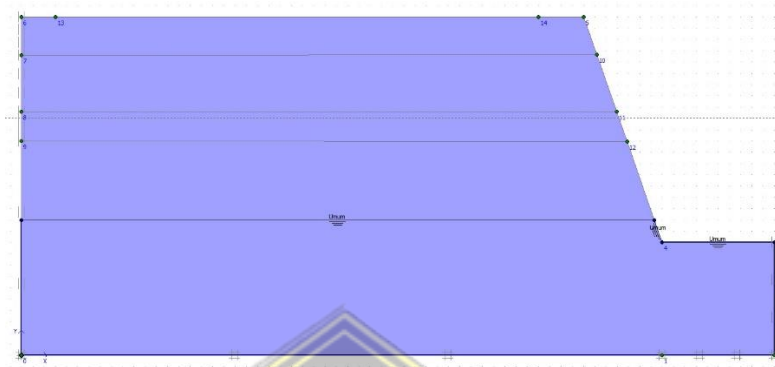
4.3. Plaxis calculatons

Tahapan perhitungan dengan cara menaikkan muka air tanah dari dasar lereng secara bertahap untuk mencari *safety factor* (SF) dengan tinggi muka air tertentu.

Tahap-tahap perhitungan ada 12 tahap yaitu:

- a. Tahap pertama Gravity Loading, yaitu tahap dimana tegangan dan regangan awal akibat berat tanah dan beban merata dari model dihitung dengan menggunakan jenis perhitungan analisa plastis.

- b. Tahap ke dua memasukan muka air tanah setinggi 1 m dari dasar lereng dengan cara klik tahap ke dua yang akan di naikan muka airnya menjadi 1 m diatas tanah dasar. Selanjutnya pilih tab parameter dan pilih tentukan, pilih *grafik featik* dan gambar muka air setinggi 1 m dan pilih perbaharui seperti pada Gambar 4.7.



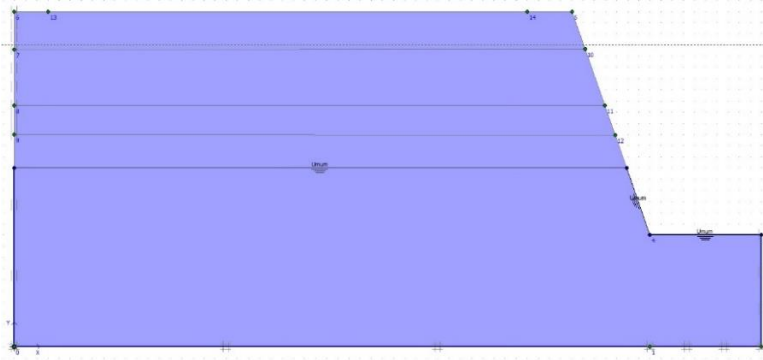
Gambar 4. 6. muka air tanah 1 m

- c. Tahap ke tiga memasukan muka air tanah setinggi 2 m dari dasar lereng dengan cara klik tahap ke ke tiga yang akan di naikan muka airnya menjadi 2 m diatas tanah dasar. Selanjutnya pilih tab parameter dan pilih tentukan, pilih *grafik featik* dan gambar muka air setinggi 2 m dan pilih perbaharui seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 7. muka air tanah 2 m

- d. Tahap ke empat memasukan muka air tanah setinggi 3 m dari dasar lereng dengan cara klik tahap ke empat yang akan di naikan muka airnya menjadi 3 m diatas tanah dasar. Selanjutnya pilih tab parameter dan pilih tentukan, pilih *grafik featik* dan gambar muka air setinggi 3 m dan pilih perbaharui seperti pada Gambar 4.9.



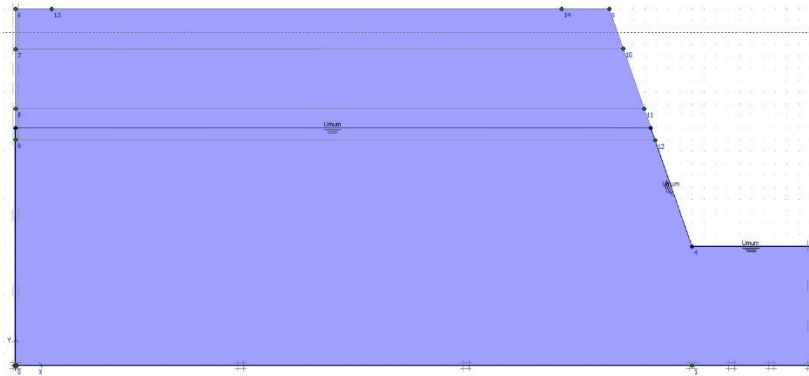
Gambar 4. 8. muka tanah air 3 m

- e. Tahap ke lima memasukkan muka air tanah setinggi 4 m dari dasar lereng dengan cara klik tahap ke lima yang akan di naikan muka airnya menjadi 4 m diatas tanah dasar. Selanjutnya pilih tab parameter dan pilih tentukan, pilih *grafik featik* dan gambar muka air setinggi 4 m dan pilih perbaharui seperti pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 9. muka tanah air 4 m

- f. Tahap ke enam memasukkan muka air tanah setinggi 5 m dari dasar lereng dengan cara klik tahap ke enam yang akan di naikan muka airnya menjadi 5 m diatas tanah dasar. Selanjutnya pilih tab parameter dan pilih tentukan, pilih *grafik featik* dan gambar muka air setinggi 5 m dan pilih perbaharui seperti pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 10. muka air tanah 5 m

- g. Tahap ke tujuh perhitungan *safety factor* (SF) untuk Gravity loading yaitu fase dimana kestabilan lereng akibat tahap pertama dihitung dengan menggunakan jenis perhitungan phi-c reduksi.
- h. Tahap ke delapan perhitungan *safety factor* (SF) untuk muka air tanah setinggi 1 m.
- i. Tahap ke sembilan perhitungan *safety factor* (SF) untuk muka air tanah setinggi 2 m.
- j. Tahap ke sepuluh perhitungan *safety factor* (SF) untuk muka air tanah setinggi 3 m.
- k. Tahap ke sebelas perhitungan *safety factor* (SF) untuk muka air tanah setinggi 4 m.
- l. Tahap ke duabelas perhitungan *safety factor* (SF) untuk muka air tanah setinggi 5 m.

Pada perhitungan *safety factor* (SF) digunakan jenis perhitungan Phi-creduction yaitu pilihan yang tersedia dalam *Plaxis V.8.6* untuk menghitung *safety factor* (SF). Dalam Phi-c reduction dilakukan pendekatan parameter-parameter kekuatan tanah sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c) dengan mengurangi nilainya sampai tercapainya keadaan dimana kegagalan struktur terjadi.

Identifikasi	No. tahap	Mulai dari	Perhitungan	Masukan pembebanan	Waktu	Air	Perta...
Tahap awal	0	0	N/A	N/A	0,00 ...	0	0
Gravity Load	3	0	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	3	1178
→ muka air 1m dari dasar	10	3	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	10	1180
→ muka air 2m	6	3	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	6	1616
→ muka air 3m	16	3	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	16	1514
→ muka air 4m	14	3	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	14	1718
→ muka air 5m	17	3	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	17	1821
→ SF gravity load	13	3	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0,00 ...	3	1211
→ SF muka air 1m	11	10	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0,00 ...	10	1311
→ SF muka air 2m	12	6	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0,00 ...	6	1618
→ SF muka air 3m	15	16	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0,00 ...	16	1516
→ SF muka air 4m	18	14	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0,00 ...	14	1721
→ SF muka air 5m	19	17	Reduksi phi-c	Peningkatan faktor pengali	0,00 ...	17	1824

Gambar 4. 11. tahap perhitungan *Plaxis V.8.6*

Tekan tombol <Calculate/hitung> untuk memulai perhitungan fase-fase tersebut. Fase-fase yang akan dihitung akan diberi tanda anak panah biru ➡ di depan tulisan tahap, yang akan menjadi centang hijau apabila perhitungan sukses dilakukan.

Plaxis 8.5 - Perhitungan Plastis - Regangan bidang

Proyek: LERENG EXISTING
Tahap: Gravity Load

Faktor pengali total pada akhir langkah beban sebelumnya

Σ -Mdisp:	1,000	PMaks:	0,000
Σ -MloadA:	1,000	Σ -Marea:	1,000
Σ -MloadB:	1,000	Gaya-X:	0,000
Σ -Mweight:	1,000	Gaya-Y:	0,000
Σ -Maccel:	0,000	Kekakuan:	1,000
Σ -Msf:	1,000	Waktu:	0,000
Σ -Mstage:	0,000	Waktu dinamis:	0,000

Proses perhitungan

Titik nodal A

Proses iterasi dari langkah saat ini

Langkah saat ini:	1	Langkah maks. :	250	Elemen:	188
Iterasi:	4	Iterasi maks. :	60	Dekomposisi:	100 %
Kesalahan global:	0,003	Toleransi:	0,010	Waktu perhitungan:	8 dtk

Titik plastis dalam langkah saat ini

Titik tegangan plastis:	2139	Tidak akurat:	3	Ditoleransi:	217
Titik antarmuka plastis:	0	Tidak akurat:	0	Ditoleransi:	3
Titik tegangan tarik:	951	Titik "Cap/Hard":	0	Titik puncak:	0

Batal

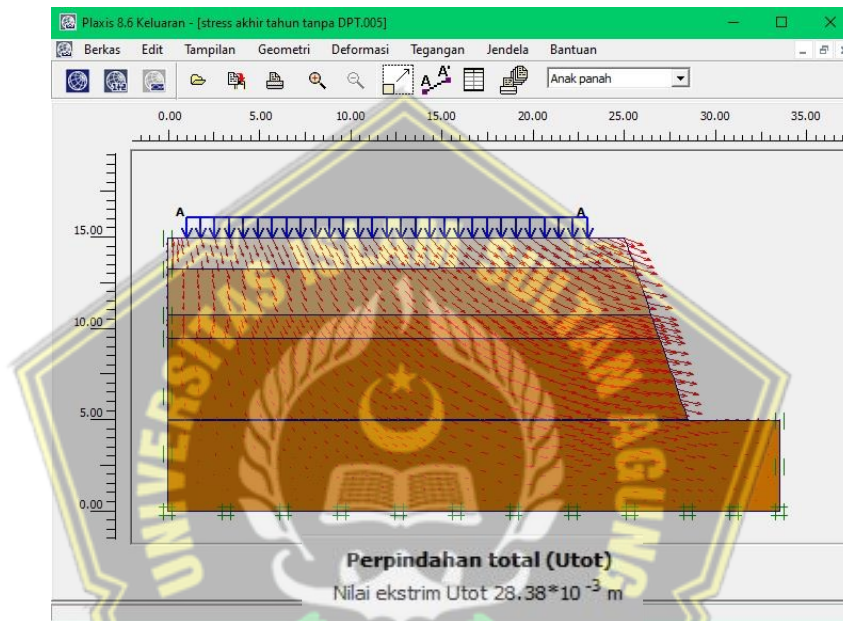
Gambar 4. 12. Proses kalkulasi

4.4. Plaxis Output untuk Lereng tanpa Perkuatan

Tekanlah tombol keluaran untuk melihat hasil perhitungan *Plaxis V.8.6 Output*.

a. Tanah kondisi kering

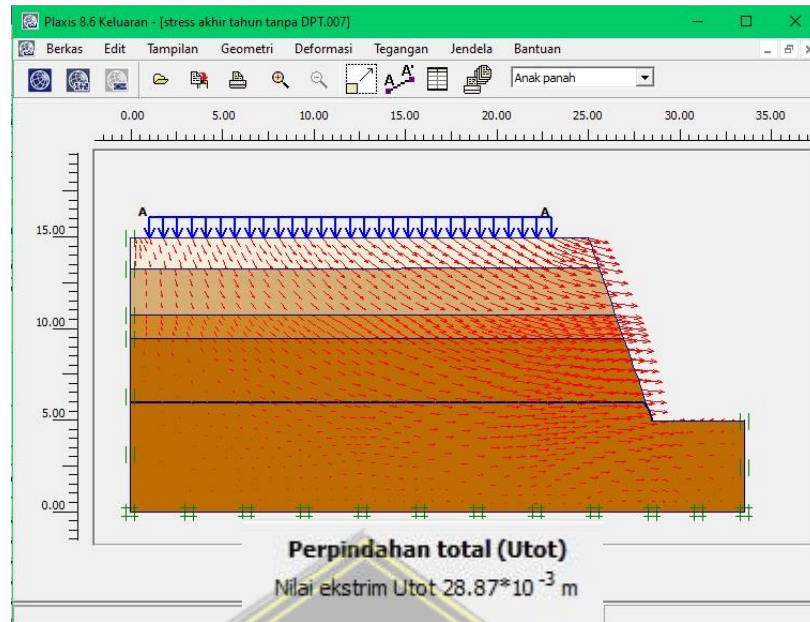
Kondisi tanah kering tanpa air menunjukkan hasil bahwa tanah mengalami perpindahan total maksimum sebesar $28,38 \times 10^{-3} \text{m} = 2,8 \text{ cm}$, perpindahan horizontal maksimum $27,75 \times 10^{-3} \text{m} = 2,7 \text{ cm}$, perpindahan vertikal maksimum $14,84 \times 10^{-3} \text{m} = 1,48 \text{ cm}$ dengan *safety factor (SF)* $1,48 < 1,5$.



Gambar 4. 13. Perpindahan total kondisi kering

b. Muka air tanah 1m

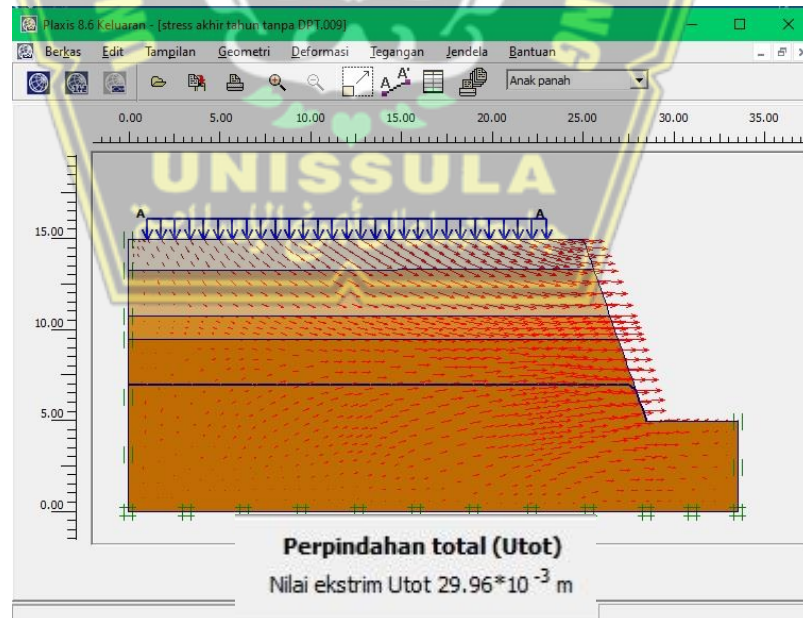
Muka air tanah 1m menunjukkan hasil bahwa tanah mengalami perpindahan total maksimum sebesar $28,87 \times 10^{-3} \text{m} = 2,88 \text{ cm}$, perpindahan horizontal maksimum $28,67 \times 10^{-3} \text{m} = 2,8 \text{ cm}$, perpindahan vertikal maksimum $12,14 \times 10^{-3} \text{m} = 1,2 \text{ cm}$ dengan *safety factor (SF)* $1,47 < 1,5$.



Gambar 4. 14. Perpindahan total MAT 1 m

c. Muka air tanah 2m

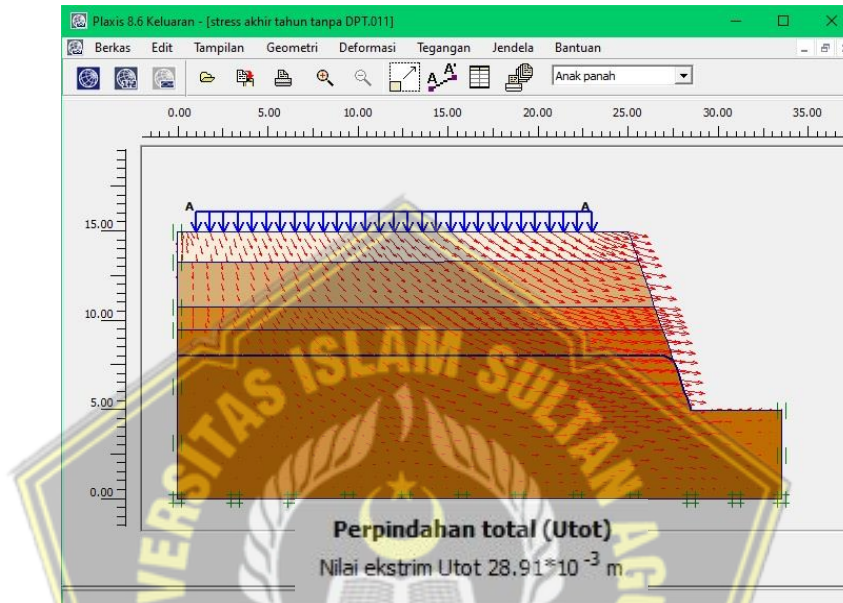
Muka air tanah 2m menunjukkan hasil bahwa tanah mengalami perpindahan total maksimum sebesar $29,96 \times 10^{-3} \text{ m} = 2,9 \text{ cm}$, perpindahan horizontal maksimum $29,96 \times 10^{-3} \text{ m} = 2,9 \text{ cm}$, perpindahan vertikal maksimum $9,17 \times 10^{-3} \text{ m} = 0,917 \text{ cm}$ dengan *safety factor* (SF) $0,83 < 1,5$.



Gambar 4. 15. Perpindahan total MAT 2 m

d. Muka air tanah 3m

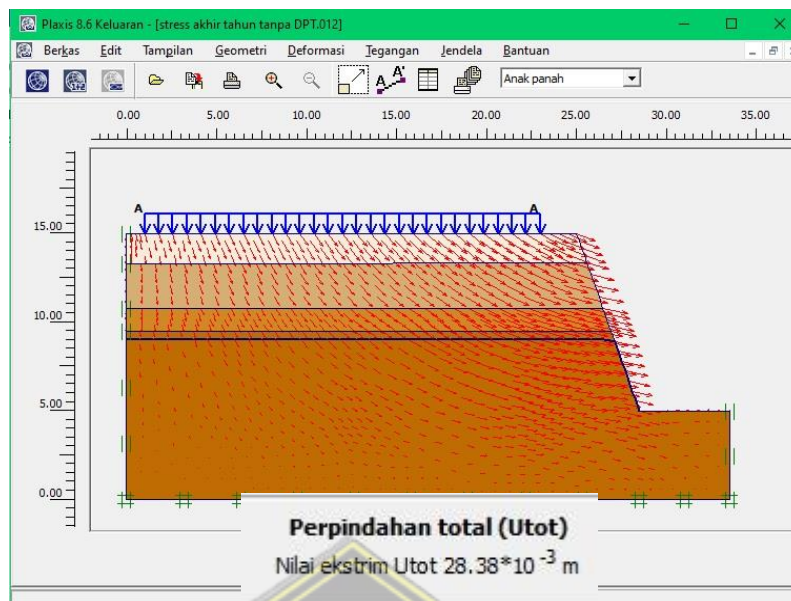
Muka air tanah 3m menunjukkan hasil bahwa tanah mengalami perpindahan total maksimum sebesar $28,91 \times 10^{-3} m = 2,8$ cm, perpindahan horizontal maksimum $28,60 \times 10^{-3} m = 2,8$ cm, perpindahan vertikal maksimum $13,03 \times 10^{-3} m = 1,3$ cm dengan *safety factor* (*SF*) $0,55 < 1,5$.



Gambar 4. 16. Perpindahan total MAT 3 m

e. Muka air tanah 4m

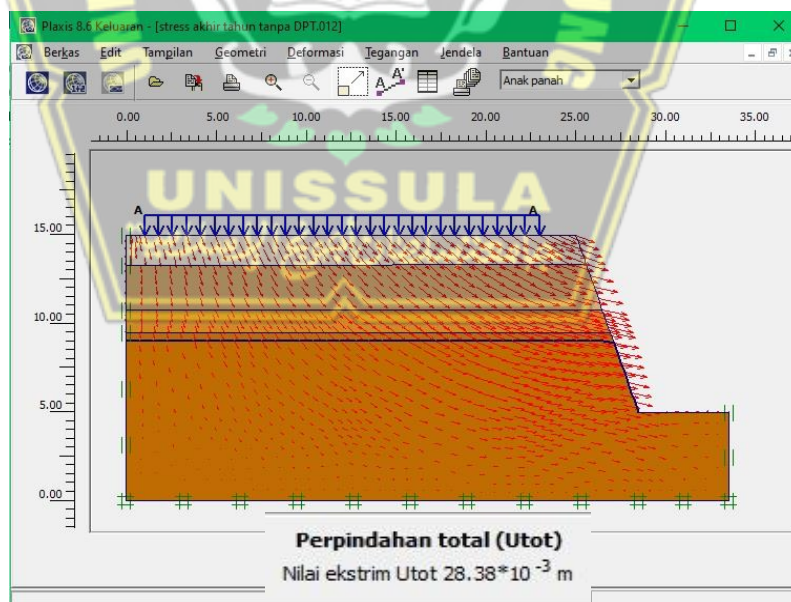
Muka air tanah 4m menunjukkan hasil bahwa tanah mengalami perpindahan total maksimum sebesar $28,38 \times 10^{-3} m = 2,8$ cm, perpindahan horizontal maksimum $27,75 \times 10^{-3} m = 2,7$ cm, perpindahan vertikal maksimum $14,83 \times 10^{-3} m = 1,4$ cm dengan *safety factor* (*SF*) $0,03 < 1,5$.



Gambar 4. 17. Perpindahan total MAT 4 m

f. Muka air tanah 5 m

Muka air tanah 5 m menunjukkan hasil bahwa tanah mengalami perpindahan total maksimum sebesar $28,38 \times 10^{-3} m = 2,8$ cm, perpindahan horizontal maksimum $27,75 \times 10^{-3} m = 2,7$ cm, perpindahan vertikal maksimum $14,83 \times 10^{-3} m = 1,4$ cm dengan *safety factor* (*SF*) $0 < 1,5$.

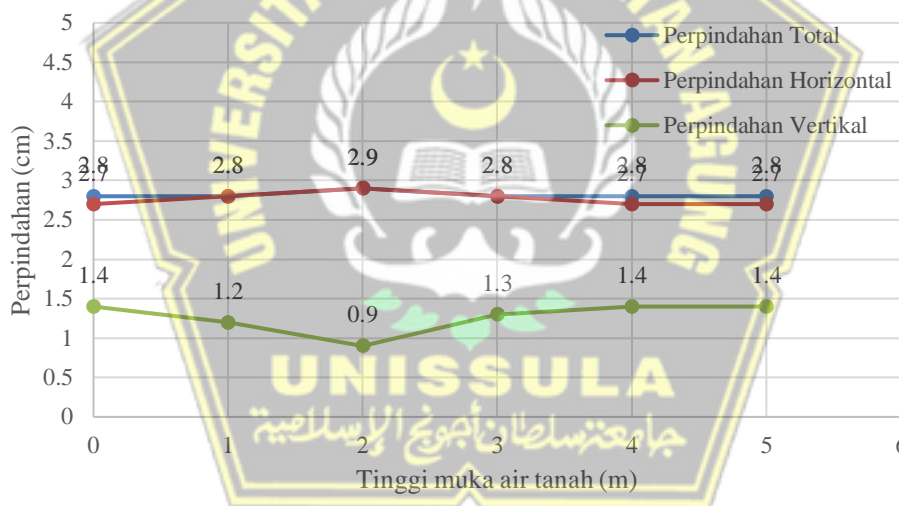


Gambar 4. 18. Perpindahan total MAT 5 m

Tabel 4. 2 hasil analisis stabilitas lereng existing tanpa DPT

Tinggi muka air tanah	Perpindahan total	Perpindahan horizontal	Perpindahan vertikal	Safety factor (SF)
0 m	2,8	2,7	1,4	1,48
1 m	2,8	2,8	1,2	1,47
2 m	2,9	2,9	0,9	0,83
3 m	2,8	2,8	1,3	0,55
4 m	2,8	2,7	1,4	0,03
5 m	2,8	2,7	1,4	0

Data pada Tabel 4.2. stabilitas lereng tanpa dinding penahan tanah dapat dilihat bahwa semakin rendah muka air tanah maka safety factornya semakin rendah artinya lereng tersebut semakin aman

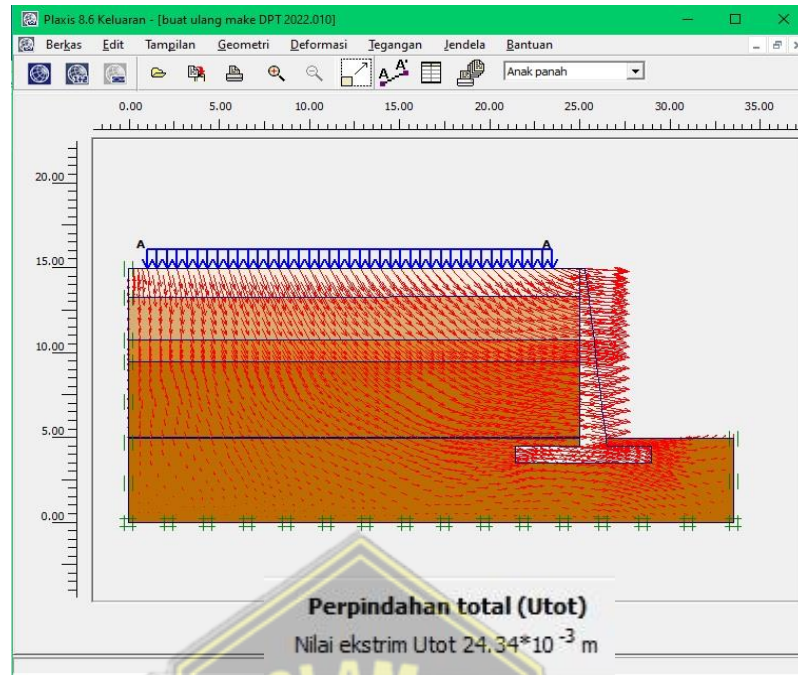


Gambar 4. 19. Hubungan tinggi muka air tanah dengan besaran perpindahan

4.5. Plaxis Output untuk Lereng dengan DPT

a. Tanah kondisi kering

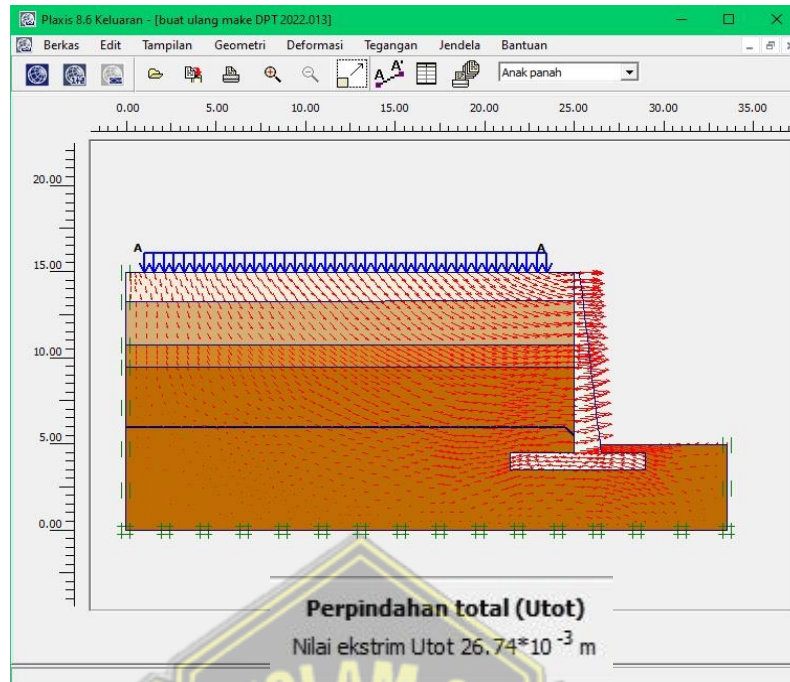
Kondisi tanah kering tanpa air menunjukkan hasil bahwa tanah mengalami perpindahan total maksimum sebesar $24,34 \times 10^{-3} m = 2,434$ cm, perpindahan horizontal maksimum $24,25 \times 10^{-3} m = 2,425$ cm, perpindahan vertikal maksimum $13,52 \times 10^{-3} m = 1,352$ cm dengan *safety factor* (SF) $2,5 < 1,5$.



Gambar 4. 20. Perpindahan total kondisi kering DPT

b. Muka air tanah 1 m

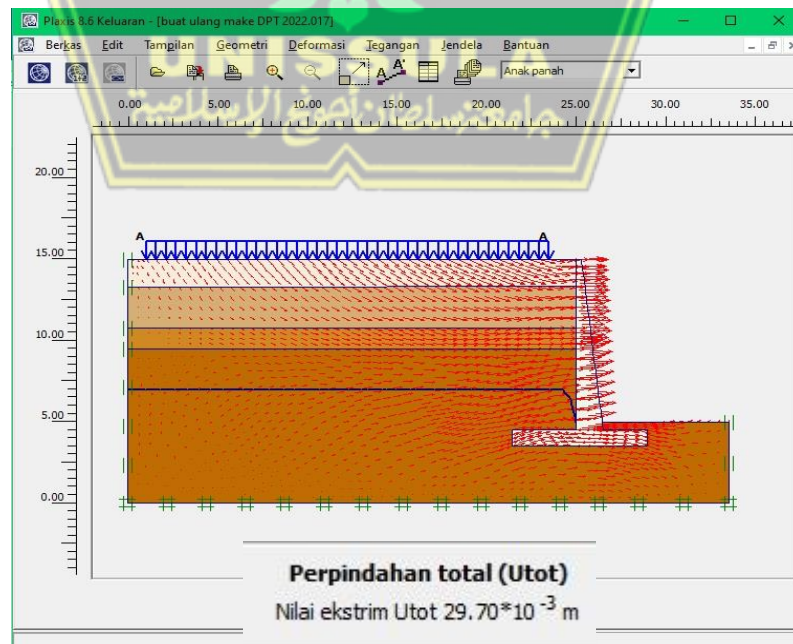
Muka air tanah 1 m menunjukkan hasil bahwa tanah mengalami perpindahan total maksimum sebesar $26,74 \times 10^{-3} m = 2,674 \text{ cm}$, perpindahan horizontal maksimum $26,72 \times 10^{-3} m = 2,672 \text{ cm}$, perpindahan vertikal maksimum $11,01 \times 10^{-3} m = 1,1 \text{ cm}$ dengan *safety factor* (*SF*) $2,43 < 1,5$.



Gambar 4. 21. Perpindahan total MAT 1 m

c. Muka air tanah 2 m

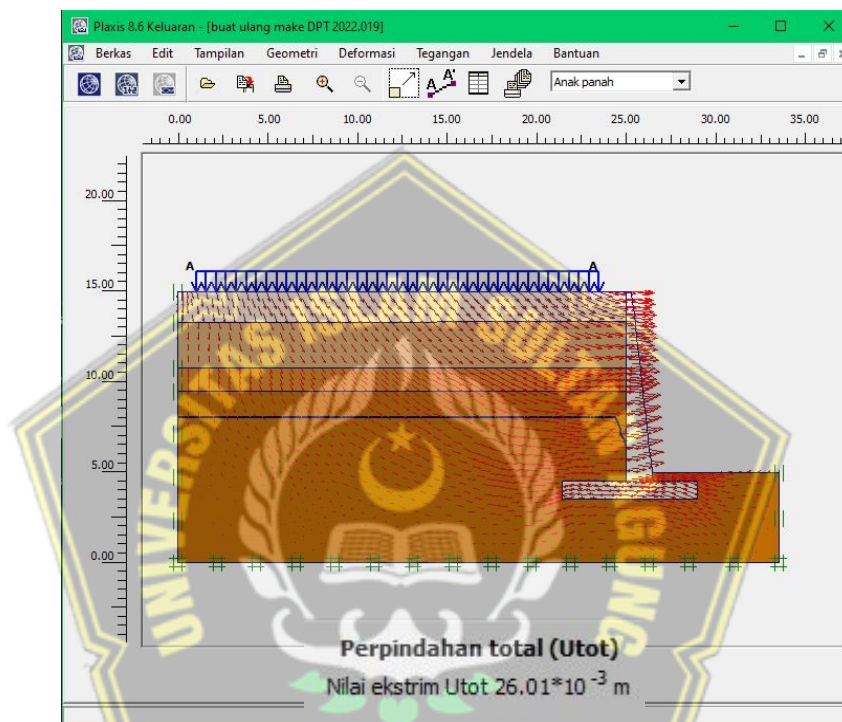
Muka air tanah 2 m menunjukkan hasil bahwa tanah mengalami perpindahan total maksimum sebesar $29,70 \times 10^{-3} \text{ m} = 2,97 \text{ cm}$, perpindahan horizontal maksimum $29,70 \times 10^{-3} \text{ m} = 2,97 \text{ cm}$, perpindahan vertikal maksimum $8,25 \times 10^{-3} \text{ m} = 0,825 \text{ cm}$ dengan *safety factor* (SF) $2,35 < 1,5$.



Gambar 4. 22. Perpindahan total MAT 2 m

d. Muka air tanah 3 m

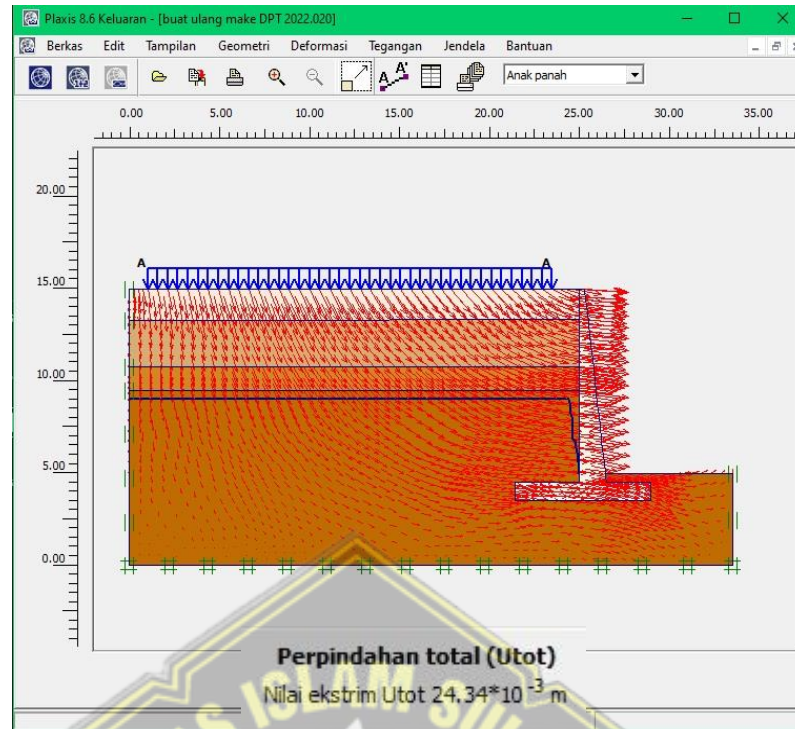
Muka air tanah 3 m menunjukkan hasil bahwa tanah mengalami perpindahan total maksimum sebesar $26,01 \times 10^{-3} m = 2,6$ cm, perpindahan horizontal maksimum $25,97 \times 10^{-3} m = 2,597$ cm, perpindahan vertikal maksimum $11,71 \times 10^{-3} m = 1,17$ cm dengan *safety factor* (*SF*) $2,23 < 1,5$.



Gambar 4. 23. Perpindahan total MAT 3 m

e. Muka air tanah 4 m

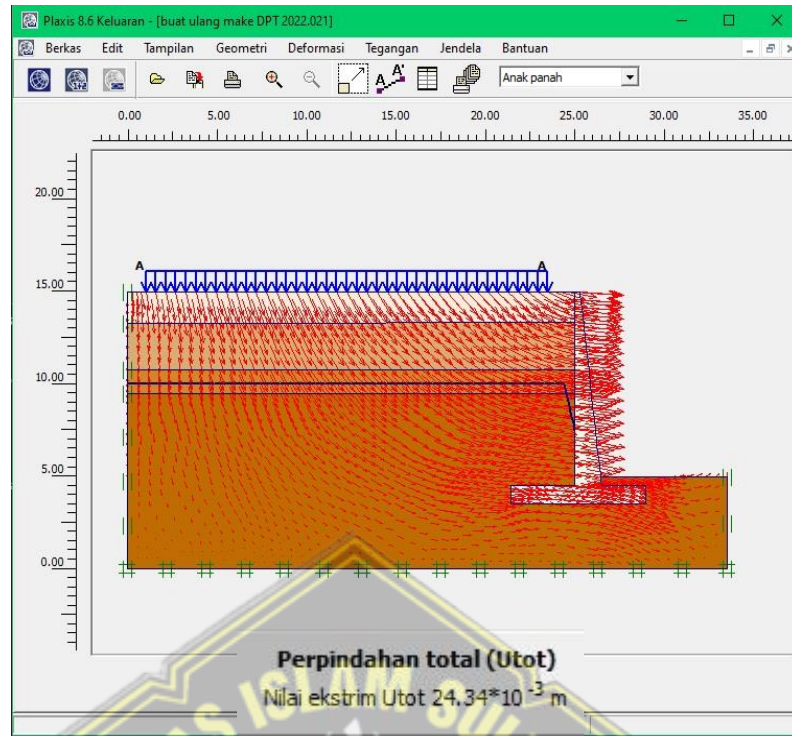
Muka air tanah 4 m menunjukkan hasil bahwa tanah mengalami perpindahan total maksimum sebesar $24,34 \times 10^{-3} m = 2,434$ cm, perpindahan horizontal maksimum $24,26 \times 10^{-3} m = 2,426$ cm, perpindahan vertikal maksimum $13,52 \times 10^{-3} m = 1,352$ cm dengan *safety factor* (*SF*) $2,13 < 1,5$.



Gambar 4. 24. Perpindahan total MAT 4 m

f. Muka air tanah 5 m

Muka air tanah 5 m menunjukkan hasil bahwa tanah mengalami perpindahan total maksimum sebesar $24,34 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2,434 \text{ cm}$, perpindahan horizontal maksimum $24,26 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 2,426 \text{ cm}$, perpindahan vertikal maksimum $13,52 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 1,352 \text{ cm}$ dengan *safety factor* (*SF*) $1,99 < 1,5$.

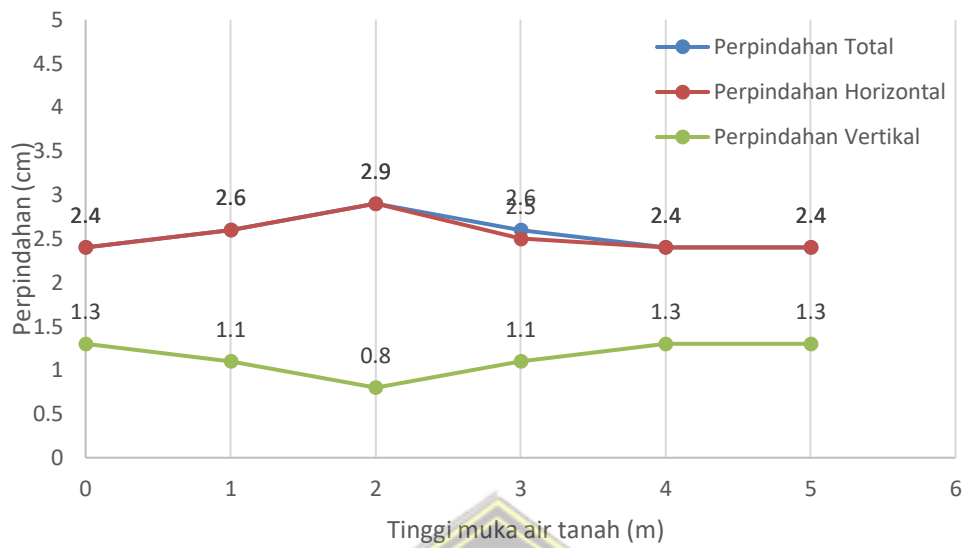


Gambar 4. 25. Perpindahan total MAT 5 m

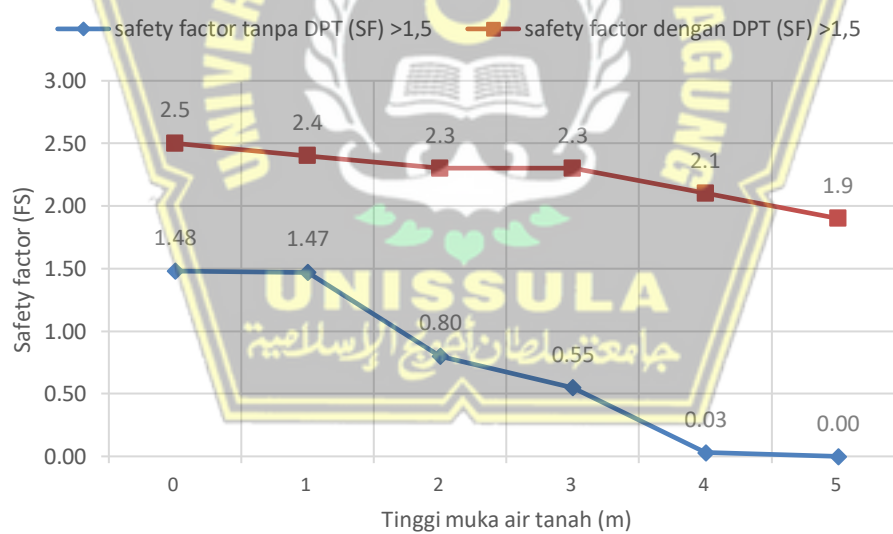
Tabel 4. 3 hasil analisis stabilitas lereng existing dengan DPT

No.	Tinggi muka air tanah dari dasar tanah	Perpindahan total	Perpindahan horizontal (x)	Perpindahan vertikal (y)	safety factor (SF) >1,5
1	kondisi kering	2,4	2,4	1,3	2,5
2	muka air tanah 1 m	2,6	2,6	1,1	2,4
3	muka air tanah 2 m	2,9	2,9	0,8	2,3
4	muka air tanah 3 m	2,6	2,5	1,1	2,3
5	muka air tanah 4 m	2,4	2,4	1,3	2,1
6	muka air tanah 5 m	2,4	2,4	1,3	1,9

Hasil tabel 4.3. stabilitas lereng dengan dinding penahan tanah dapat dilihat bahwa semakin rendah muka air tanah maka safety factornya semakin tinggi artinya lereng tersebut semakin aman



Gambar 4. 26. Hubungan tinggi muka air tanah dengan besaran perpindahan dengan DPT



Gambar 4. 27. Perbandingan *safety factor* antara lereng tanpa DPT dan lereng dengan DPT terhadap perubahan tinggi muka air tanah

Pada gambar 4.28. terlihat bahwa semakin rendah muka air tanah maka semakin kecil nilai *safety factor*nya.

BAB V

KESIMPULAN

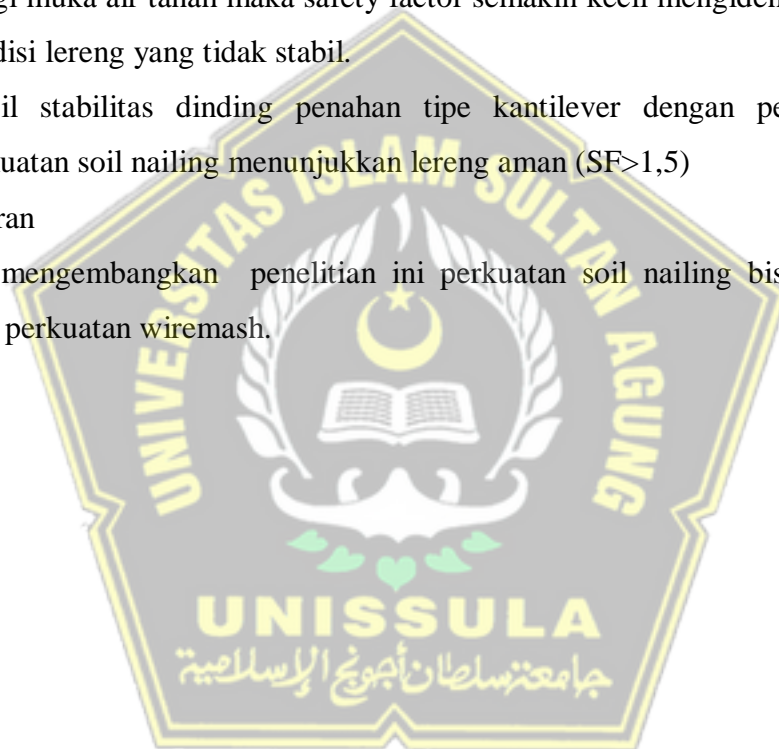
5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis stabilitas lereng nilai Safety factor (SF) diperoleh semakin tinggi muka air tanah maka safety factor semakin kecil mengidentifikasi kondisi lereng yang tidak stabil.
2. Hasil stabilitas dinding penahan tipe kantilever dengan penambahan perkuatan soil nailing menunjukkan lereng aman ($SF > 1,5$)

5.2 Saran

Untuk mengembangkan penelitian ini perkuatan soil nailing bisa di ganti dengan perkuatan wiremesh.



DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. 1995. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid I dan II, Jakarta : Erlangga
- Craig, R. F. 1989. Mekanika Tanah Edisi ke empat, Jakarta : Erlangga
- Pratikso. 2019. Buku Panduan Dinding Penahan Tanah dan Turap. Fakultas Teknik UNISSULA, Semarang.
- Hardiyatmo, H. C. 2002. Mekanika Tanah. Jilid I dan II. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Anonim, 7 juni 2016,Uji geser langsung, URL; <http://kedaitekniksipil.blogspot.com>. (Diakses pada : 27-desember-2019).
- Budhu, Muni. "Soil Mechanics and Foundations. John Wley& Sons." *Inc. New York* (2000).
- Meyerhof, George G. "Shallow foundations." *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division* 91.2 (1965): 21-31.
- Terzaghi, Karl, and RALPH B. Peck. "Soil mechanics." *Engineering Practice. John Wiley and Sons, Inc., New York* (1948).