

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN TANAH
MENGUNAKAN PERKUATAN GEOTEKSTIL
DENGAN PROGRAM PLAXIS 8.2**

(Studi Kasus di Jalan Tol Balikpapan-Samarinda)

**(ANALYSIS OF SLOPE STABILITY USING GEOTEXTIL
REINFORCEMENT WITH PLAXIS 8.2)**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Derajat Sarjana Teknik Sipil**



RTS FEBRY KUMALA RASDI

16511057

PROGRAM SARJANA TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2021

TUGAS AKHIR
ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN TANAH
MENGGUNAKAN PERKUATAN GEOTEKSTIL
DENGAN PROGRAM PLAXIS 8.2
(Studi Kasus di Jalan Tol Balikpapan-Samarinda)
(ANALYSIS OF SLOPE STABILITY USING GEOTEXTIL
REINFORCEMENT WITH PLAXIS 8.2)

Disusun Oleh

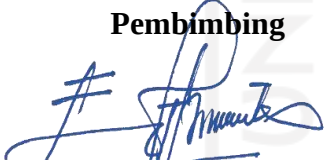
RTS Febry Kumala Rasdi
16511057

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 4 Mei 2021

Oleh dewan penguji

Pembimbing


Edy Purwanto, Dr. Ir., CES., DEA.
NIP: 855110101

Penguji I

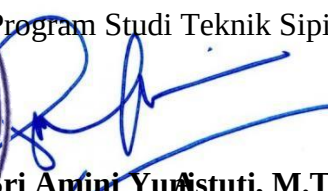

Lalu Markup, Dr. Ir., M.T.
NIP: 885110106


Akhmad Marzuko, Ir., M.T.

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil




Dr. Ir. Sri Amini Yuniastuti, M.T.
NIP: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan penuh kesadaran bahwa laporan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Stabilitas Timbunan Tanah Menggunakan Perkuatan Geotekstil dengan Program Plaxis 8.2* yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 2021

Yang membuat pernyataan,



RTS Febry Kumala Rasdi

(16511057)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul *Analisis Stabilitas Timbunan Tanah Menggunakan Perkuatan Geotekstil dengan Program Plaxis 8.2*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perancangan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik karena banyak pelajaran, saran, kritik dan dorongan semangat yang penulis dapat selama menyelesaikan Tugas Akhir ini. Berkaitan dengan ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih khususnya kepada:

1. Bapak Dr.Ir. Edy Purwanto., CES., DEA. selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing, menasihati dan memberikan pelajaran bagi penulis.
2. Bapak Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji yang telah memberi masukan dan pembelajaran yang berguna bagi penulis.
3. Bapak Akhmad Marzuko, Ir., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberi masukan dan pembelajaran yang berguna bagi penulis.
4. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T., selaku Ketua Prodi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perancangan, Universitas Islam Indonesia

Akhirnya Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bisa bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya

Yogyakarta,

2021
Penulis,

RTS Febry Kumala Rasdi
(16511057)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Persetujuan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAKS	xviii
ABSTRACT	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Lokasi Studi Kasus	4
BAB II STUDI PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum	6
2.2 Lereng	6
2.3 Analisis Stabilitas Lereng	7
2.4 Geotekstil	8
2.5 Perbandingan Penelitian Terdahulu	9
BAB III LANDASAN TEORI	16
3.1 Tanah	16

3.1.1 Klasifikasi Tanah	16
3.1.2 Kuat Tanah Geser	22
3.2 Stabilitas Lereng	24
3.2.1 Kemantapan Lereng	24
3.2.2 Metode Fellenius	26
3.3 Perkuatan lereng	28
3.3.1 Perkuatan Umum	28
3.3.2 Faktor Keamanan	29
3.3.3 Geotekstil	30
3.3.4 Perkuatan Dengan Geotekstil	31
3.4 Konsolidasi	39
3.4.1 Pengertian Umum	39
3.4.2 Koefisien Konsolidasi	39
3.4.3 Perhitungan Penurunan Konsolidasi	40
3.5 Plaxis	43
3.5.1 Pendahuluan	43
3.5.2 Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Plaxis	43
BAB IV METODE PENELITIAN	46
4.1 Tinjauan Umum	46
4.2 Tahap Penelitian	46
4.3 Analisis Data	47
4.3.1 Parameter Tanah Asli dan Potongan Data Melintang Jalan	47
4.3.2 Data Beban	48
4.3.2 Data Geotekstil	49
4.3.3 Input Data dalam Plaxis 8.2 dan Pemodelan	49
4.4 Bagan Alir Penelitian	55
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	56
5.1 Analisis Data	56
5.1.1 Data Potongan Melintang Jalan	56

5.1.2 Data Parameter Tanah	57
5.2 Data Beban	57
5.3 Analisis Stabilitas Timbunan Menggunakan Plaxis 8.2	58
5.4 Perhitungan Manual Menggunakan Metode Fellenius	78
5.5 Kebutuhan Geotekstil	80
5.6 Analisis Timbunan Yang Diperkuat Dengan Geotekstil	88
5.7 Pembahasan	98
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	101
6.1 Kesimpulan	101
6.2 Saran	102
DAFTAR PUSTAKA	xx
LAMPIRAN	xxi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kondisi Tanah Pada STA 1+175 Sampai 2+150	2
Gambar 1.2 Lokasi Pembangunan Jalan Tol Balikpapan-Samarinda	4
Gambar 1.3 Potongan Melintang Jalan Pada STA 2+050	5
Gambar 3.1 Tipe Keruntuhan Lereng Gabungan	25
Gambar 3.2 Ilustrasi Gaya Pada Setiap Irisan Dengan Metode Fellenius	27
Gambar 3.3 Pemasangan Geotekstil Pada Timbunan	31
Gambar 3.4 Diagram Distribusi Tekanan Tanah Literal	31
Gambar 3.5 Bidang Longsor Untuk Menentukan Panjang Geotekstil	33
Gambar 3.6 Tinjauan Stabilitas Terhadap Guling	37
Gambar 4.1 Potongan Jalan Melintang STA 2+050	48
Gambar 4.2 Tampilan Layar Pada Tahap Kalkulasi	50
Gambar 4.3 Pemilihan Titik Kurva yang Akan Ditinjau	50
Gambar 4.4 Total Displacement	51
Gambar 4.5 Arah Pergerakan Tanah	51
Gambar 4.6 Pemodelan Geometri Plaxis 8.2	52
Gambar 4.7 Jendela Material Set	52
Gambar 4.8 Pemodelan Setelah Dimasuki Material Tanah	53
Gambar 4.9 Permodelan Setelah Diberikan Beban Merata	53
Gambar 4.10 Jaringan Elemen Hingga	53
Gambar 4.11 Pemodelan Tekanan Air Pori	54
Gambar 4.12 Initial Presur	54
Gambar 5.1 Potongan Melintang STA 2+050	56
Gambar 5.2 Permodelan Timbunan 10 Meter Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2	59
Gambar 5.3 Permodelan Generate Mesh 10 Meter Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2	59

Gambar 5.4 Permodelan Initial Condition 10 Meter Tanpa Perkuatan Dengan 60
Menggunakan Program Plaxis 8.2
Gambar 5.5 Permodelan Generated water 10 Meter Tanpa Perkuatan Dengan 60
Menggunakan Program Plaxis 8.2
Gambar 5.6 Permodelan Generate Initial Stresses 10 Meter Tanpa Perkuatan 61
Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2
Gambar 5.7 Kalkulasi Perhitungan Timbunan 10 Meter Tanpa Perkuatan 61
Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2
Gambar 5.8 Nilai SF Timbunan 10 Meter Tanpa Perkuatan Dengan 62
Menggunakan Program Plaxis 8.2
Gambar 5.9 Deformed Mesh Konsolidasi Timbunan 10 Meter Tanpa 62
Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2
Gambar 5.10 Total Displacement Konsolidasi Timbunan 10 Meter Tanpa 63
Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2
Gambar 5.11 Efektif Stresses Konsolidasi Timbunan 10 Meter Tanpa 63
Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2
Gambar 5.12 Total Stresses Konsolidasi Timbunan 10 Meter Tanpa Perkuatan 64
Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2
Gambar 5.13 Deformed Mesh Beban Struktur Timbunan 10 Meter Tanpa 64
Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2
Gambar 5.14 Total Displacement Beban Struktur Timbunan 10 Meter Tanpa 65
Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2
Gambar 5.15 Efektif Stresses Beban Struktur Timbunan 10 Meter Tanpa 65
Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2
Gambar 5.16 Total Stresses Beban Struktur Timbunan 10 Meter Tanpa 66
Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2
Gambar 5.17 Deformed Mesh SF Struktur Timbunan 10 Meter Tanpa 66
Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Gambar 5.18	Bidang Longsor Timbunan 10 Meter Tanpa Perkuatan	67
	Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.19	Effective Stresses Timbunan 10 Meter Tanpa Perkuatan	67
	Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.20	Total Stresses Timbunan 10 Meter Tanpa Perkuatan	68
	Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.21	Permodelan Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan dengan	68
	menggunakan program plaxis 8.2	
Gambar 5.22	Pemodelan Generated Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan dengan	69
	menggunakan program plaxis 8.2	
Gambar 5.23	Permodelan Initial Condition Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan dengan	69
	menggunakan program plaxis 8.2	
Gambar 5.24	Permodelan Generated Water Pressure Timbunan 7 m Tanpa	70
	Perkuatan dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.25	Permodelan Generate Initial Stresses Timbunan 7 m Tanpa	70
	Perkuatan dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.26	Kalkulasi Perhitungan Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan dengan	71
	Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.27	Nilai SF Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan dengan Menggunakan	71
	Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.28	Deformed Mesh Konsolidasi Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan dengan	72
	Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.29	Total Displacement Konsolidasi Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan	72
	dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.30	Effective Stresses Konsolidasi Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan	73
	dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.31	Total Stresses Konsolidasi Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan dengan	73
	Menggunakan Program Plaxis 8.2	

Gambar 5.32 Deformed Mesh Beban struktur Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan	74
dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.33 Total Displacement Beban Struktur Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan	74
dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.34 Effective Stresses Beban Struktur Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan	75
dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.35 Total Stresses Beban Struktur Timbunan Timbunan 7 m Tanpa	75
Perkuatan dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.36 Deformed Mesh SF Struktur Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan	76
dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.37 Bidang Longsor Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan dengan	76
Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.38 Effective Stresses SF Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan dengan	77
Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.39 Total Stresses SF Struktur Timbunan 7 m Tanpa Perkuatan dengan	77
Menggunakan Program Plaxis 8.2	
Gambar 5.40 Gaya-gaya yang Bekerja Pada irisan	78
Gambar 5.41 Zona Pada Timbunan 10 meter	81
Gambar 5.42 Diagram Distribusi Tekanan Lateral Pada Timbunan	81
Gambar 5.43 Bidang Longsor Untuk Menentukan Panjang Geotekstil	83
Gambar 5.44 Permodelan Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil	89
Menggunakan plaxis 8.2	
Gambar 5.45 Generate Mesh Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil	89
Menggunakan plaxis 8.2	
Gambar 5.46 Initial Condition Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil	90
Menggunakan plaxis 8.2	
Gambar 5.47 Generate Water Pressure Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan	90
Geotekstil Menggunakan plaxis 8.2	

Gambar 5.48 Generate Initial Stresses Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan plaxis 8.2	91
Gambar 5.49 Kalkulasi Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan plaxis 8.2	91
Gambar 5.50 Nilai SF Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan plaxis 8.2	92
Gambar 5.51 Deformasi Mesh Konsolidasi Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan plaxis 8.2	92
Gambar 5.52 Total Displacement Konsolidasi Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan plaxis 8.2	93
Gambar 5.53 Effective Stresses Konsolidasi Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan plaxis 8.2	93
Gambar 5.54 Total Stresses Konsolidasi Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan plaxis 8.2	94
Gambar 5.55 Deformed Mesh Beban Struktur Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan plaxis 8.2	94
Gambar 5.56 Total Displacement Beban Struktur Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan plaxis 8.2	95
Gambar 5.57 Effective Stresses Beban Struktur Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan plaxis 8.2	95
Gambar 5.58 Total Stresses Beban Struktur Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan plaxis 8.2	96
Gambar 5.59 Deformed Mesh SF Struktur Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan plaxis 8.2	96
Gambar 5.60 Bidang Longsor SF Struktur Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan plaxis 8.2	97
Gambar 5.61 Effective Stresses SF Struktur Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan plaxis 8.2	97
Gambar 5.62 Total Stresses SF Struktur Timbunan 10 m	98

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	9
Tabel 3.1 Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan ASSTHO	18
Tabel 3.2 Sistemn Klasifikasi Unified	20
Tabel 3.3 Sistem Klasifikasi USCS	21
Tabel 3.4 Sistem Klasifikasi USCS	22
Tabel 3.5 Hubungan Konsistensi Tanah Terhadap Tekanan Korus dan Kohesi	23
Tabel 3.6 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah	24
Tabel 3.7 Rekomendasi Nilai Faktor Keamanan Untuk Lereng	25
Tabel 3.8 Faktor Keamanan Lereng	29
Tabel 4.1 Parameter Tanah Asli STA 2+050	47
Tabel 4.2 Beban Lalu Lintas	48
Tabel 4.3 Data Parameter Geotekstil Woven	49
Tabel 5.1 Data Paratemer Tanah pada STA 2+050	57
Tabel 5.2 Beban Lalu Lintas	58
Tabel 5.3 Hasil Rekapitulasi Analisis Timbunan Tanpa Perkuatan Dengan Plaxis 8.2	78
Tabel 5.4 Perhitungan Manual Dengan Metode Fellenius Tanpa Faktor Gempa	80
Tabel 5.5 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Panjang Geotekstil	
Tabel 5.6 Nilai Faktor Kapasitas Daya Dukung Tanah	87
Tabel 5.7 Rekapitulasi Hasil Analisis Stabilitas Timbunan yang telah diperkuat dengan Geotekstil	98
Tabel 5.8 Rekapitulasi Hasil Analisis Angka Aman Seluruh Timbunan	81
Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Analisis Penurunan Tanah Seluruh Timbunan	100

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Proyek Jalan Tol Balikpapan-Samarinda STA 2+050	103
Lampiran 2 Data Parameter Timbunan Pada Jalan Tol Balikpapan-Samarinda STA 2+050	104
Lampiran 3 Data Parameter Tanah Timbunan Baru Jalan Tol Balikpapan-Samarinda	104



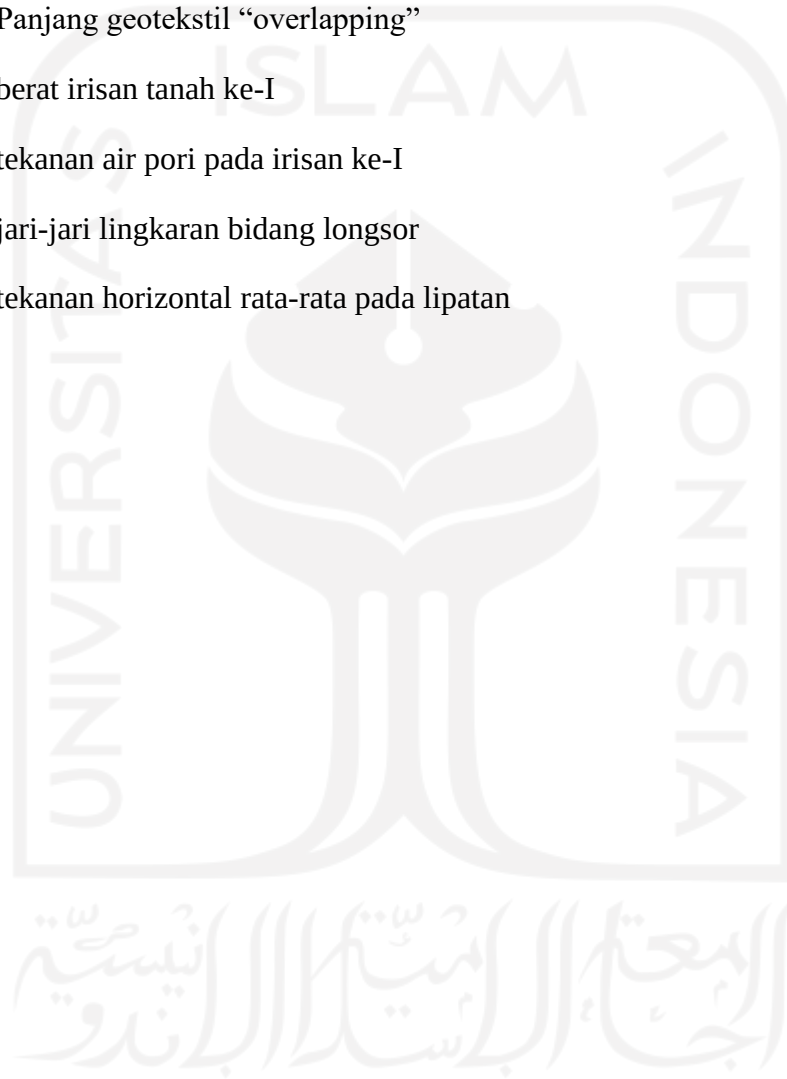
DAFTAR NOTASI



SF	: Safety Factor
IP	: Index Plastisitas
Sv	: Spasi Vertikal Lapis Geotekstil
Gs	: Berat jenis tanah
w	: Kadar air
wN	: Kadar air asli dilapangan
τ	: Kekuatan geser
α	: Sudut kemiringan lereng
σ_v	: Tegangan vertikal
ϕ	: Sudut geser
ϕ'	: Sudut geser dalam tanah efektif
γ	: Berat volume
γ_w	: Berat isi air
γ'	: Berat volume jenuh tanah
e	: Angka Pori
e0	: Angka pori awal
e1	: Angka pori pada perubahan volume tertentu
b	: Lebar
c	: Kohesi tanah
c'	: Kohesi tanah efektif
Cc	: Indeks pemampatan
Cr	: Indeks pemampatan kembali

C_v	: Koefisien konsolidasi
G	: Berat jenis
H	: Tebal lapis tanah
H_w	: Kedalaman muka air tanah
H_c	: Ketebalan kritis
LL	: Batas cair
l	: Panjang dasar pada bidang geser
P_c'	: tekanan prakonsolidasi
P_o'	: tekanan overburden efektif mula-mula sebelum dibebani
S_c	: penurunan konsolidasi primer total
T	: Waktu penurunan
T_v	: Faktor waktu
u	: Tekanan air pori
τ_d	: Tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor
σ	: Tegangan normal
σ'	: Tegangan normal efektif
Δe	: Perubahan angka pori
ΔH	: Perubahan tebal
Δp	: Penambahan tegangan
ΔV	: Perubahan volume
γ_{sat}	: Berat isi tanah jenuh
γ_{unsat}	: Berat isi tanah tak jenuh
ψ	: Sudut dilatansi

ε : Regangan
 q : Beban merata
 L : Panjang
 L_o : Panjang geotekstil “overlapping”
 W : berat irisan tanah ke-I
 U_i : tekanan air pori pada irisan ke-I
 R : jari-jari lingkaran bidang longsor
 σ_{hc} : tekanan horizontal rata-rata pada lipatan



ABSTRAKS

Pada proyek Balikpapan-Samarinda yang terletak pada provinsi Kalimantan Timur. Untuk kondisi tanah pada proyek kali ini sangat beragam. Pada STA 2+050, tanah eksisting di lapangan merupakan tanah rawa. tanah rawa dapat mengakibatkan penurunan pada tanah dan longsor. Oleh karena itu diperlukan analisis timbunan diatas tanah rawa yang akan dibangun jalan jol

Penelitian dilakukan sepanjang jalan raya tol Balikpapan-Samarinda. Analisis stabilitas timbunan pada STA 2+050 menggunakan software Plaxis 8.2 sementara untuk variasi tinggi timbunannya adalah 6m, 7 m, dan 10 m. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mendapatkan nilai angka aman serta angka penurunan tanah. Timbunan tanah yang aman adalah timbunan dengan memenuhi syarat angka aman yaitu $\geq 1,5$. Timbunan yang tidak aman akan diberi perkuatan menggunakan perkuatan geotekstil.

Hasil analisis dari timbunan 6m diperoleh hasil nilai SF sebesar 1,6363 dan penurunan tanah sebesar 0,06384 nilai ini menunjukan bahwa timbunan tanah sangat aman karena memenuhi untuk nilai syarat aman yang telah ditentukan yaitu 1,5. Untuk timbunan 7m memperoleh hasil untuk nilai SF sebesar 1,5019 dan untuk penurunan tanah sebesar 0,0748 nilai ini menunjukan juga bahwa timbunan tanah dengan tinggi timbunan 7m memenuhi syarat yaitu 1,5 untu nilai SF nya. Untuk tinggi dengan tinggi timbunan 10m memperoleh nilai SF collaps yaitu dibawah angka aman dan nilai penurunan tanah sebesar 0,01229. Setelah melakukan perhitungan mengenai analisis stabilitas timbunan 10m yang mengalami collaps sebelumnya maka didapatkan hasil nilai SF 1,7287 dan nilai penurunan tanahnya sebesar 0,272 meter.

Kata kunci: Lereng, Stabilitas, Perkuatan, Geotekstil, Plaxis 8.2

ABSTRACT

The Balikpapan – Samarinda toll road project is located in East Kalimantan Province. The soil conditions on this project are very heterogen. On STA 2+050, the existing soil on the location has swampy soil. Under construction process, swamp land got special attention because it could involve land subsidence or landslides. Therefore it is necessary to have an analysis stability of soil to get safety factor or the number of soil subsidences.

The research was carried out along the Balikpapan-Samarinda toll road. The embankment stability analysis at STA 2 + 050 used Plaxis 8.2 software, while the embankment height variations were 6m, 7m, and 10m. The purpose of this analysis is to obtain the safe value and land subsidence rate. Safe landfill is heap that meets the requirements of the safe number, namely ≥ 1.5 . Unsafe stockpiles will be reinforced using geotextile reinforcement

The results of the analysis of the 6m pile obtained an SF value of 1.6363 and a land subsidence of 0.06384. This value indicates that the landfill is very safe because it meets the predetermined value of the safety requirements, namely 1.5. For 7m pile, the results for an SF value of 1.5019 and for soil reduction of 0.0748 this value also shows that soil pile with a height of 7m pile meets the requirements, namely 1.5 for its SF value. For a height with a heap height of 10m, the SF collapse value is below the safe number and the land subsidence value is 0.01229. After performing calculations regarding the stability analysis of the 10m embankment that experienced collapse before, the results obtained the SF value of 1.7287 and the value of soil subsidence was 0.272 meters.

Keywords: Slopes, Stability, Reinforcement, Geotextile, PLAXIS 8.2

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

. Pembangunan infrastruktur menjadi salah satu aspek yang sangat penting. Pertumbuhan ekonomi suatu negara tidak terlepas dari pengaruh infrastruktur yang ada dalam negara tersebut, dapat dikatakan bahwa jika infrastruktur yang baik akan membawa pengaruh baik pula pada di suatu negara dan bisa mendorong peningkatan ekonomi di negara. Dikarenakan ketersediaan infrastruktur dapat mempermudah arus perekonomian di suatu negara. Salah satu infrastruktur yang kini genjar dibangun saat ini adalah jalan. Sejak tahun 2015 pemerintah menaikkan anggaran pembangunan infrastruktur dari 155 milyar pada tahun 2014 menjadi 410 milyar pada tahun 2018. Kementerian PUPR melalui Ditjen Bina Marga telah berhasil menyelesaikan pembangunan jalan nasional, Kemudian telah dibangun jalan tol baru sepanjang 941 km dengan target akhir 2019 mencapai 1.852 km. Namun kondisi ini menimbulkan resiko penurunan tanah atau longsor yang terjadi pada daerah tersebut karena memiliki tanah lunak

Di proyek jalan raya tol Balikpapan-Samarinda yang berada di Kalimantan Timur, memiliki kondisi tanah yang beragam, STA 1+750 sampai dengan STA 2+150, tanah eksisting di lapangan merupakan tanah rawa. tanah rawa bisa mengakibatkan penurunan pada tanah (settlement) dan longsor. Oleh karena itu diperlukan analisis timbunan di atas tanah rawa yang akan di bangun jalan tol. Gambaran umum mengenai kondisi tanah pada STA tersebut ditampilkan pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Kondisi Tanah Pada STA 1+750 Sampai STA 2+150

Ada beberapa jenis perkuatan dalam analisis stabilitas lereng, salah satunya menggunakan perkuatan Geotekstil. Geotekstil tersebut berfungsi sebagai penahan longsoran yang mungkin terjadi pada lereng. Geotekstil sendiri mempunyai beberapa kelebihan dibanding metode lainnya antara lain sebagai berikut.

1. Geotekstil sebagai perkuatan dinding penahan tanah lebih mudah serta lebih efisien dalam pelaksanaannya mengingat geotekstil sebagai bahan yang sudah jadi, sedangkan konstruksi beton bertulang / batu kali yang digunakan sebagai dinding penahan tanah memerlukan waktu pengolahan bahan yang relative lama (campuran semen, pasir, kerikil, baja tulangan, air serta material lain yang diperlukan). Bahan geotekstil yang dipakai sebagai dinding penahan tanah dapat ditempatkan pada permukaan tanah, sehingga akan mengurangi biaya galian dan ketinggian total konstruksinya.
2. Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan sekitarnya dan Tidak ada risiko kenaikan muka tanah

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut ini:

1. Bagaimana stabilitas timbunan tanah asli tanpa geotekstil?
2. Bagaimana angka aman timbunan tanah asli menggunakan perkuatan geotekstil dengan variasi tinggi timbunan 10m, 7m, 6m,
3. Bagaimana penurunan tanah timbunan tanah asli yang telah diberi perkuatan geotekstil dengan variasi tinggi timbunan 10m, 7m, 6m.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui angka aman timbunan tanah asli tanpa geotekstil.
2. Mengetahui angka aman yang telah di perkuat dengan geotekstil pada semua variasi timbunan.
3. Mengetahui besar penurunan tanah antara timbunan tanah asli dengan tanah asli yang telah diperkuat geotekstil.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah untuk dapat menentukan desain apa yang paling baik yang digunakan untuk proyek jalan dengan perkuatan borepile dan manfaat lainnya sebagai pengembangan ilmu di Teknik sipil mengenai studi kegunaan geotekstil dalam kestabilan lereng.

1.5 Batas Penelitian

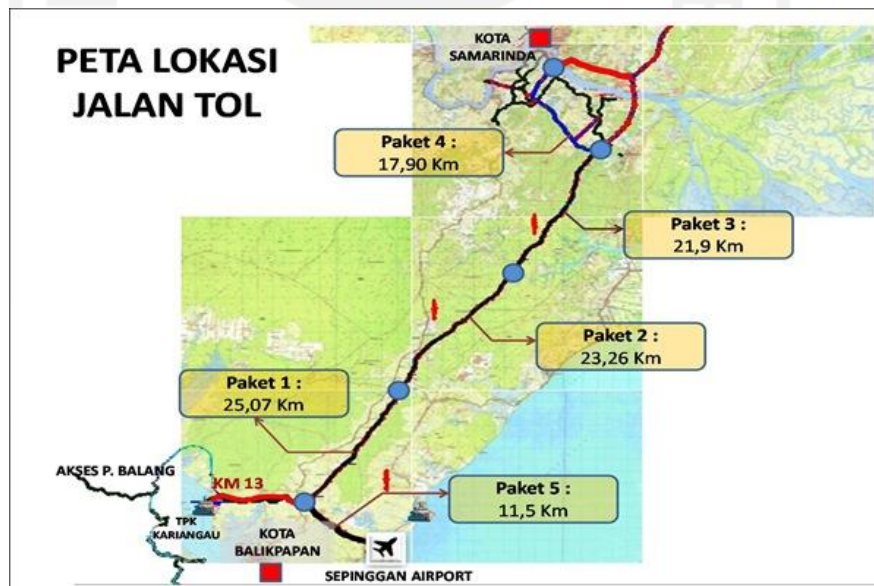
Untuk menghindari pembahasan diluar penelitian dan memusatkan fokus penelitian maka diperlukan batasan penelitian sebagai berikut.

1. Penelitian hanya dilakukan pada jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 2+050
2. Perencanaan perbaikan tanah hanya menggunakan geosintetik Woven UW 250 dari PT. Teknindo Geosistem Unggul dengan kuat tarik ultimit 52 kN/m.
3. tidak menghitung rencana anggaran biaya

4. data tanah didapatkan dari laporan evaluasi hasil analisis timbunan tol Balikpapan-Samarinda tahun 2017
5. analisis stabilitas timbunan tanah menggunakan program plaxis 8.2
6. untuk kemiringan lerengnya adalah 1:2
7. untuk variasi tinggi timbunan adalah 5 m dan 10 m
8. untuk pembebanannya akan di sesuaikan dengan Departemen Pekerjaan Umum tahun 2009 tentang persyaratan teknis jalan dan kriteria perencanaan teknis jalan
9. menggunakan metode fellenius untuk mendapatkan angka aman untuk timbunan tanpa perkuatan borepile

1.6 Lokasi Studi Kasus

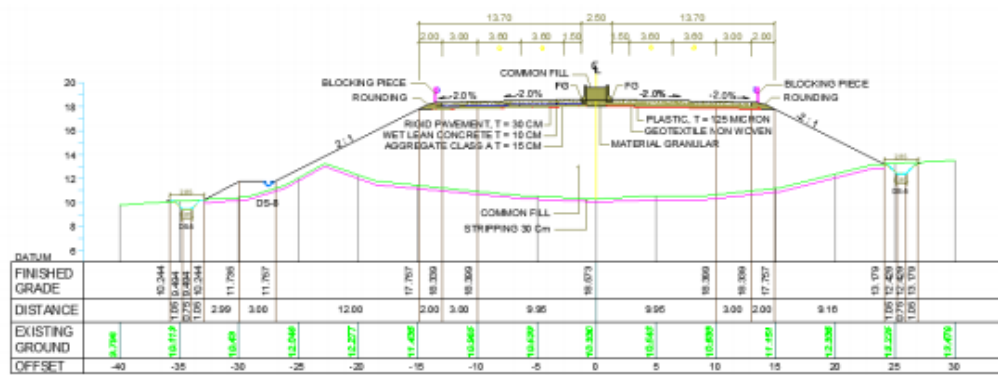
Pada penelitian ini, diambil lokasi studi kasus yaitu Proyek Pembangunan Jalan Tol Balikpapan – Samarinda STA 2+050. Denah lokasi pembangunan Jalan Tol Balikpapan – Samarinda dapat dilihat pada Gambar 1.2 berikut ini



Gambar 1.2 Denah Lokasi Pembangunan Jalan Tol Balikpapan – Samarinda

Denah Lokasi Pembangunan Jalan Tol Balikpapan – Samarinda Berdasarkan gambar diatas maka total keseluruhan panjang Jalan Tol tersebut adalah 99,63 km. Dalam

penelitian ini diambil STA 2+050 sebagai objek yang dianalisis. Potongan melintang jalan pada STA 2+050 dapat dilihat pada Gambar 1.3 berikut ini



Gambar 1.3 Potongan melintang jalan pada STA 2+050

(Sumber: PT. Pembangunan Perumahan, 2017)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

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. Gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut kemiringan lereng, air, beban, berat jenis tanah atau batuan, dan gempa. Gaya penahan dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Faktor penyebab terjadinya gerakan pada lereng juga tergantung kondisi batuan dan tanah penyusun lereng, struktur geologi, curah hujan, vegetasi penutup dan penggunaan lahan pada lereng tersebut.

2.2 Lereng

Menurut Soepandi (1995) Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horisontal dan tidak terlindungi (Das 1985). Lereng yang ada secara umum dibagi menjadi dua kategori lereng tanah, yaitu lereng alami dan lereng buatan. Lereng alami terbentuk secara alamiah yang biasanya terdapat di daerah perbukitan. Sedangkan lereng buatan terbentuk oleh manusia biasanya untuk keperluan konstruksi, seperti tanggul sungai, bendungan tanah, tanggul untuk badan jalan kereta api.

Ma'ruf (2018) menyatakan, lereng adalah suatu permukaan yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya-gaya yang mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor. Longsoran lereng adalah pergerakan massa tanah batuan dalam arah tegak, mendatar, atau miring dari kedudukan semula sebagai akibat ketidakmampuan lereng menahan gaya geser yang bekerja.

2.3 Analisis Stabilitas Lereng

Menurut Safirah (2018), Tanah merupakan material yang sangat berpengaruh dalam suatu pekerjaan konstruksi, terutama pondasi. Karena suatu daerah tidak akan memiliki sifat tanah yang sama dengan daerah yang lainnya. Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dengan sudut tertentu terhadap bidang horizontal dan tidak dilindungi. Lereng dapat terjadi secara alamiah atau buatan. Masalah kelongsoran pada konstruksi lereng merupakan masalah penting dalam aktifitas lalu lintas. Dapat dipahami betapa pentingnya konstruksi lereng pada tepi sungai, supaya tanah tidak terkikis oleh air dan tidak longsor dan lereng tersebut bisa ditanami dengan tanaman yang menghasilkan agar lereng tahan terhadap erosi. Karena di dalam lereng ada gaya geser yang bekerja menahan atau melawan sehingga kedudukan tanah tersebut tetap stabil. Hal-hal yang menyebabkan kelongsoran antara lain, tidak adanya tumbuhan di sekitar lereng yang berguna untuk menahan tanah dari pengaruh hujan, hal tersebut berdampak pada pengikisan tanah, terjadinya pengurugan tanah secara berlebihan dan adanya/meningkatnya penebangan liar. Nilai permukaan tanah tidak datar, maka komponen berat tanah yang tidak sejajar dengan kemiringan lereng akan menyebabkan tanah akan bergerak ke arah bawah dan bila komponen berat tanah cukup besar kelongsoran lereng dapat terjadi, yaitu tanah dapat tergelincir ke bawah yang menyebabkan naiknya air ke permukaan tanah yang mengakibatkan banjir. Pengaruh kelongsoran dapat dilihat dari karakteristik tanah dan geometriknya, yang tidak sama

dari satu daerah ke daerah lainnya. Dan faktor keamanan dari lereng itu berbeda pula, misalnya penyebaran butiran tanah, kemampuan menyerap air, kekuatan geser tanah, dan kapasitas daya dukung tanah terhadap beban akibat pengaruh cuaca.

Pradhana (2018) menyatakan kelongsoran tanah merupakan akibat meningkatnya tegangan geser dari suatu massa tanah atau menurunnya kekuatan geser suatu massa tanah. Kekuatan geser dari suatu massa tanah tidak mampu memikul beban kerja yang terjadi. Gangguan terhadap stabilitas lereng dapat disebabkan oleh berbagai kegiatan manusia maupun kondisi alam. Lereng yang tidak stabil sangat berbahaya bagi lingkungan sekitarnya, oleh sebab itu analisis stabilitas lereng sangat diperlukan.

Iskandar (2013) menyatakan dari sekian banyak metode analisa lereng, yang paling banyak digunakan ialah metode keseimbangan yang umum disebut metode limit equilibrium yaitu metode fellenius, metode bishop simplified, metode janbu simplified, metode spencer dan metode morgenstem & price. Untuk melakukan perhitungan dalam penyelesaian digunakan perangkat lunak limit equilibrium (LEM). Untuk analisa keseimbangan batas dan perangkat lunak finite element untuk perhitungan analisa elemen hingga (FEM). Perbedaan antara dua pendekatan analisis adalah bahwa metode LEM didasar pada keseimbangan statis, sedangkan FEM metode memanfaatkan hubungan tegangan-regangan

2.4 Geotekstil

Menurut Febry (2019) geotekstil adalah lembaran sintesis yang tipis, fleksibel, permeable yang digunakan untuk stabilisasi dan perbaikan tanah dikaitkan dengan pekerjaan teknik sipil. Pemanfaatan geotekstil merupakan cara moderen dalam usaha untuk perkuatan tanah lunak. Yang berfungsi sebagai umur rencana cukup lama dan mendukung beban yang besar seperti jalan rel dan dinding penahan tanah, lapangan pemisah, penyaring, drainase dan sebagai lapisan pelindung

2.5 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

Perbandingan penelitian atau tugas akhir ini dengan beberapa penelitian diatas disajikan dalam bentuk tabel, dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

No	Peneliti	Judul Penelitian	Metode	Tujuan	Hasil	Perbedaan Penelitian
1.	Chasanah (2012)	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan <i>Geoslope</i>	Analisis dengan perhitungan manual, yaitu stabilitas internal dan eksternal serta perhitungan dengan <i>software Geoslope</i> untuk kestabilan lereng.	Untuk mengetahui nilai angka aman pada lereng dengan perkuatan geotekstil menggunakan program <i>Geoslope</i> .	Dari hasil analisa dengan perkuatan geotekstil menggunakan program <i>Geoslope</i> rata-rata nilai SF bertambah pada panjang, kemiringan lereng, jarak vertikal antar geotekstil maka kelongsoran dapat diminimalisir	Program yang digunakan berbeda yaitu <i>Geoslope</i> sedangkan peneliti menggunakan plaxis. Chasanah (2012) tidak menghitung

						angka penurunan tanah
2	Pamungkas, dkk (2015)	Analisis Stabilitas Lereng Memakai Perkuatan Geotekstil Dengan Bantuan Perangkat Lunak SLOPE/W (Studi Kasus Pada Sungai Parit Raya)	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan analisis stabilitas lereng memakai perkuatan geotekstil pada sungai parit raya Menghitung nilai faktor keamanan melalui 2 cara yaitu : Perhitungan Manual dan Perhitungan secara komputasi menggunakan Program <i>Geoslope</i> Melakukan perbandingan 	Mengetahui perbandingan perhitungan manual, dan komptasi pada analisis stabilitas lereng memakai perkuatan geotekstil pada sungai parit raya.	Perbandingan rata-rata selisih SF menggunakan hitungan manual dan program <i>SLOPE/W</i>	Studi kasus berbeda dengan penelitian saat ini. Program yang digunakan adalah <i>SLOPE/W</i> sedangkan saat ini menggunakan <i>plaxis</i> .

			nilai faktor keamanan antara Perhitungan Manual dengan Perhitungan Secara Komputasi.			Tidak Menghitung angka penurunan tanah
3	Prasetyo (2016)	Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Elemen Hingga	Analisis menggunakan <i>software Plaxis</i> dengan metode elemen hingga untuk kestabilan lereng	Untuk mengetahui nilai angka aman menggunakan metode elemen hingga cara <i>Bowless</i> .	Dari hasil analisis menggunakan <i>Plaxis</i> diperoleh angka keamanan 1,25 dimana hasil tersebut diatas angka keamanan <i>Bowless</i> sehingga longsor jarang terjadi.	Tidak menggunakan metode <i>fellenius</i> dalam perhitungan manual. Angka keamanan lereng mengacu pada angka

						keamanan bowless
4	Rinanditya (2016)	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Dinding Penahan Tanah Kantilever Menggunakan Program Plaxis (Studi Kasus Jalan Piyungan-Batas Gunungkidul, Yogyakarta)	Analisis menggunakan Elemen Hingga untuk Faktor Keamanan terhadap gelincir dan untuk kestabilan lereng digunakan program <i>Plaxis</i>	Untuk mengetahui angka aman pada dinding penahan tanah lereng di Jalan Piyungan-Batas Gunungkidul, Yogyakarta.	Dari hasil analisis menggunakan program <i>Plaxis</i> menunjukkan nilai Faktor Keamanan dari lereng di Piyungan, Yogyakarta adalah $0,95 < 1,5$ (belum aman). Kemudian diperbaiki dengan menggunakan dinding penahan tanah.	Perkuatan tanah yang digunakan Adalah Dinding Penahan Tanah tipe kantilever. Lokasi studi Kasus Berbeda. Perhitungan manuak dengan

						metode elemen hingga
5	Adi Budiastho (2018)	Analisis Stabilitas Timbunan pada Badan Jalan dengan Perkuatan Geotekstil menggunakan program plaxis pada Proyek Jalan Tol Solo-Kertosono	Analisis stabilitas menggunakan perangkat lunak plaxis untuk mendapatkan nilai SF. Semetara pada timbunan yang collapse menggunakan perhitungan manual yaitu metode fellenius. Variasi tinggi timbunan 2m, 4m, 6m, dan 8m. Kondisi tanah yang dianalisis yaitu timbunan tanah asli, timbunan tanah replacement, dan timbunan tanah replacement dengan perkuatan geotekstil	Untuk mengetahui nilai angka aman dan besar penurunan tanah pada timbunan badan jalan dengan variasi tinggi timbunan 2m, 4m, 6m, dan 8m.	Timbunan tanah asli memiliki safety factor yang lebih dari yang disyaratkan yaitu 1,4. Namun penurunan tanah sangat besar sehingga perlu adanya perkuatan. Setelah diperkuat dengan tanah replacement serta geotekstil penurunan tanah bisa direduksi.	Lokasi studi kasus berbeda. Variasi tinggi timbunan berbeda. Peneliti tidak menggunakan berm dalam pemodelan serta tinggi muka air tidak bervariasi.

6	Fuanda (2019)	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Perangkat Lunak Pada Proyek Jalan Tol Solo-Kertosono Seksi I	Analisis dengan perkuatan geotekstil menggunakan <i>software Plaxis</i> untuk kestabilan lereng.	Untuk mengetahui nilai angka aman dan angka penurunan pada timbunan 3m, 5m, dan 9m dengan menggunakan program <i>Plaxis</i> dan perhitungan manual.	Dari hasil analisa dengan perkuatan geotekstil menggunakan program <i>Plaxis 8.2</i> dihasilkan nilai SF yang memenuhi seiring ditambahnya perkuatan geotekstil maka kelongsoran yang terjadi dapat dicegah.	Lokasi studi kasus berbeda. Variasi tinggi timbunan berbeda. Tinggi muka air tidak dibuat variasi tinggi
7.	Peneliti (2020)	Analisis Stabilitas Timbunan Menggunakan Perkuatan Geotekstil dengan <i>Software plaxis 8.6</i> (studi kasus: Proyek Jalan Tol Balikpapan – Samarinda)	Analisis menggunakan <i>software plaxis</i> untuk mendapatkan SF dan besar penurunan tanah. Perhitungan manual menggunakan metode <i>fellenius</i> . Variasi tinggi timbunan dibedakan menjadi 2,1 m, 4,2 m 6,3 m, 8,4 m, 10,5 m. Serta menggunakan model	Untuk mengetahui nilai SF pada timbunan tanah asli dan tanah asli yang diperkuat geotekstil dengan variasi tinggi timbunan serta tinggi muka air	Analisis awal yaitu pada tanah asli didapatkan SF yang tidak aman (collapse) pada timbunan 10,5 m dengan muka air 20 m. Kemudian dicari nilai SF menggunakan metode <i>fellenius</i> dan didapat SF sebesar 0,946. Setelah seluruh variasi timbunan diberi perkuatan maka	

			timbunan yang diberi berm setinggi 2,1 m. Muka air dibedakan menjadi 18 m dan 20 m		didapatkan nilai SF yang aman serta penurunan tanah yang kecil. Jumlah lapis geotekstil adalah 2	
--	--	--	--	--	--	--

BAB III

Landasan Teori

3.1 Tanah

Tanah adalah bagian yang terdapat pada kerak bumi yang tersusun atas mineral dan bahan organik. Tanah merupakan salah satu penunjang yang membantu kehidupan semua makhluk hidup yang ada di bumi (farahtika 2001). Tanah sangat mendukung terhadap kehidupan tanaman yang menyediakan hara dan air di bumi. selain itu, Tanah juga merupakan tempat hidup berbagai mikroorganisme yang ada di bumi dan juga merupakan tempat berpijak bagi sebagian makhluk hidup yang ada di darat. Dari segi klimatologi , tanah memegang peranan penting sebagai penyimpan air dan mencegah terjadinya erosi. Meskipun tanah sendiri juga bisa tererosi.

3.1.1 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995).

Sistem klasifikasi tanah dibuat dengan tujuan untuk memberikan informasi karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisik. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya (Bowles, 1989).

1. Sistem Klasifikasi AASHTO Sistem klasifikasi AASHTO pada umumnya berguna untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (subbase) dan tanah dasar (subgrade).

Sistem ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut.

a. Butir Tanah

Kerikil: bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 75mm dan tertahan pada saringan diameter 2 mm (No.10).

Pasir: bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 2 mm dan tertahan pada saringan diameter 0,0075 mm (No.200).

Lanau dan Lempung: bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 0,0075 mm no 200

- b. Plastis tanah berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai Indeks Plastisitas (IP) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih.
- c. Apabila ditemukan batuan dengan ukuran lebih besar dari 75 mm dalam contoh tanah yang akan diuji maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentasi dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat

Sistem klasifikasi AASHTO membagi ke dalam 7 kelompok besaryaitu A-1 sampaidengan A-7. Tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No.200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-1, A-2, dan A-3. Tanah berbutir dimana lebih dari 35% butiran tanah tersebut 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. Untuk mengklasifikasikan tanah berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO, maka data yang didapat dari hasil uji laboratorium dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam Tabel 3.1 tentang sistem klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO di bawah ini.

Tabel 3.1 Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Granuler ¹					
Kelompok	A-1		A-3		A-2	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6
Persen lolos saringan :						
No. 10	50 max					
No. 40	30 max	50 max	51 min			
No. 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max
Batas cair ^a				40 max	41 min	40 max
Indek Plastisitas ^a	6 max		NP	10 max	10 max	11 min
Fraksi tanah	Kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir lanau atau lempung		
Kondisi kuat dukung	Sangat baik hingga baik					
Klasifikasi Umum	Tanah Granuler	Tanah Mengandung Lanau-Lempung ²				
Kelompok	A-2	A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-2-7				A-7-5 ^b	A-7-6 ^c
Persen lolos saringan :						
No. 10						
No. 40						
No. 200	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min
Batas cair ^a	41 min	40 max	41 min	40 max	40 max	41 min
Indek Plastisitas ^a	11 min	10 min	10 max	10 min	10 min	11 min
Fraksi tanah	Kerikil, pasir lanau/lempung	Lanau		Lempung		
Kondisi kuat dukung	Sangat baik hingga baik	Kurang baik hingga jelek				

(Sumber: DAS., 1992)

2. Pada sistem *Unified*, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomor 200, dan 14 sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200. Selanjutnya, tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan sub kelompok yang dapat dilihat dalam Tabel 3.1. Simbol - simbol yang digunakan tersebut adalah:

G = kerikil (*gravel*)S = pasir (*sand*)C = lempung (*clay*)M = lanau (*silt*)O = lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)Pt = tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic soil*)W = gradasi baik (*well-graded*)P = gradasi buruk (*poorly graded*)H = plastisitas tinggi (*high-plasticity*)L = plastisitas rendah (*low plasticity*)

Berikut adalah Tabel mengenai sistem Klasifikasi Unified.

Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi *Unified*

DIVISI UTAMA			SIMBOL KELOMPOK	NAMA JENIS
Tanah berbutir kasar 50% butiran berbahan saringan No. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar bertahan saringan No. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikilpasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran
			GP	Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikilpasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran
		kerikil dengan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4 (4,75 mm)	Pasir Bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SP	Pasir bergradasi buruk dan 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
Tanah berbutir halus 50% butiran berbahan saringan No. 200 (0,075 mm)	Lanau dan Lempung Batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung “kurus” (lean clays)	
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan Lempung Batas cair lebih dari 50%	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung “gemuk” (fat clays)	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
Tanah - tanah dengan kandungan organik sangat tinggi			PT	Peat (gambut), muck, dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi

(Sumber: Bowles J.E., 1993)

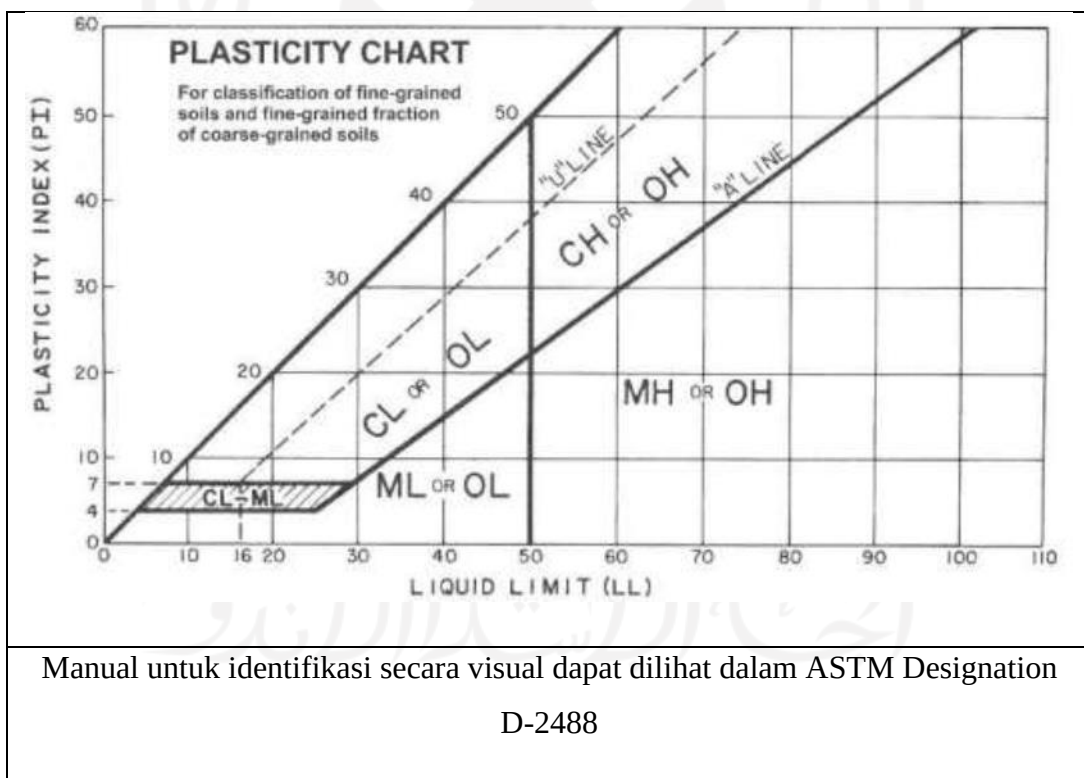
Berikut adalah klasifikasi tanah berdasarkan sistem USCS yang ditampilkan dalam Tabel 3.3

Tabel 3.3 Sistem Klasifikasi USCS

Klasifikasi Tanah			
Klasifikasi Berdasarkan presentase butir halus	Kurang dari 5% lolos ayakan No. 200 Lebih dari 12% lolos ayakan No. 200 5% sampel 12% lolos ayakan No. 200	GW, GP, SW, SP GM, GC, SM, SC Klasifikasi perbatasan yang memerlukan penggunaan dari	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 4
			$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3
			Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW
			Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4
			Batas-batas Atterberg di atas garis A atau PI > 7
Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda			
	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 6		
$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3			
Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW			

	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi
	Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	batas yang membutuhkan simbol ganda

Tabel 3.4 Sistem Klasifikasi USCS



3.1.2 Kuat Tanah Geser

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh (Hardiyatmo, 2002) :

1. Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser,
2. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Namun dalam penelitian ini yang digunakan untuk menentukan kuat geser tanah adalah pengujian geser langsung dan pengujian triaksial (*Triaksial test*). Pengujian kuat geser ini dilakukan untuk mendapatkan parameter kuat geser yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

1. Kohesi

Kohesi adalah gaya tarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah. Nilai ini didapat dari pengujian triaxial test dan direct shear test. Selain itu, kisaran nilai kohesi dapat ditentukan berdasarkan nilai q_c pada uji sondir seperti pada Tabel 3.5 Berikut

Tabel 3.5 Hubungan Konsistensi Tanah Terhadap Tekanan Konus q_c dan Kohesi

No.	Konsentrasi Tanah	Tekanan Konus q_c (kg/cm ²)	Kohesi Derajat °
1	Very soft	<2,50	<1,25
2	Soft	2,50 – 5,0	1,25 – 2,50
3	Medium Stiff	5,0 – 10,0	2,50 – 5,0
4	Stiff	10,0 – 20,0	5,0 – 10,0
5	Very Stiff	20,0 – 40,0	10,0 – 20,0
6	Hard	>40,0	20

(sumber: Bowles, 1996)

2. Sudut Geser Dalam

Sudut geser dalam bersamaan dengan kohesi menentukan ketahanan tanah akibat tegangan yang bekerja berupa tekanan lateral tanah. Nilai ini juga didapat dari pengujian triaxial test dan direct sheer test. Selain itu, kisaran nilai sudut geser dalam dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti pada Tabel 3.6

Tabel 3.6 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	25 – 30
Lanau	20 - 25

(Sumber: Das 1994)

3.2 Stabilitas Lereng

3.2.1 Kemantapan lereng (Slope Stability) sangat dipengaruhi oleh kekuatan geser tanah untuk menentukan kemampuan tanah menahan tekanan tanah terhadap keruntuhan. Analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastis (limit plastic equilibrium). Adapun maksud analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini, penulis menggunakan dasar-dasar teori tentang stabilitas lereng menggunakan teori Irisan (Method of Slice), dan metode Fellenius. Bentuk umum untuk perhitungan stabilitas lereng adalah dengan mencari nilai angka aman (F) dengan membandingkan momen-momen yang terjadi akibat gaya yang bekerja.

Tipe keruntuhan lereng yang terjadi pada analisis yaitu tipe keruntuhan gabungan digambarkan pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Tipe Keruntuhan Lereng Gabungan

(Sumber: Budi, 1998)

Berikut adalah tabel nilai faktor keamanan untuk lereng yang disyaratkan dari Departemen Pekerjaan Umum seperti pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Rekomendasi Nilai Faktor Keamanan Untuk Lereng

		Rekomendasi nilai faktor keamanan terhadap resiko kehilangan nyawa manusia		
		Tak diperhatikan	Rendah	Tinggi
Rekomendasi faktor keamanan terhadap resiko	Diabaikan	1,1	1,2	1,5
	Rendah	1,2	1,2	1,5
	Tinggi	1,4	1,4	1,5

Lanjutan Tabel 3.7 Rekomendasi Nilai Faktor Keamanan Untuk Lereng

<p style="text-align: center;">Catatan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Meskipun nilai faktor keamanan lerengnya 1,4, jika beresiko tinggi terhadap keselamatan orang – orang disekitarnya maka harus diubah menjadi 1,1 berdasarkan hasil prediksi kondisi air tanah terburuk 2. Faktor Keamanan yang tercantum di dalam tabel ini adalah nilai – nilai yang direkomendasikan. Faktor keamanan yang lebih tinggi atau lebih rendah mungkin saa
<ol style="list-style-type: none"> 1. teraman keamanannya pada situasi – situasi khusus dalam hubungannya dengan dengan resiko kehilangan nyawa dan ekonomis

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2005)

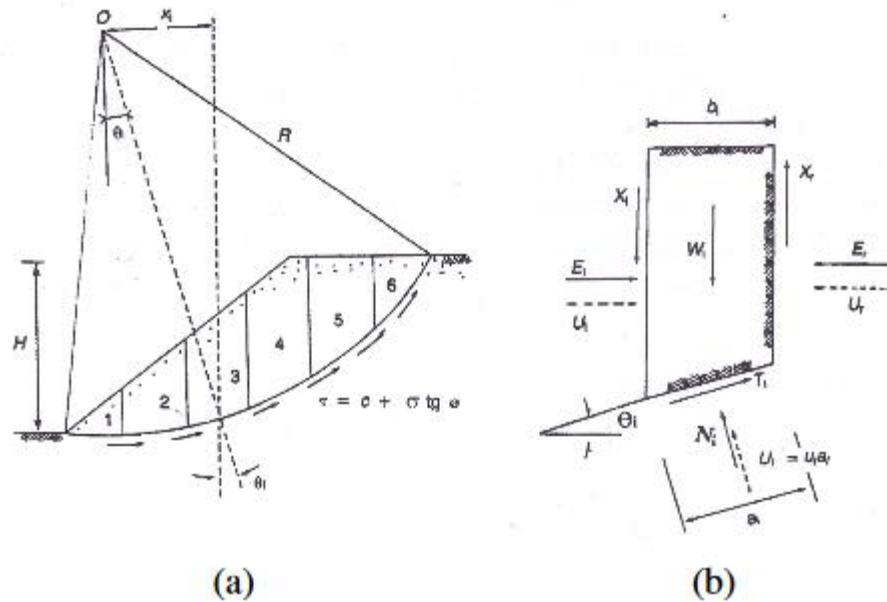
3.2.2 Metode Fellenius

Metode ini juga disebut ordinary method of slice. Anggapan yang digunakan dalam metode ini adalah :

1. bidang longsor berbentuk lingkaran
2. bidang longsor dibagi menjadi beberapa irisan tegak (pias/slice)
3. lebar dari tiap-tiap pias/slice tidak harus sama
4. lebih sesuai untuk tanah yang memiliki Nilai, c dan

keruntuhan terjadi melalui rotasi dari suatu blok tanah pada permukaan longsor berbentuk lingkaran (sirkuler) dengan titik O sebagai titik pusat rotasi. Metode ini juga menganggap bahwa gaya normal P bekerja di tengah-tengah *slice*. Diasumsikan juga bahwa resultan gaya-gaya antar irisan pada tiap irisannya adalah sama dengan nol, atau bias juga disebutkan bahwa resultan gaya-gaya antar irisan diabaikan. Jadi total asumsi yang dibuat oleh metode ini adalah.

- a. Posisi gaya normal P terletak di tengah alas irisan: n
- b. Resultan gaya antar irisan sama dengan nol: $n - 1$ Total : $2n - 1$



(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

Gambar 3.2 Gambar Ilustrasi gaya gaya pada setiap irisan dengan metode fellenius

maka dapat diuji persamaan keseimbangan momen untuk seluruh irisan terhadap titik pusat rotasi dan diperoleh suatu nilai Faktor Keamanan. Dengan anggapan ini maka keseimbangan arah vertikal dan gaya-gaya bekerja adalah:

$$N_i + U_i = W_i \cos \theta_i \quad (3.1)$$

Atau,

$$\begin{aligned} N_i &= W_i \cos \theta_i - U_i \\ &= W_i \cos \theta_i - u_i a_i \end{aligned} \quad (3.2)$$

Faktor aman didefinisikan sebagai,

$$\begin{aligned} F &= \frac{\text{Jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}} \\ &= \frac{\sum Mr}{\sum Md} \end{aligned} \quad (3.3)$$

Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah $R \sin \theta$, maka:

$$\sum M_d = R \sum_{n=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i \quad (3.4)$$

Dengan:

W_i = berat massa tanah irisan ke- i

N_i = resultan gaya normal efektif yang bekerja sepanjang dasar irisan

θ_i = sudut yang didefinisikan

R = jari-jari lingkaran bidang longsor

n = jumlah irisan

Dengan cara yang sama, momen yang menahan tanah akan longsor adalah:

$$\sum M_r = R \sum_{n=1}^{i=n} (c_i + N_i \tan \phi) \quad (3.5)$$

Maka persamaan untuk faktor aman menjadi:

$$F = \frac{\sum_{n=1}^{i=n} (c_i + N_i \tan \phi)}{\sum_{n=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (3.6)$$

Metode *Fellenius* menghasilkan faktor aman yang lebih rendah dari cara hitungan yang lebih teliti. Besarnya nilai kesalahan tergantung dari faktor aman, sudut pusat lingkaran yang dipilih, dan besarnya tekanan air pori. Walaupun analisis ditinjau dalam tinjauan tegangan total, kesalahan analisis masih merupakan fungsi dari faktor aman dan sudut pusat lingkaran. Cara ini telah banyak digunakan dalam praktek, karena cara perhitungan sederhana dan kesalahan hitungan yang dihasilkan masih pada sisi yang sama.

3.3 Perkuatan Lereng

3.3.1 Pengertian Umum

Perkuatan lereng adalah untuk memberikan stabilitas terhadap lereng agar tidak terjadi longsor. Salah satu perkuatan lereng yang dapat digunakan sebagai alternatif adalah soil nailing. Soil nailing adalah metode perbaikan tanah asli yang pertama kali di aplikasikan pada tahun 1961.

Keruntuhan atau kelongsoran yang terjadi bukan karena tarikan atau tekanan antar butiran-butiran tanah, tetapi disebabkan oleh tergulingnya atau tergelincirnya butiran-butiran tanah. Dengan mengetahui tipe keruntuhan yang terjadi, maka

perkuatan tanah dapat diterapkan pada bidang longsor dengan cara meletakkan material perkuatan tanah, penjangkaran (*soil nailing*) dan sebagainya.

3.3.2 Faktor Keamanan

Faktor keamanan lereng secara sederhana adalah perbandingan antara gaya penahan terhadap gaya penggerak, kestabilan dari suatu lereng pada kegiatan penambangan dipengaruhi oleh kondisi geologi daerah setempat, bentuk keseluruhan lereng pada lokasi tersebut, kondisi air tanah setempat, faktor luar seperti getaran akibat peledakan ataupun alat mekanis yang beroperasi dan juga dari teknik penggalian yang digunakan dalam pembuatan lereng. Faktor pengontrol ini jelas sangat berbeda untuk situasi penambangan yang berbeda dan sangat penting untuk memberikan aturan yang umum untuk menentukan seberapa tinggi atau seberapa landai suatu lereng untuk memastikan lereng itu akan tetap stabil.

Tabel 3.8 Faktor Keamanan Lereng

Faktor Keamanan	Status Lereng	Intensitas Longsor
$SF < 1,07$	Lereng Labil	Longsor sering terjadi
$1,07 \geq SF \geq 1,25$	Lereng Kritis	Longsor pernah terjadi
$1,25 \geq SF$	Lereng relatif stabil	Longsor jarang terjadi

(Sumber: Bowles J.E., 1989)

Lereng yang labil merupakan lereng yang sering terjadi longsor, ditandai dengan nilai faktor aman (SF) dibawah 1,07. Lereng kritis merupakan lereng yang pernah terjadi longsor, ditandai dengan nilai faktor aman (SF) antara 1,07 hingga 1,25. Sedangkan lereng yang relatif stabil merupakan lereng yang jarang terjadi longsor dan tergolong lereng yang aman, ditandai dengan nilai faktor aman (SF) diatas 1,25.

3.3.3 Geotekstil

hakekatnya, timbunan diatas tanah lunak merupakan masalah daya dukung. Pertimbangan lain adalah bahwa stabilitas timbunan kritis pada akhir konstruksi. Hal ini dikarenakan permeabilitas tanah lempung lunak yang tidak memungkinkan pengaliran dan konsolidasi pada masa konstruksi. Akhir konstruksi, beban telah diterapkan, tetapi tidak ada peningkatan kuat geser tanah akibat konsolidasi.

Geotekstil banyak digunakan untuk perkuatan tanah dasar pada struktur perkerasan jalan. Geotekstil juga sering digunakan untuk stabilisasi timbunan badan jalan yang terletak pada pondasi tanah lunak. Pengaruh yang menguntungkan dari macam-macam pemakaian geotekstil untuk perkuatan timbunan adalah berfungsi utama sebagai pemisah, geotekstil juga berfungsi sebagai tulangan atau perkuatan yang menaikkan kapasitas dukung tanah dasar oleh kekuatan komposit tanah dengan geotekstil

Pemasangan geotekstil pada timbunan harus memiliki nilai faktor keamanan yang disyaratkan, untuk timbunan yang bersifat sementara ataupun permanen. Perancangan lereng timbunan dianggap pada kondisi kritis jika:

1. keruntuhan lereng mengakibatkan adanya korban atau kerusakan pemukiman yang signifikan,
2. adanya gaya tarik termobilisasi dalam tulangan perkuatan pada umur rancangan struktur dan,
3. keruntuhan tulangan perkuatan mengakibatkan runtuhnya struktur.

Perkuatan geotekstil dapat dipasang satu lapis atau lebih tergantung besarnya gaya geser yang akan ditahan, seperti pada Gambar 3.3 berikut ini

Pada penelitian ini digunakan koefisien tekanan tanah aktif dengan menggunakan Persamaan 3.21 di atas. Selanjutnya perhitungan akan ditinjau dari stabilitas internal dan eksternal sebagai berikut ini.

1. Stabilitas Internal

Tegangan horizontal tanah yaitu tegangan tanah yang diakibatkan oleh adanya pergerakan tanah ke arah horizontal. Pada penelitian ini tegangan horizontal dipengaruhi oleh adanya tegangan akibat tanah itu sendiri dan tegangan akibat beban yang bekerja di atas timbunan. Berikut Persamaan 3.5 untuk menghitung tekanan tanah horizontal.

$$\sigma_{hc} = q \cdot K_a + K_a \cdot H_i \cdot \gamma \quad (3.5)$$

Keterangan:

H_i = tinggi tanah yang ditinjau dihitung dari permukaan tanah (m),

γ = berat volume tanah (kN/m^3).

σ_{hc} = tekanan tanah horizontal (kN/m^2),

q = beban merata (kN/m),

K_a = koefisien tanah aktif,

Selanjutnya menghitung jarak vertikal antar lapisan geotekstil (S_v) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.6 berikut ini.

$$S_v = \frac{T_{all}}{\sigma_{hc} \cdot SF} \quad (3.6)$$

Keterangan:

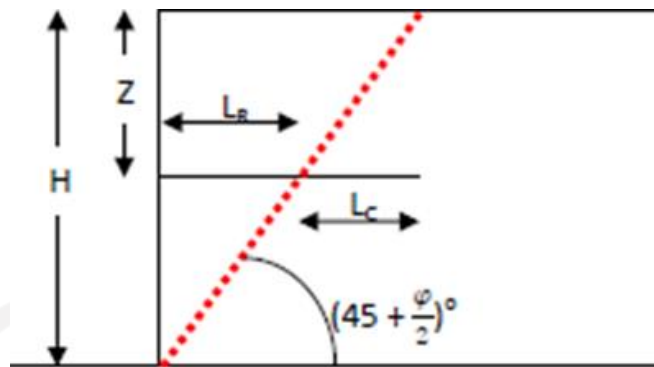
σ_{hc} = tekanan tanah horizontal (kN/m^2),

SF = faktor keamanan (digunakan 1,5),

S_v = jarak vertikal antar lapisan geotekstil (m),

T_{all} = kuat tarik ijin geotekstil (kN/m),

Panjang geotekstil dianalisis berdasarkan asumsi bentuk bidang longsor dengan sudut kemiringan sebesar $(45 - \frac{\phi}{2})^\circ$. Berikut bidang longsor untuk menentukan panjang geotekstil pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Bidang Longsor untuk Menentukan Panjang Geotekstil

(Sumber: Suryolelono, K.B., 1993)

Perhitungan panjang geotekstil (L) sesuai hasil perhitungan jarak vertikal geotekstil (S_v) di atas, sehingga digunakan panjang terbesar geotekstil pada masing-masing zona. Berikut ini Persamaan 3.7 untuk menghitung tekanan tanah vertikal.

$$\sigma_v = \gamma \cdot H_i \quad (3.7)$$

Keterangan:

H_i = tinggi tanah yang ditinjau dari permukaan tanah (m).

σ_v = tekanan tanah vertikal (kN/m^2),

γ = berat volume tanah (kN/m^3),

Berikut ini Persamaan 3.8 untuk menghitung panjang geotekstil di daerah longsor aktif.

$$L_R = \frac{H - Z_i}{\tan(45 + \frac{\phi}{2})} \quad (3.8)$$

Z_i = tinggi tanah yang ditinjau dari permukaan tanah (m),

ϕ = sudut geser dalam ($^\circ$).

L_R = panjang geotekstil di daerah longsor aktif (m),

H = tinggi tanah timbunan (m),

Berikut ini Persamaan 3.9 untuk menghitung panjang geotekstil yang bekerja sebagai angker.

$$L_C = \frac{1}{\beta} \frac{T_{all}}{2(c + \sigma_v \cdot \tan \phi)} \quad (3.9)$$

Keterangan:

σ_v = tekanan tanah vertikal (kN/m^2),

ϕ = sudut geser dalam ($^\circ$).

L_C = panjang geotekstil yang bekerja sebagai angker (m),

β = koefisien *interface* tanah terhadap geotekstil (dipakai 0,67),

Tall = kuat tarik geotekstil (kN/m),

c = kohesi tanah (kN/m^2),

Perhitungan L_R dan L_C di atas selanjutnya akan dijumlahkan dan menjadi panjang geotekstil total, seperti pada Persamaan 3.10 berikut.

$$L_{\text{tot}} = L_R + L_C \quad (3.10)$$

Keterangan:

L_C = panjang geotekstil yang bekerja sebagai angker (m).

L_R = panjang geotekstil di daerah longsor aktif (m),

Panjang *overlapping* geotekstil tidak ada analisis khusus, karena secara teoritis tidak diperlukan tetapi dalam praktek dilakukan agar konstruksi menjadi satu kesatuan. Persamaan 3.11 berikut dapat digunakan untuk menghitung panjang *overlapping* (L_o).

$$L_o = \frac{1}{\beta} \frac{T_{all}}{4(c + \sigma_v \cdot \tan \phi)} \geq 1 \text{ m} \quad (3.11)$$

Keterangan:

c = kohesi tanah (kN/m^2),

σ_v = tekanan tanah vertikal (kN/m^2),

ϕ = sudut geser dalam ($^\circ$).

L_o = panjang *overlapping* geotekstil (m),

β = koefisien *interface* tanah terhadap geotekstil (dipakai 0,67),

Tall = kuat tarik geotekstil (kN/m),

2. Stabilitas Eksternal

Stabilitas eksternal pada tanah timbunan meninjau pada 3 stabilitas yaitu sebagai berikut ini.

a. Stabilitas terhadap guling

Stabilitas terhadap guling ditinjau terhadap titik A. berikut ini persamaan-persamaan gaya aktif.

1) Gaya Pasif

Persamaan untuk menghitung gaya pasif dapat dilihat pada Persamaan 3.12 dan Persamaan 3.13 untuk menghitung lengan gaya pasif seperti berikut.

$$W = L_i \cdot H_i \cdot \gamma \quad (3.12)$$

dan

$$\text{Lengan} = \frac{L_i}{2} \quad (3.13)$$

Keterangan:

H_i = tinggi tanah pada masing-masing zona (m),

γ = berat volume tanah (kN/m^3).

W = gaya pasif (kN),

L_i = panjang geotekstil lapisan ke-I (m),

Sehingga momen pasif terhadap titik A dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.14 berikut.

$$M_p = W_i \cdot \text{Lengan} \quad (3.14)$$

Keterangan:

W_i = gaya pasif pada zona ke-i (kN).

M_p = momen pasif (kN.m),

Sehingga stabilitas timbunan terhadap guling dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.15 berikut.

$$SF = \frac{\sum M_p}{\sum M_A} > 1,5 \quad (3.15)$$

Keterangan:

$\sum M_A$ = jumlah momen aktif (kN.m).

SF = faktor aman,

$\sum M_p$ = jumlah momen pasif (kN.m)

2) Gaya Aktif

Persamaan gaya aktif akibat tanah (E_a) dapat menggunakan Persamaan 3.16 dan 3.17 untuk lengan gaya aktif akibat tanah seperti berikut ini

$$E_a = \frac{1}{2} H^2 \cdot \gamma \cdot K_a \quad (3.16)$$

dan

$$\text{Lengan} = \frac{H}{3} \quad (3.17)$$

Keterangan:

γ = berat volume tanah (kN/m^3).

K_a = koefisien tanah aktif,

H = tinggi tanah timbunan (m),

sehingga momen akibat tanah dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.18 berikut.

$$M_{\text{Atanah}} = E_a \cdot \text{Lengan} \quad (3.18)$$

Keterangan:

E_a = gaya aktif akibat tanah (kN).

M_{Atanah} = momen akibat tanah terhadap titik A (kN.m),

Persamaan gaya aktif akibat beban (E_q) dapat menggunakan Persamaan 3.19 dan Persamaan 3.20 untuk lengan gaya aktif akibat beban seperti berikut ini.

$$E_q = q \cdot H \cdot K_a \quad (3.19)$$

dan

$$\text{Lengan} = \frac{H}{2} \quad (3.20)$$

Keterangan:

H = tinggi tanah timbunan (m),

K_a = koefisien tanah aktif.

q = beban merata (kN/m),

Sehingga momen akibat beban dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.21 berikut.

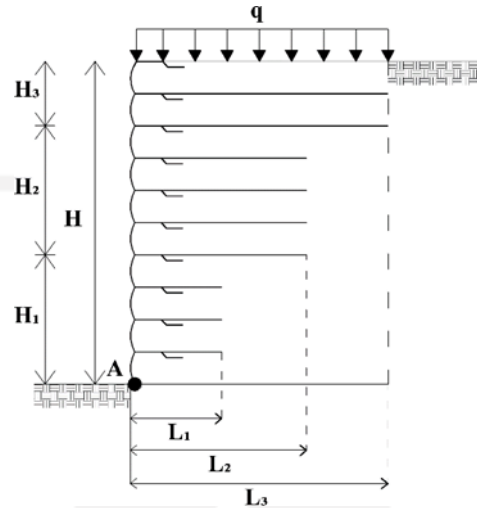
$$M_{\text{Abeban}} = E_q \cdot \text{Lengan} \quad (3.21)$$

Keterangan:

M_{Abeban} = momen akibat beban terhadap titik A (kN.m),

E_q = gaya aktif akibat beban (kN).

Berikut ini tinjauan stabilitas terhadap gaya guling dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6 Tinjauan Stabilitas Terhadap Guling

(Sumber: Suryolelono, K.B., 1993)

b. Stabilitas terhadap geser

1) Gaya yang melawan

Persamaan untuk menghitung gaya yang melawan dapat dilihat pada Persamaan 3.22 berikut ini.

$$F = \left[C_g + \frac{W_{\text{total}}}{l_g} \cdot \tan \delta \right] l_g \quad (3.22)$$

Keterangan:

$$\delta = \frac{2}{3} \phi \quad (\phi \text{ sudut geser dalam dari tanah dasar pondasi}),$$

$$l_g = \text{panjang geotekstil paling bawah (m).}$$

$$F = \text{gaya yang melawan (kN),}$$

$$C_g = \text{lekatan antara geotekstil dan tanah dasar pondasi} = \frac{2}{3} c,$$

$$W_{\text{total}} = \text{total gaya pasif (kN),}$$

2) Gaya yang mendorong

Persamaan untuk menghitung gaya yang mendorong dapat dilihat pada Persamaan 3.23 berikut.

$$E = E_a + E_q \quad (3.23)$$

Keterangan:

E_q = gaya aktif akibat beban (kN).

E = gaya yang mendorong (kN),

E_a = gaya aktif akibat tanah (kN)

Sehingga stabilitas timbunan terhadap geser dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.24 berikut.

$$SF = \frac{F}{E} > 1,5 \quad (3.24)$$

Keterangan:

E = gaya yang mendorong (kN).

SF = faktor aman terhadap geser,

F = gaya yang melawan (kN).

c. Stabilitas terhadap kuat dukung yang terjadi

Perhitungan stabilitas terhadap kuat dukung ini didasarkan pada beban yang bekerja di atasnya.

1) Kuat dukung ijin

Berikut ini Persamaan 3.25 untuk menghitung kuat dukung ijin tanah.

$$\sigma_{ult} = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot L \cdot N_\gamma \quad (3.25)$$

Keterangan:

γ = berat volume tanah (kN/m³),

L = panjang geotekstil (m).

σ_{ult} = kuat dukung ijin (kN/m²),

c = kohesi tanah (kN/m²),

N_c, N_q, N_γ = faktor daya dukung tanah Terzaghi,

2) Kuat dukung yang terjadi

Berikut ini Persamaan 3.26 untuk menghitung kuat dukung yang terjadi.

$$\sigma_{terjadi} = H \cdot \gamma + q \quad (3.26)$$

Keterangan:

$\sigma_{terjadi}$ = kuat dukung yang terjadi (kN/m²),

q = beban yang bekerja di atas timbunan (kN/m).

H = tinggi tanah timbunan (m),

γ = berat volume tanah (kN/m^3),

Sehingga stabilitas timbunan terhadap kuat dukung dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.27 berikut ini.

$$SF = \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{terjadi}} > 1,5 \quad (3.27)$$

Keterangan:

$\sigma_{terjadi}$ = kuat dukung yang terjadi (kN/m^2).

SF = faktor aman terhadap kuat dukung,

σ_{ult} = kuat dukung ijin (kN/m^2),

3.4 Konsolidasi

3.4.1 Pengertian umum

Konsolidasi adalah proses terperasnya air tanah akibat bekerjanya beban yang terjadi sebagai fungsi waktu karena kecilnya permeabilitas tanah. Proses ini berlangsung terus sampai kelebihan tekanan air pori yang disebabkan oleh kenaikan tegangan total. Konsolidasi tanah adalah suatu proses pengecilan volume secara perlahan-lahan pada tanah jenuh sempurna dengan permeabilitas rendah akibat pengaliran sebagian air pori. Proses konsolidasi dilapangan dapat di uji dengan menggunakan piezometer. Sedangkan pengujian di laboratorium dapat menggunakan alat konsolidometer.

3.4.2 Koefisien Konsolidasi (C_v) (*Coefficient of Consolidation*)

Kecepatan penurunan konsolidasi dapat dihitung menggunakan koefisien konsolidasi C_v . Kecepatan penurunan perlu diperhitungkan bila penurunan konsolidasi yang terjadi pada struktur diperkirakan besar. Bila penurunan sangat kecil. Kecepatan penurunan sejalan dengan waktunya tidak menghasilkan perbedaan yang berarti. Derajat konsolidasi untuk sembarang waktu ditentukan dengan menggambarkan grafik penurunan vs, waktu untuk satu beban tertentu yang diterapkan pada alat konsolidasi. Caranya, yaitu dengan mengukur penurunan total pada akhir fase konsolidasi. Kemudian, dari data penurunan dan waktu sembarang waktu yang dihubungkan dengan derajat konsolidasi rata-rata tertentu (misalnya $U =$

50%) ditentukan. Walaupun fase konsolidasi telah selesai, yaitu ketika tekanan air pori telah nol, benda uji di dalam alat konsolidasi masih terus mengalami penurunan akibat konsolidasi sekunder. Oleh karena itu, tekanan air pori mungkin perlu diukur selama proses pembebanan atau suatu interpretasi data penurunan dan waktu harus dibuat untuk menentukan kapan konsolidasi telah selesai. Kecuali, jika sejumlah kecil udara terhisap masuk ke dalam air pori akibat penurunan tekanan pori dari lokasi aslinya di lapangan, kemungkinan terdapat juga penurunan yang berlangsung dengan cepat, yang bukan bagian dari proses konsolidasi. Oleh karena itu, tinggi awal atau saat kondisi sebelum adanya penurunan saat permulaan proses konsolidasi juga harus diinterpretasikan

3.4.3 Perhitungan Penurunan Konsolidasi

Ditinjau pada lapisan tanah lempung jenuh dengan tebal H . karena adanya beban yang bekerja, lapisan tanah menerima tambahan tegangan geser sebesar (Δp) . Dianggap regangan arah lateral nol. Pada akhir konsolidasi, terdapat tambahan tegangan efektif vertikal sebesar (Δp) . Sebagai akibat penambahan tegangan dari p_0' ke p_1' (dengan $p_1' = p_0' + \Delta p$) terjadi pengurangan angka pori dari e_0 ke e_1 . Pengurangan volume persatuan volume lempung dinyatakan oleh persamaan angka pori pada Persamaan 3.28.

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta H}{H} = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} = \frac{\Delta e}{1 + e_0} \quad (3.28)$$

dengan:

e_0 = Angka pori awal

e_1 = Angka pori pada perubahan volume tertentu

Δe = Perubahan angka pori

V = Volume awal

H = Tebal lapisan tanah awal

ΔV = Perubahan volume ΔH = Perubahan tebal

Karena regangan lateral nol, pengurangan volume per volume satuan sama dengan pengurangan tebal persatuan tebalnya, yaitu penurunan persatuan ketinggian atau

panjangnya. Besarnya penurunan lapisan tanah setebal dh dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.29 di bawah ini.

$$\begin{aligned} dS_c &= \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} dh \\ &= \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} \frac{p_1 - p_0'}{1 + e_0} dh \\ &= m_v \Delta p dh \end{aligned} \quad (3.29)$$

Jika m_v dan Δp dianggap sama pada sembarang kedalaman tanah, maka diperoleh persamaan penurunan konsolidasi primer total seperti Persamaan 3.30.

$$S_c = m_v \Delta p dh \quad (3.30)$$

S_c adalah penurunan konsolidasi primer total atau ultimit. Untuk penurunan lapisan tanah dengan tebal H , maka persamaan menjadi seperti Persamaan 3.31.

$$S_c = \int_0^H m_v \Delta p dh \quad (3.31)$$

Jika ingin menghitung besarnya penurunan konsolidasi dengan menggunakan nilai m_v dan Δp , maka pada sembarang kedalaman lapisan yang ditinjau nilai keduanya ditentukan dan penurunan dihitung dengan menambahkan secara aljabar dari penurunan pada tiap lapisan. Nilai tambahan regangan Δp dapat ditentukan dengan memperhatikan distribusi tegangan akibat beban fondasi pada setiap lapisan yang ditinjau. Penurunan konsolidasi primer total adalah jumlah dari penurunan tiap lapisannya, yaitu pada Persamaan 3.32.

$$S_c = \sum m_v i \Delta p dh \quad (3.32)$$

Persamaan konsolidasi dengan menggunakan grafik e -log p' adalah sebagai berikut ini.

Bila $\Delta H = S_c$, maka dapat dibuat persamaan umum menjadi seperti Persamaan 3.33.

$$S_c = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} H = \frac{\Delta e}{1 + e_0} H \quad (3.33)$$

Untuk lempung tertentu, penurunan konsolidasi primer total dinyatakan oleh persamaan-persamaan berikut ini. Bila didefinisikan seperti Persamaan 3.42.

$$P'_1 = P'_0 + \Delta p \quad (3.34)$$

1. Penurunan lempung overconsolidated ($P_c' > P_o'$) penurunan konsolidasi primer total dinyatakan oleh persamaan yang bergantung nilai P_1' seperti pada Persamaan 3.44 dan Persamaan 3.35

a. Bila, $P_1' < P_c'$

$$S_c = C_r \frac{H}{1+e_0} \log \frac{P_1'}{P_o'} \quad (3.35)$$

2. Penurunan untuk lempung *normally consolidated* ($P_c' = P_o'$) dengan tegangan efektif sebesar p_1' seperti pada Persamaan 3.36

$$S_c = C_c \frac{H}{1+e_0} \log \frac{P_1'}{P_o'} \quad (3.36)$$

b. Bila, $P_1' > P_c'$

$$S_c = C_r \frac{H}{1+e_0} \log \frac{P_1'}{P_o'} + C_c \frac{H}{1+e_0} \log \frac{P_1'}{P_o'} \quad (3.37)$$

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log p'} ; \text{ pada kurva penambahan beban atau pada } p' > P_c'$$

$$C_r = \frac{\Delta e}{\Delta \log p'} ; \text{ pada kurva penambahan beban atau pada } p' < P_c'$$

Dengan:

P_c' = tekanan prakonsolidasi e_0 = angka pori awal

Δp = tambahan tegangan akibat beban fondasi

P_o' = tekanan overburden efektif mula-mula sebelum dibebani

C_r = indeks pemampatan kembali

C_c = indeks pemampatan

H = tebal lapisan tanah

Untuk perhitungan waktu konsolidasi yang terjadi, maka rumus yang digunakan dapat dilihat Persamaan 3.38.

$$T = \frac{T_v \times H^2}{C_v} \quad (3.38)$$

Dengan :

T_v = faktor waktu (time factor)

T = waktu penurunan

H = tebal lapisan

C_v = koefisien konsolidasi

3.5 Plaxis

3.5.1 Pendahuluan

Plaxis adalah program analisis geoteknik yang dipilih karena dapat menganalisa stabilitas tanah dengan menggunakan metode elemen hingga yang mampu melakukan analisis yang dapat mendekati perilaku sebenarnya. *Plaxis* menyediakan berbagai analisis tentang *displacement*, tegangan-tegangan yang terjadi pada tanah, faktor keamanan lereng dan lain-lain.

Kondisi di lapangan yang disimulasikan ke dalam program Plaxis ini bertujuan untuk mengimplementasikan tahapan pelaksanaan di lapangan ke dalam tahapan pengerjaan pada program, dengan harapan pelaksanaan di lapangan dapat mendekati sedekat mungkin pada program, sehingga respon yang dapat dihasilkan dari program dapat diasumsikan sebagai cerminan dari kondisi yang sebenarnya sebagaimana di lapangan.

3.5.2 Analisis stabilitas lereng menggunakan plaxis 8.2

Dari data-data yang ada kemudian diolah dengan memasukkan data-data dari lereng untuk dilakukan pengolahan data oleh program, maka akan diketahui perlu tidaknya lereng diberi perkuatan. Dengan program ini juga dapat dilakukan pengontrolan angka faktor keamanan (SF) terhadap lereng dengan perkuatan menggunakan geotekstil. Dalam pengoperasian program Plaxis 8.2 diperlukan langkah sebagai berikut:

1. Program *Plaxis 8.2* kemudian masukkan data dimensi dan *title* program yang akan dibuat
2. Membuat gambar penampang lereng yang akan dianalisis, kemudian klik *Standart Fixities*.

3. Membuat jenis *properties* material yang akan dipakai pada lereng, dan isi data-data lereng seperti γ_d , γ_b , ϕ , dan lain sebagainya. Lalu kemudian aplikasikan material yang telah dibuat ke setiap lapisan tanah.
4. Kemudian mengubah *mesh generating setup* sesuai dengan *mesh* dan lalu *generate*.
5. Membuat lapisan muka air tanah pada penampang dengan menggunakan *initial conditions*.
6. Kemudian lakukan *calculating* dan isi setiap *phase* yang akan dilakukan analisis.
7. Kemudian buat *curve displacement*, dan baru dapat dilakukan *calculate*
8. Setelah proses *calculate* selesai maka didapatkan *output* sebagai berikut

Dari tahapan-tahapan yang telah dilakukan oleh program Plaxis 8.2 didapatkan berupa curve displacement dan juga nilai SF. Output tersebut dapat dilihat apakah lereng aman mengalami kelongsoran atau sudah aman sehingga tidak diperlukan perkuatan tambahan. Apabila lereng belum aman terhadap longsor, maka akan dilakukan analisis kembali menggunakan perkuatan geotekstil dan akan didapatkan Safety Factor yang baru setelah diberi perkuatan. Cara untuk menambahkan perkuatan geotekstil pada Plaxis adalah sebagai berikut ini.

1. Buka program *Plaxis 8.2* kemudian masukkan data dimensi dan *title* program yang akan dibuat
2. Gambar penampang lereng yang akan dianalisis, kemudian klik *Standart Fixities*.
3. Buat jenis *properties* material yang akan dipakai pada lereng, dan isi data-data lereng seperti γ_d , γ_b , ϕ , dan lain sebagainya. Lalu kemudian aplikasikan material yang telah dibuat ke setiap lapisan tanah.
4. Buat profil geotekstil sesuai spesifikasi yang diperlukan dengan klik tombol geometri, kemudian pilih opsi geogrid
5. Kemudian ubah *mesh generating setup* sesuai dengan *mesh* dan lalu *generate*.
6. Buat lapisan muka air tanah pada penampang dengan menggunakan *initial conditions*.

7. Kemudian lakukan *calculating* dan isi setiap *phase* yang akan dilakukan analisis.
8. Kemudian buat *curve displacement*, dan baru dapat dilakukan *calculate*
9. Setelah proses *calculate* selesai maka didapatkan *output* sebagai berikut



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian adalah langkah yang dimiliki dan dilakukan oleh peneliti dalam rangka untuk mengumpulkan informasi atau data serta melakukan investigasi pada data yang telah didapatkan tersebut. Metode penelitian memberikan gambaran rancangan penelitian yang meliputi antara lain: prosedur dan langkah-langkah yang harus ditempuh, waktu penelitian, sumber data, dan dengan langkah apa data-data tersebut diperoleh dan selanjutnya diolah dan dianalisis. Penelitian yang akan dilakukan ini merupakan analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil pada proyek Jalan Tol Balikpapan - Samarinda.

Analisis yang digunakan untuk penelitian ini adalah analisis stabilitas internal dan eksternal pada lereng dengan menggunakan program Plaxis 8.2, sehingga didapatkan output berupa nilai Safety Factor. Perkuatan yang digunakan adalah dengan menggunakan perkuatan geotekstil dengan $SF < 1,00$ yang mengalami kelongsoran kaki. Sehingga diharapkan dapat menjadi acuan dalam menghasilkan faktor keamanan (safety factor) yang paling baik dan menghasilkan kondisi tanah dan nilai pembebanan tertentu.

4.2 Tahap Penelitian

Dalam penelitian ini proses penelitian dibagi dalam beberapa tahapan, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Tahap pengumpulan data, tahap ini meliputi tahap pengambilan data tanah (data tanah uji lapangan dan data tanah laboratorium) dari yang didapat dari Laporan proyek jalan tol Balikpapan–Samarinda STA 2 + 050.
2. Tahap pengolahan data software dan analisis, pada tahap ini data yang telah di dapat akan dikelola dengan menggunakan *software plaxis* dan melakukan analisis stabilitas timbunan badan jalan, dengan variasi permodelan antara lain

tanah asli dengan geotekstil, tanah asli, lalu dilakukan perhitungan manual untuk perbandingan dan koreksi pada pengolahan data menggunakan *software*.

3. Tahap pembahasan dan penarikan kesimpulan, tahap ini akan dilakukan penulisan kedalam laporan yang dimana berisi hasil-hasil yang telah didapatkan dari tahapan analisis, kemudian akan dihasilkan solusi dari masalah-masalah yang timbul dan diambil kesimpulan berdasarkan teori yang ada.

4.3 Analisis Data

Metode analisis data adalah metode digunakan untuk menyederhanakan dan mempermudah untuk memahami data yang peroleh. Data yang didapatkan kemudian dianalisis berdasarkan tahap pengerjaannya. Adapun data yang diperoleh sebagai berikut.

4.3.1 Parameter Tanah Asli dan potongan Melintang Jalan

Berikut ini adalah data mengenai parameter tanah asli sebelum dilakukan perkuatan dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabe 4.1 Parameter tanah asli pada STA 2 +050

Nama	Satuan	Timbunan pilihan	Pasir Abu Kehitaman	Lempung Abu	Pasir Lepas Abu	Lempung Kuning
Simbol	-	C	S	C	S	C
Jenis	-	Undrained	Drained	Undrained	Drained	Undrained
γ unsat	kN/m ³	16,6	19	13	11	13
γ sat	kN/m ³	17,6	20	14	12	14
Eref	kN/m ²	25000	21120	8000	6400	2700
v		0,3	0,3	0,3	0,3	0,25
C	kN/m ²	20	5	5	5	18
ϕ	°	10	47,74	30,95	27,75	3
Kedalaman	M		(12-16)	(8-12)	(4-8)	(0-4)

(sumber : PT. Pembangunan Perumahan, 2017)

Mengacu dari data yang didapat di PT. Pembangunan Perumahan, berikut ini adalah gambar potongan melintang jalan dan parameter tanah asli, dapat dilihat pada Gambar 4.1.

(sumber : PT. Pembangunan Perumahan, 2017)

4.3.2 Data Beban

Beban-beban yang bekerja adalah beban perkerasan, beban gempa, dan beban lalu lintas akan tetapi untuk konstruksi yang ditinjau hanya beban pavement dan beban gempa Data-data yang tertera pada data beban dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

Fungsi	Sistem Jaringan	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)	Beban Lalu Lintas (kN/m2)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	>10.000	15
		<10.000	12
Sekunder	Arteri	>20.000	15
		<20.000	12
	Kolektor	>6000	12
		<6000	10
	Lokal	>500	10
		<500	10

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2009)

4.3.3 Data Geotekstil

Geotekstil yang digunakan merupakan geotekstil jenis *woven* atau geotekstil teranyam. Data parameter geotekstil dari PT. Tetrasa Geosinindo. Untuk spesifikasi geotekstil dari PT. Tetrasa Geosinindo dapat dilihat pada Lampiran 3. Adapun data geotekstil dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini

Tabel 4.3 Data parameter *geotextile woven*

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kuat Tarik Ijin	T	52	kN/m
Regangan	E	20	%
Kekakuan Normal	EA	260	kN/m

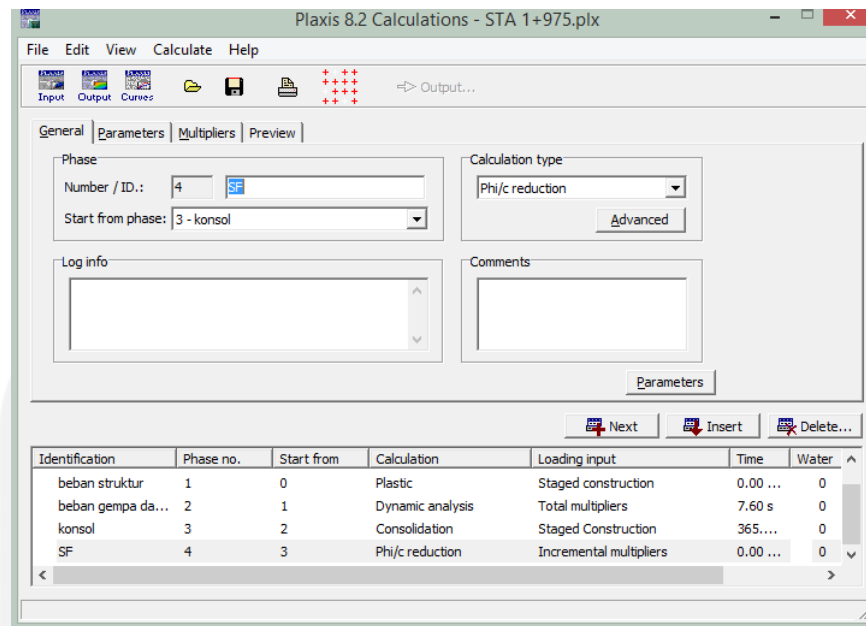
(sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul, 2015)

4.3.4 Input Data dalam Plaxis 8.2 dan Pemodelan

Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan maka dilakukan proses olah data menggunakan Program Plaxis. Adapun langkah-langkahnya dapat dilihat sebagai berikut.

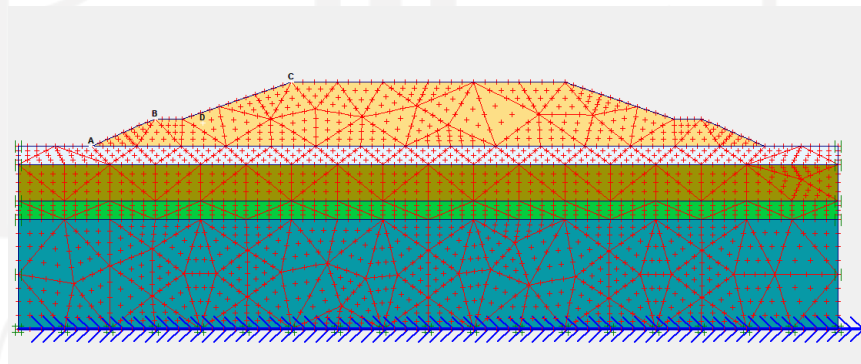
1. Proses kalkulasi pada program Plaxis 8.2

Pada jendela *calculations* (lihat Gambar 4.9) terdapat 4 lembar tab, yaitu: general, parameters, multipliers dan preview. Dalam lembar tab general pada calculation type pilih plastic analisis untuk beban struktur, dynamic analysis untuk beban gempa, phi/c reduction untuk SF struktur dan gempa serta consolidation untuk pengolahan konsolidasi atau mengetahui penurunan yang terjadi. Tahap – tahap kalkulasi dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Tampilan layar pada tahap kalkulasi

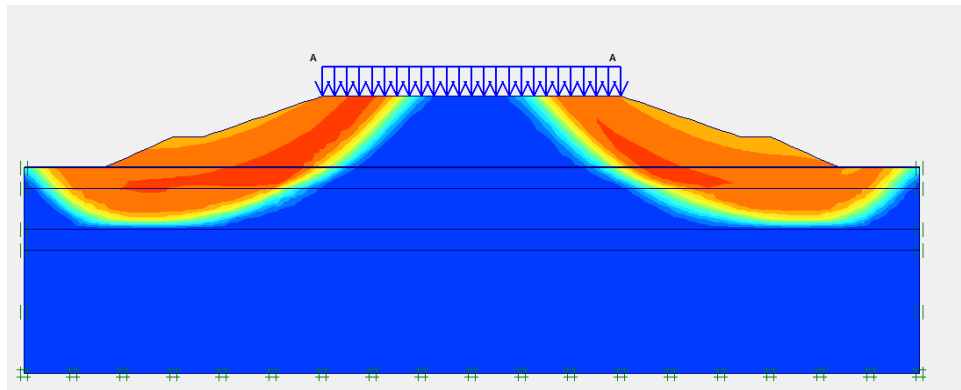
Melakukan klik point of curves untuk menentukan titik yang akan ditinjau untuk potensi kelongsoran yang akan menggambarkan tampilan kurva. Titik-titik yang akan ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut



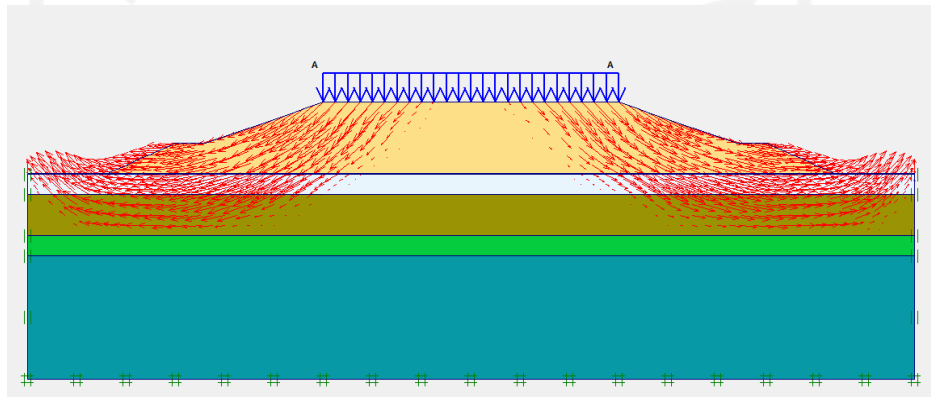
Gambar 4.3 Pemilihan titik kurva yang akan Ditinjau

2. Output

Melakukan klik tombol output setelah proses calculation untuk menampilkan hasil dari tahap perhitungan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.4 Total Displacement



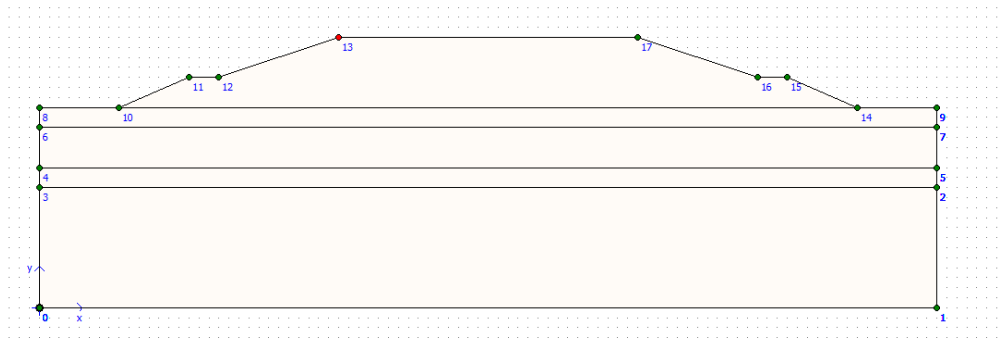
Gambar 4.5 Arah Pergerakan Tanah

2. Pemodelan, data – data dan parameter tanah

a. Model Geometri

- 1) Melakukan permodelan geometri dengan memulai klik opsi *Geometri line* lalu menempatkan pada koordinat 0.0;0.0 sebagai titik awal setelah gambar geometri sesuai yang telah ditentukan.
- 2) Setelah menggambar permodelan, menekan opsi *standart fixities* dan *standard earthquake boundaries* pada menu loads.

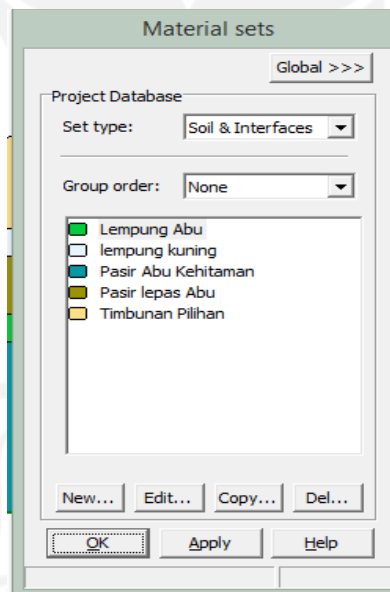
Contoh permodelan geometri yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 4.6 sebagai berikut.



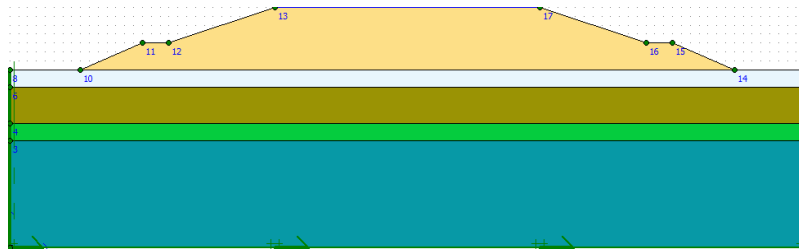
Gambar 4.6 Pemodelan Geometri Plaxis 8.2

b. Data – data tanah

Memasukkan data material set dapat dengan cara menekan Tombol  pada toolbar kemudian definisikan parameter dari masing-masing seperti Gambar 4.7. Kemudian mendrag kumpulan material sesuai lapisan geometri tanah. Maka material akan menyesuaikan dalam gambar permodelan dan dibedakan dalam bentuk warna seperti Gambar 4.8.



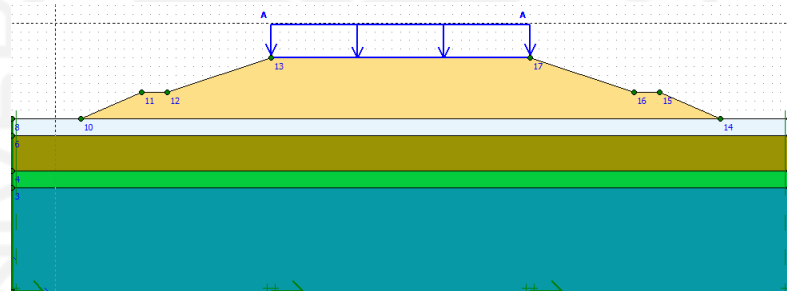
Gambar 4.7 Jendela Material Set



Gambar 4.8 Pemodelan Setelah Dimasukkan Material Tanah

c. **Beban Struktur**

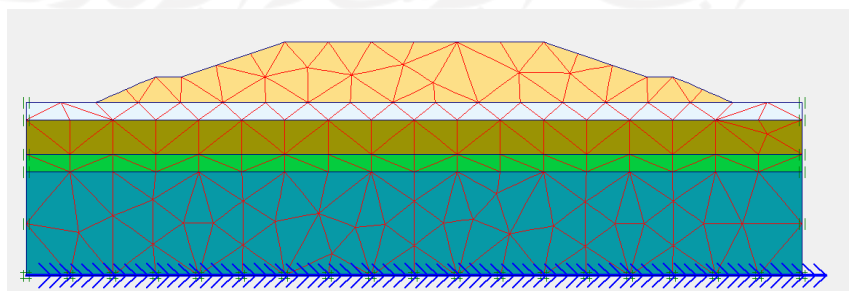
Meng-klik tombol distributed load system A pada toolbar, kemudian klik pada 2 titik tiap ujung (diseret) pada timbunan yang akan menerima beban untuk beban merata. Selanjutnya memasukkan nilai beban merata 25 kN/m² saat pasca konstruksi. Permodelan yang telah diberikan beban dapat dilihat pada Gambar 4.9 sebagai berikut.



Gambar 4.9 Permodelan Setelah Diberikan Beban Merata

d. *General Meshing*

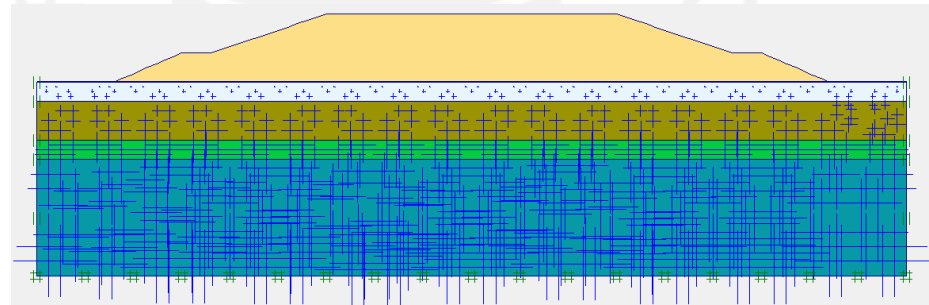
Melakukan klik tombol Generate mesh pada toolbar setelah penyusunan jaringan elemen maka muncul jendela baru yang akan memunculkan jaring elemen hingga yang terbentuk seperti pada Gambar 4.10 berikut ini



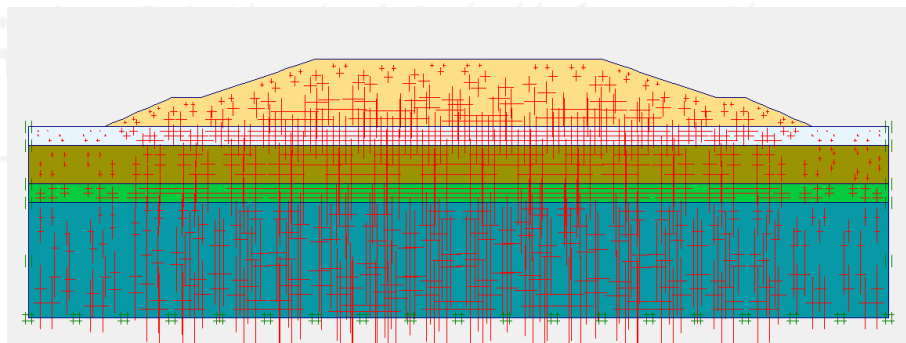
Gambar 4.10 Jaringan Elemen Hingga

e. *Initial Condition*

- 1) Melakukan klik tombol *initial conditions* pada toolbar, kemudian jendela akan berubah ke tahap selanjutnya dan menunjukkan pra-pilih berat isi air yaitu 10 kN/m³ dan klik OK untuk menerima nilai tersebut dan drag dari ujung titik awal hingga ujung titik akhir pada permukaan tanah asli.
- 2) Untuk *initial conditions* terdiri dari 2 tombol yaitu *generate water pressures* dan *generate initial stresses*. Perpindahan antara kedua modus dilakukan dengan menggunakan tombol switch. Pada modus *generate water pressures*, untuk melakukan olah tekanan air pori yang dilakukan dengan klik untuk melihat gambar tekanan air pori yang dapat dilihat pada Gambar 4.11 kemudian *update*, lalu switch modus satunya yaitu *generate initial stresses* lalu klik untuk melihat gambar tegangan awal yang dapat dilihat pada Gambar 4.12 kemudian *update*.



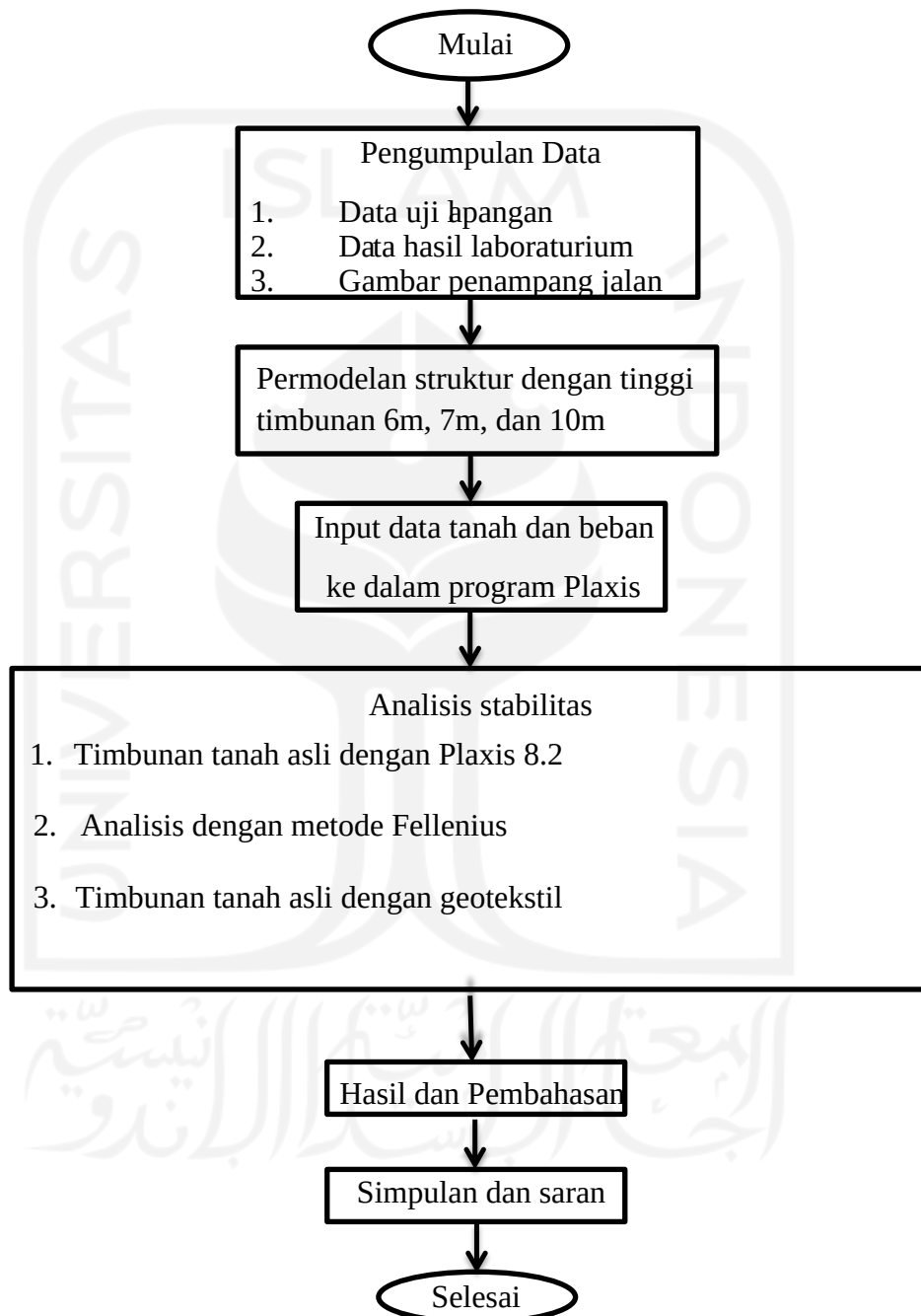
Gambar 4.11 Pemodelan Tekanan Air Pori



Gambar 4.12 *initial pressur*

4.4 Bagan Alir Penelitian

Jalan dari penelitian ini dapat dilihat pada flowchart yang dilampirkan pada Gambar 4.15 berikut ini



Gambar 4.15 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisi Data

Jalan tol adalah jalan suatu jalan yang dikhususkan untuk kendaraan bersumbu dua arah atau lebih dan bertujuan untuk mempersingkat jarak dan waktu tempuh dari satu tempat ke tempat lainnya. Pada tol Balikpapan – Samarinda terdapat timbunan yang cukup tinggi dimana kemiringan timbunannya 1V:2H sehingga diperlukan analisis dan evaluasi terhadap *slope stability* dan penurunan yang terjadi akibat adanya timbunan yang tinggi tersebut. Apun solusi yang dilakukan untuk menghindari kelongsoran dengan perkuatan dengan geotekstil.

Dalam penelitian ini diperlukan data yang digunakan untuk melakukan analisis stabilitas lereng pada badan jalan dengan menggunakan program Plaxis.

5.1.1 Data Potongan Melintang Jalan

Data tanah yang di peroleh dari PT. Pembangunan Perumahan dalam proyek pembangunan Jalan Tol Balikpapan-Samarinda STA 2+050. Pada data tersebut di peroleh tinggi timbunan sebesar 8,03 m dengan lebar 90m serta sudut lereng sebesar 27°.

5.1.2 Data Parameter Tanah

Dari hasil penyelidikan tanah yang di peroleh dari proyek pembangunan Jalan Tol Balikpapan-Samarinda.

5.2 Data Beban

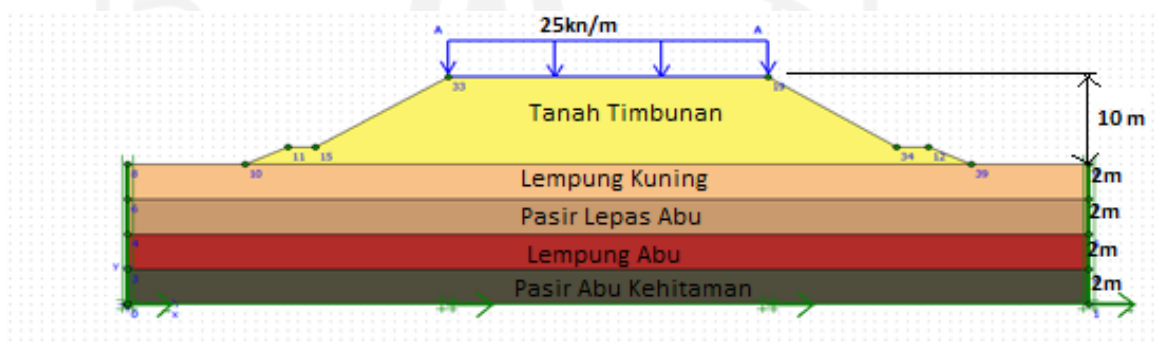
Beban-beban yang bekerja adalah beban perkerasam, beban lalu lintas, dan beban gempa. Namun pada saat konstruksi yang ditinjau hanya beban perkerasan dan beban gempa, sedangkan paska konstruksi yang ditinjau beban perkerasan, beban lalu lintas dan beban gempa.

Data perkerasan yang digunakan adalah 10 kN/m^2 yang diperoleh dari data sekunder. Sementara beban lalu lintas yang digunakan sebesar 15 kN/m^2 .

5.3 Analisis Stabilitas Timbunan Tanah Eksisting Menggunakan Plaxis 8.2

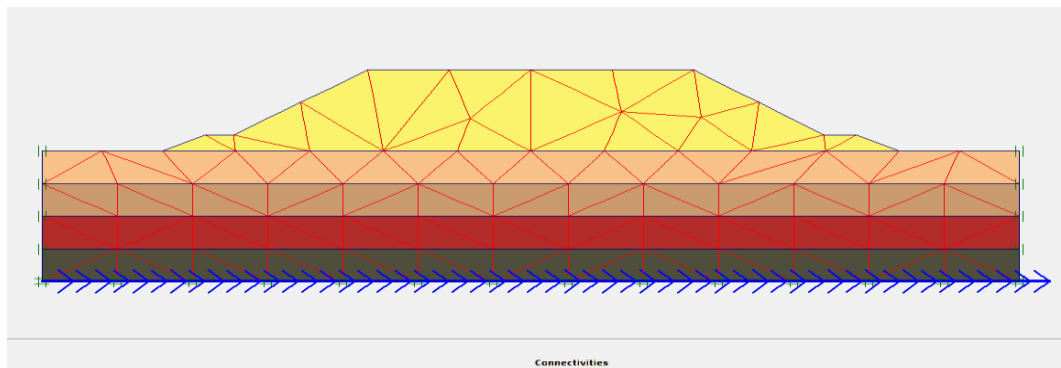
Pada penelitian ini analisis dengan stabilitas timbunan yang dilakukan pada tanah eksisting menggunakan program plaxis 8.2 dengan variasi tinggi timbunan yang di uji adalah 6 m, 7 m, dan 10 m dengan kondisi pemodelan yang berbeda yaitu timbunan tanpa menggunakan perkuatan, timbunan menggunakan perkuatan dengan menggunakan perkuatan geotekstil, jika terjadi collaps pada tinggi timbunan yang diteliti di hitung menggunakan metode fellenius sehingga di dapatkan nilai SF, hitung kebutuhan geotekstinya. Beban yang diperhitungkan dalam pemodelan analisis stabilitas timbunan ini untuk beban merata yang digunakan adalah sebesar 25 KN/m^2 . Hasil analisis yang di tampilkan adalah timbunan 6 m, 7 m, 10 m dapat dilihat pada lampiran di bawah ini.

Pemodelan timbunan dibuat berdasarkan dengan kondisi eksisting dilapangan dan dibuat sesuai dengan tinggi timbunan yang direncanakan. Berikut pemodelan tinggi timbunan 10 m dengan menggunakan program plaxis 8.2 dapat dilihat pada Gambar 5.2



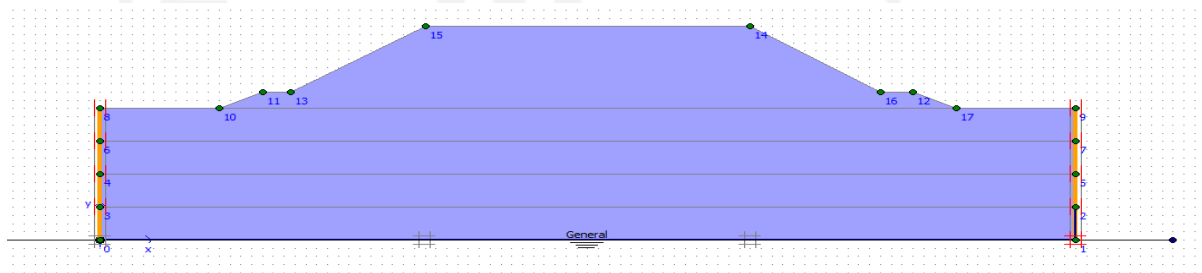
Gambar 5.2 Permodelan Timbunan 10m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Setelah melakukan pemodelan tahap selanjutnya adalah generate meshing, dengan tingkat kekerasan yang digunakan adalah level medium. Hasil dari generate mesh dapat dilihat pada Gambar 5.3 dibawah ini



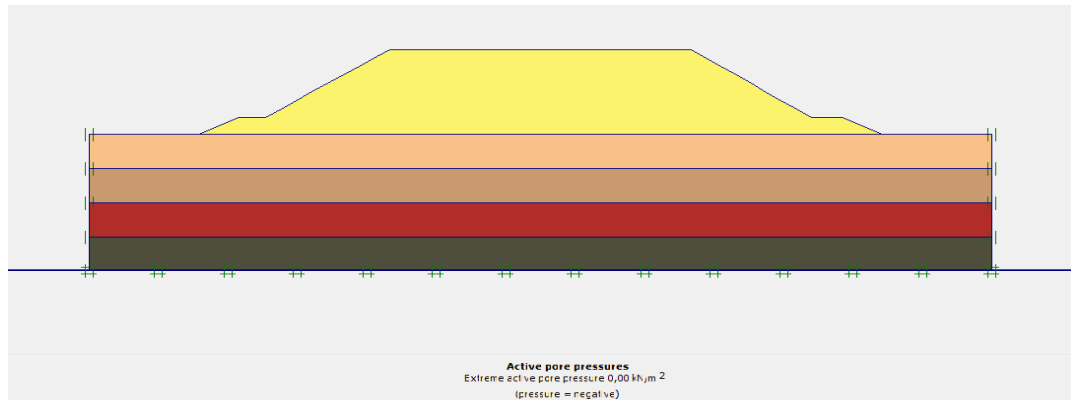
Gambar 5.3 Permodelan Generate Mesh Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk kedalam pemodelan Initial Condition. Untuk pemodelan gambar initial condition dapat dilihat pada Gambar 5.4 dibawah ini.



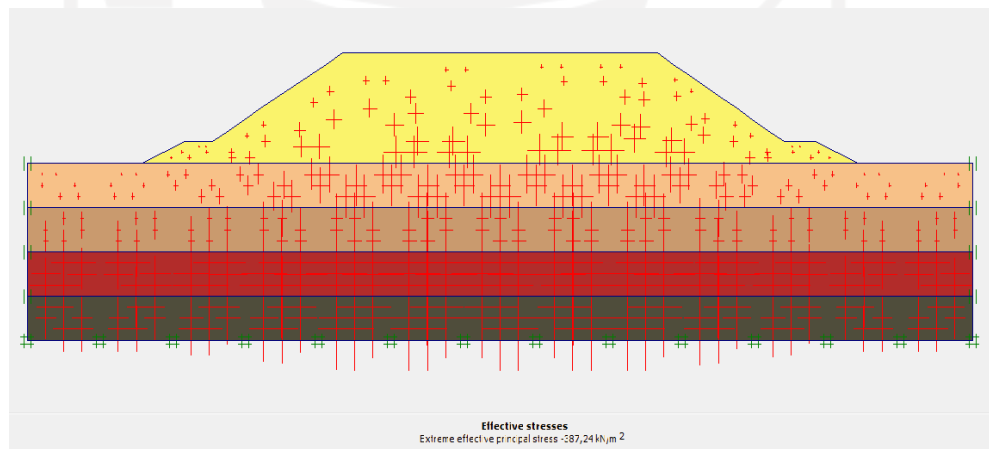
Gambar 5.4 Permodelan Initial Condition Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Setelah masuk ke tahap initial condition masuk ke tahap generate water bisa dilihat pada Gambar 5.5 dibawah ini



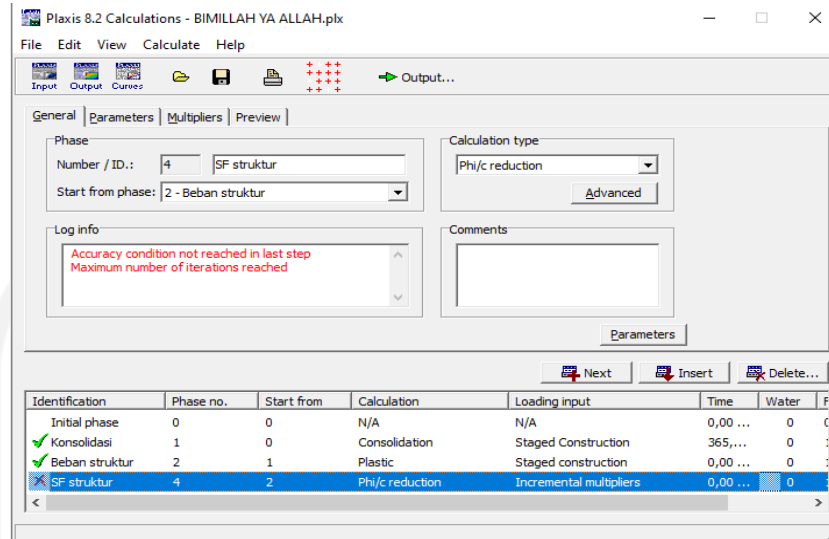
Gambar 5.5 Permodelan Generate Water Pressures Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Lalu dilanjutkan dengan masuk ketahap selanjutnya yaitu generate initial stressse bisa dilihat pada Gambar 5.6 dibawah ini.



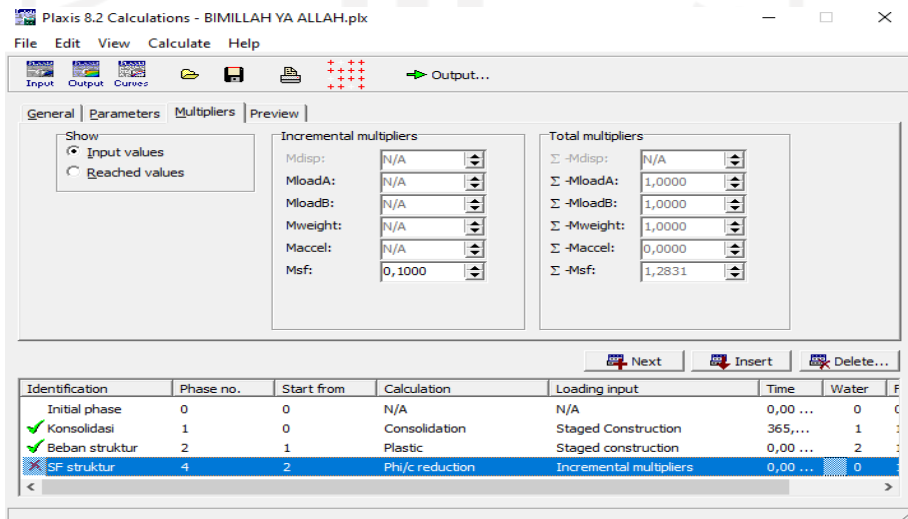
Gambar 5.6 Permodelan Generate Initial Stresses Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Selanjutnya adalah masuk ketahap kalkulasi untuk mendapatkan nilai SF yang dibutuhkan, bisa dilihat pada Gambar 5.7 dibawah ini



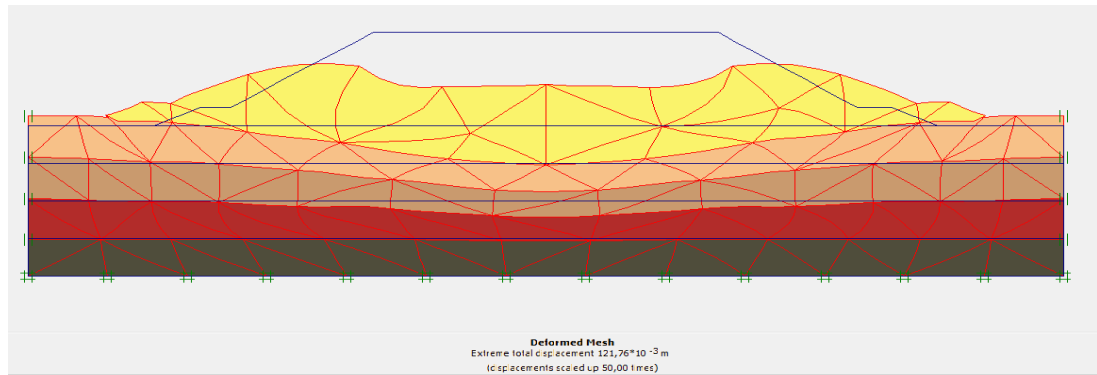
Gambar 5.7 Kalkulasi Perhitungan Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Setelah melakukan tahap kalkulasi didapatkan nilai SF kurang dari nilai angka aman, bisa dilihat pada Gambar 5.8 dibawah ini.



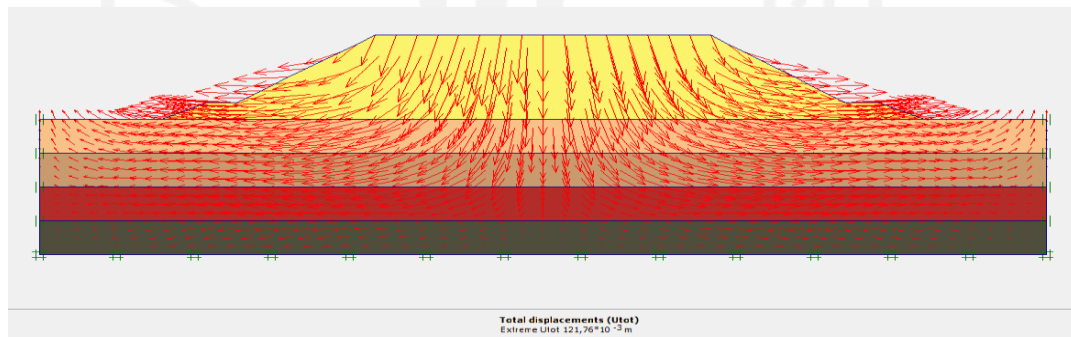
Gambar 5.8 Nilai SF Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap deformed mesh, tahap deformed mesh dilakukan untuk melihat penurunan tanah yang terjadi, bisa dilihat pada Gambar 5.9 dibawah ini.



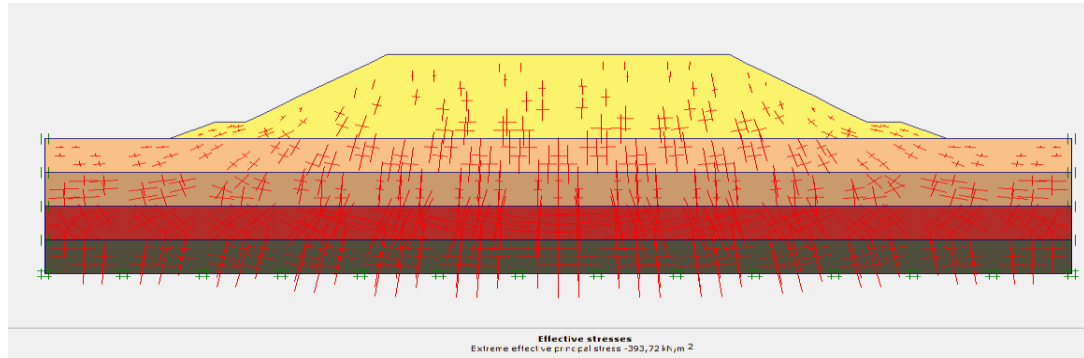
Gambar 5.9 Deformed Mesh Konsolidasi Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap total displacement untuk melihat hasil penurunan yang terjadi pada timbunan, bisa dilihat pada Gambar 5.10 di bawah ini.



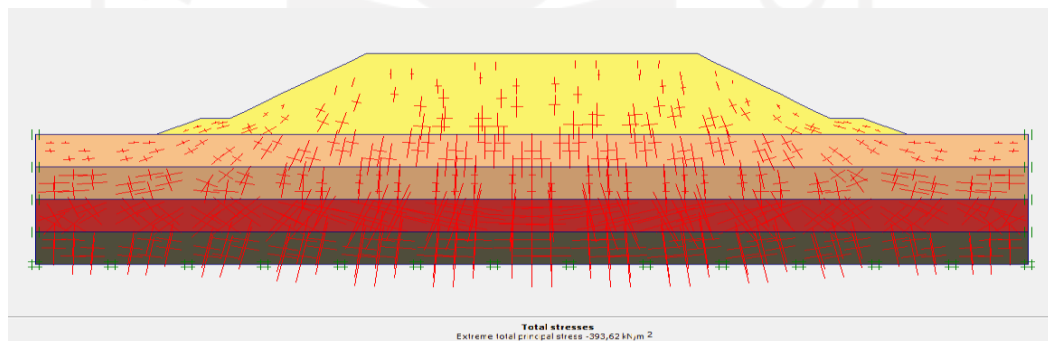
Gambar 5.10 Total Displacement Konsolidasi Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Plaxis 8.2

Tahap berikutnya adalah masuk ke tahap effective stresses untuk melihat hasil tegangan stress yang terjadi pada timbunan, dapat dilihat pada Gambar 5.11 dibawah ini.



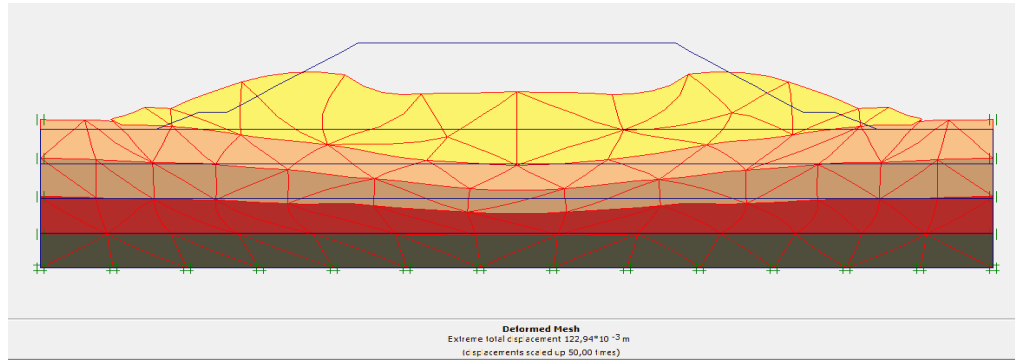
Gambar 5.11 Effective Stresses Konsolidasi Timbunan 10 Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap total stresses untuk melihat hasil yang terjadi pada timbunan yang di tinjau, bisa dilihat pada Gambar 5.12 dibawah ini.



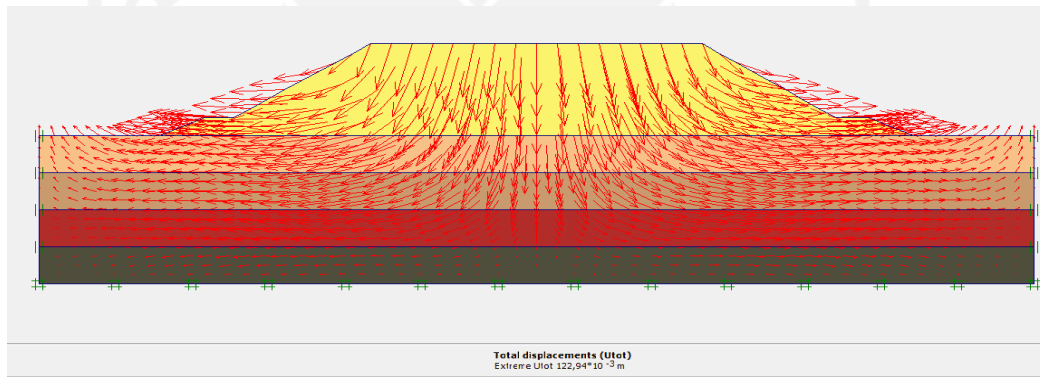
Gambar 5.12 Total Stresses Konsolidasi Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Plaxis 8.2

Tahap berikutnya adalah masuk ketahap deformed mesh beban struktur yang terjadi pada timbunan yang di tinjau agar mengetahui nilai yang dihasilkan bisa dilihat pada Gambar 5.13 dibawah ini.



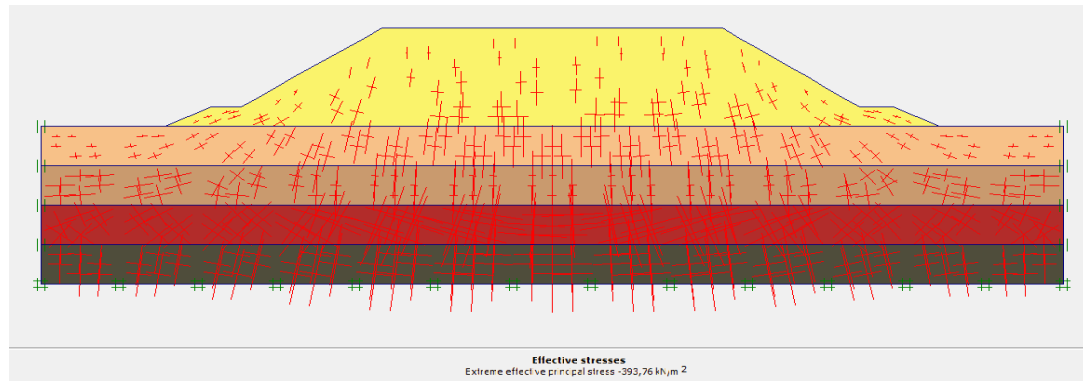
Gambar 5.13 Deformed Mesh Beban Struktur Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya adalah masuk ketahap total displacement beban struktur yang terjadi pada timbunan yang di tinjau, dapat dilihat pada Gambar 5.14 dibawah ini.



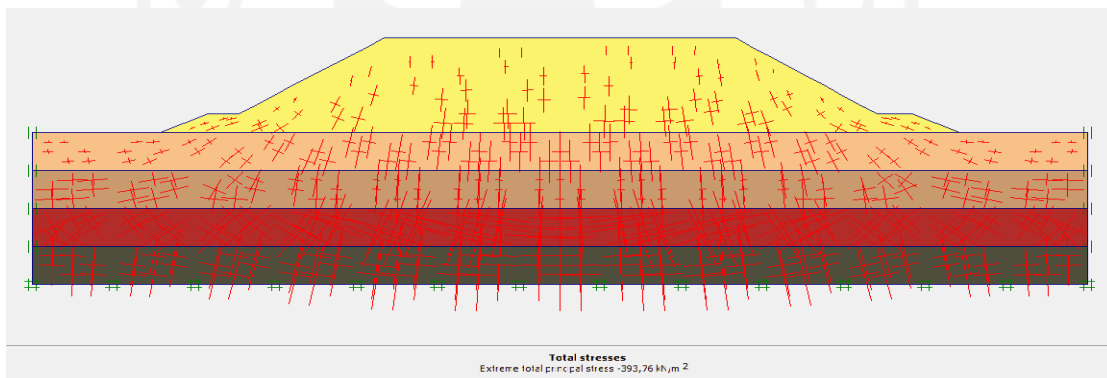
Gambar 5.14 Total Displacement Beban Struktur Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Plaxis 8.2

Tahap selanjutnya adalah masuk ketahap effective stresses beban struktur untuk melihat hasil yang dihasilkan dari plaxis, bisa dilihat pada Gambar 5.15 dibawah ini.



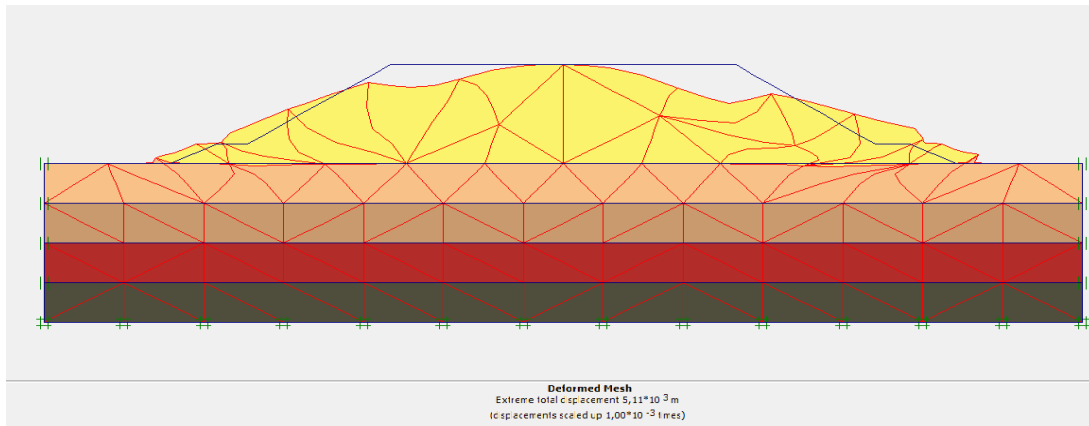
Gambar 5.15 Effective Stresses Beban Struktur Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya adalah masuk ketahap total stresses beban struktur untuk melihat hasil yang dihasilkan dari plaxis, bisa dilihat pada Gambar 5.16 dibawah ini.



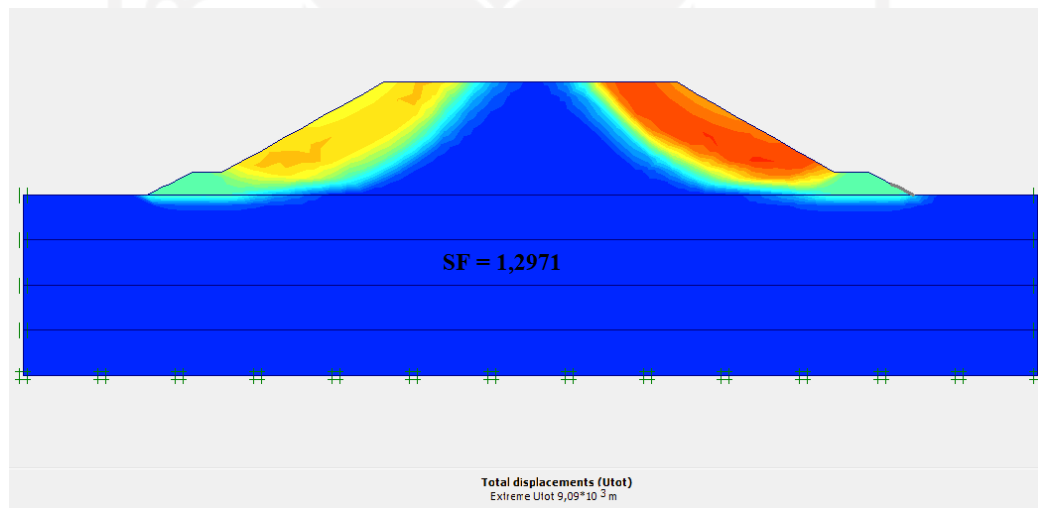
Gambar 5.16 Total Stresses Beban Struktur Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Plaxis 8.2

Tahap selanjutnya adalah masuk ke tahap deformed mesh sf untuk melihat hasil dari program plaxis, bisa dilihat pada Gambar 5.17 dibawah ini.



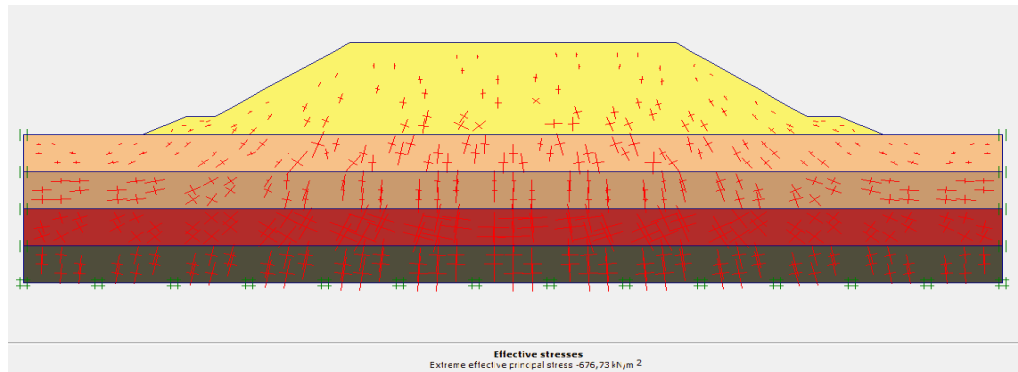
Gambar 5.17 Deformed Mesh SF Struktur Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap bidang longsor timbunan untuk mengetahui nilai penurunan yang terjadi, dapat dilihat pada Gambar 5.18 berikut.



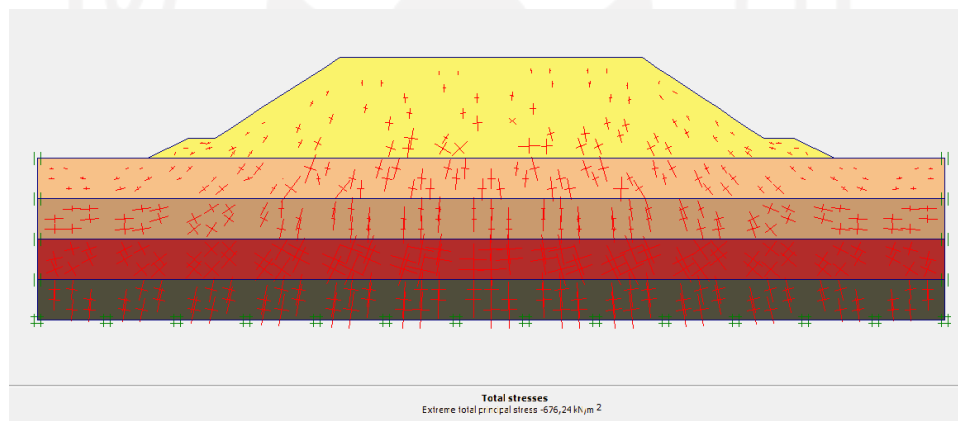
Gambar 5.18 Bidang Longsor Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Plaxis 8.2

Tahap selanjutnya adalah masuk ke tahap effective stresses timbunan untuk mengetahui nilai tegangan stress yang terjadi, bisa dilihat pada Gambar 5.19 berikut.



Gambar 5.19 Effective Stresses Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap total stresses timbunan yang terjadi pada timbunan tersebut, dapat dilihat pada Gambar 5.20 berikut.



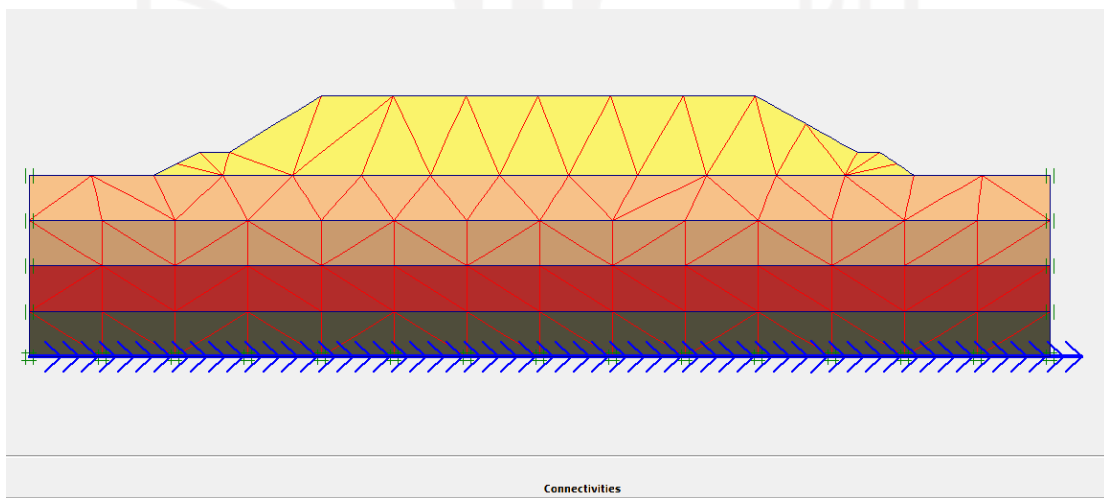
Gambar 5.20 Total Stresses Timbunan 10 m Tanpa Perkuatan Dengan Menggunakan Plaxis 8.2

Berikut pemodelan tinggi timbunan 7 m dengan menggunakan program plaxis 8.2 dapat dilihat pada Gambar 5.21.



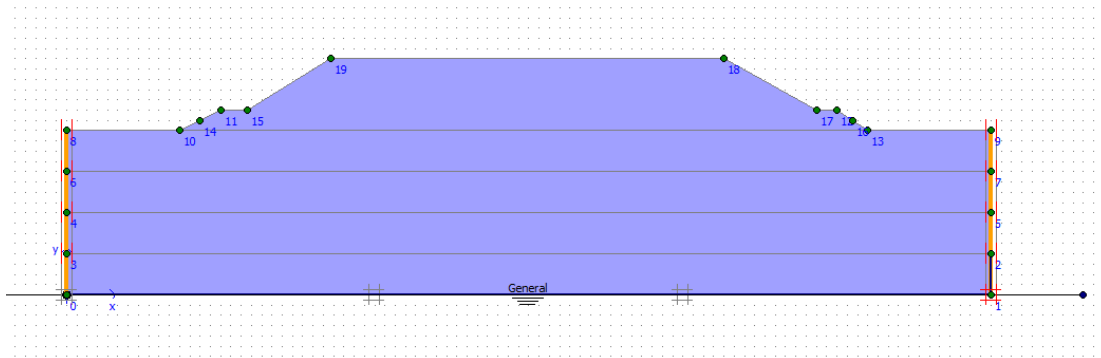
Gambar 5.21 Permodelan Timbunan 7 m Tanpa perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Setelah melakukan pemodelan tahap selanjutnya adalah generate meshing, dengan tingkat kekerasan yang digunakan adalah level medium. Hasil dari generate mesh dapat dilihat pada Gambar 5.22 dibawah ini



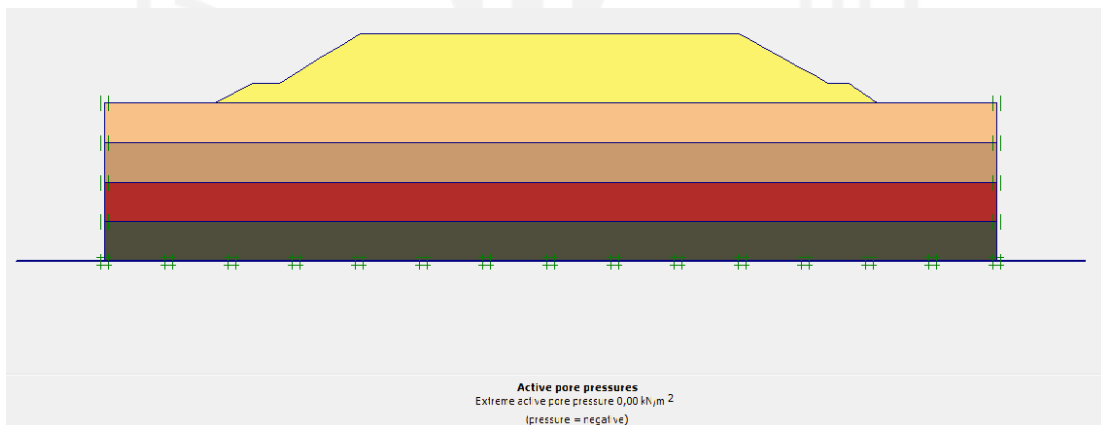
Gambar 5.22 Permodelan Generated Mesh Timbunan 7 m Tanpa perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk kedalam pemodelan Initial Condition. Untuk pemodelan gambar initial condition dapat dilihat pada Gambar 5.23 dibawah ini.



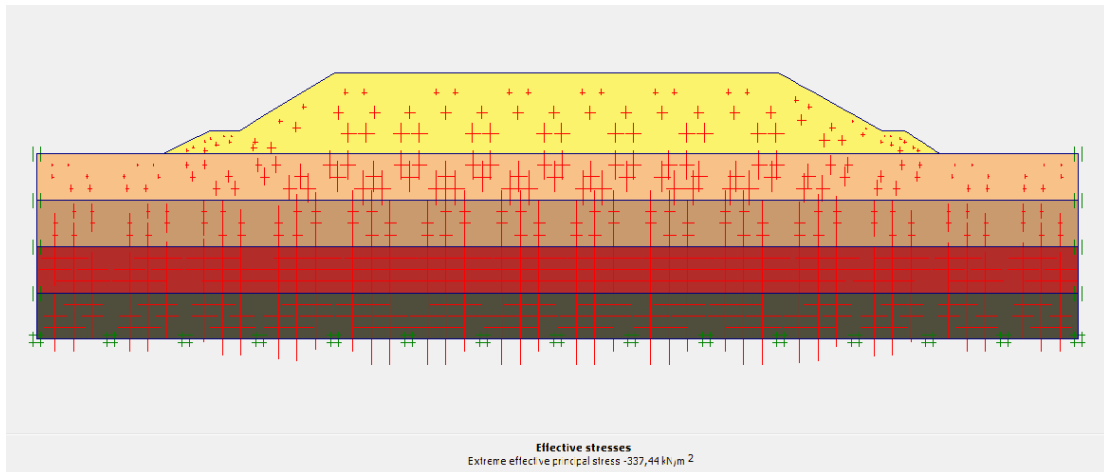
Gambar 5.23 Permodelan Initial Condition Timbunan 7 m Tanpa perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Setelah masuk ke tahap initial condition masuk ke tahap generate water bisa dilihat pada Gambar 5.24 dibawah ini



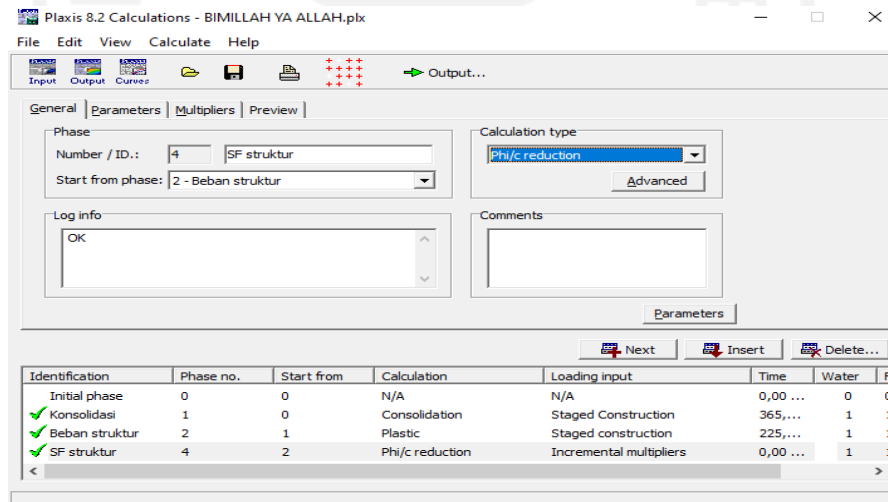
Gambar 5.24 Permodelan Generated Water Pressures Timbunan 7 m Tanpa perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Lalu dilanjutkan dengan masuk ketahap selanjutnya yaitu generate initial stresse bisa dilihat pada Gambar 5.25 dibawah ini.



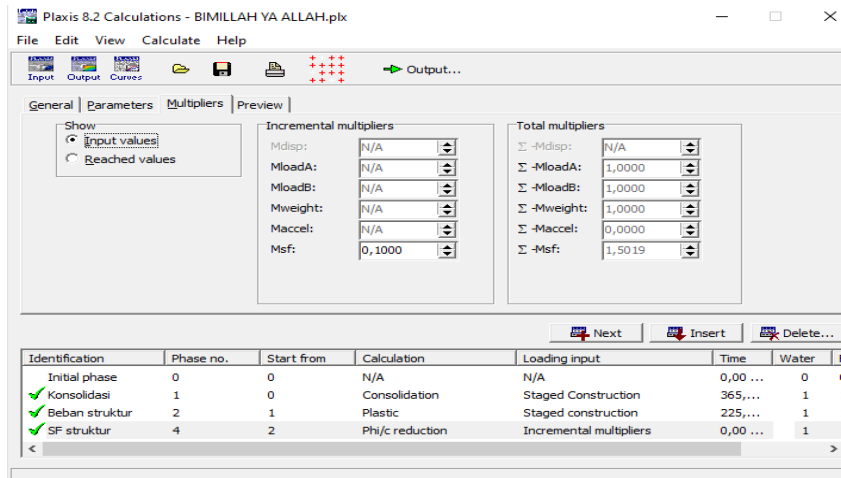
Gambar 5.25 Permodelan Generate Initial Stresses Timbunan 7 m Tanpa perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Selanjutnya adalah masuk ketahap kalkulasi untuk mendapatkan nilai SF yang dibutuhkan, bisa dilihat pada Gambar 5.26 dibawah ini



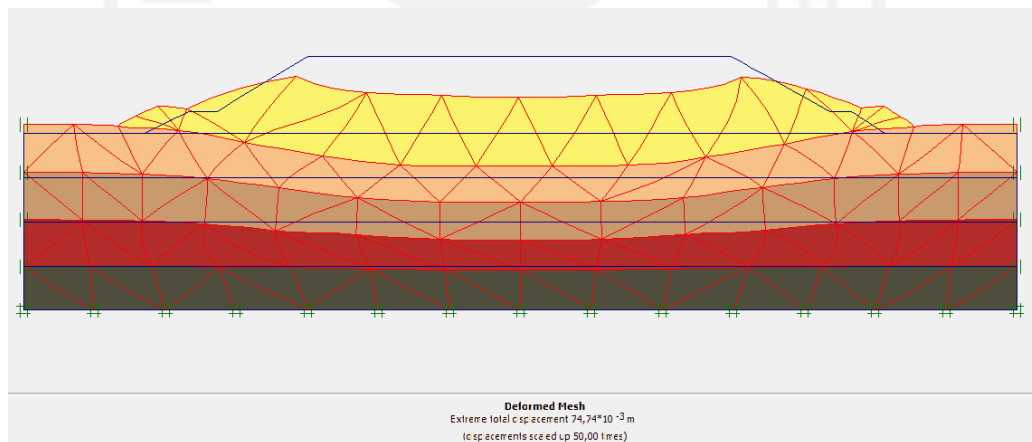
Gambar 5.26 Kalkulasi Perhitungan Timbunan 7 m Tanpa perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Setelah melakukan tahap kalkulasi didapatkan nilai SF kurang dari nilai angka aman, bisa dilihat pada Gambar 5.27 dibawah ini.



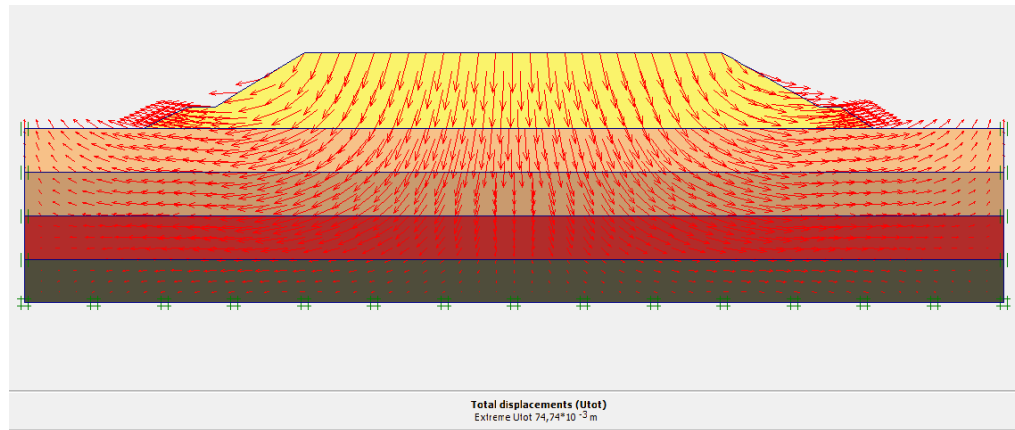
Gambar 5.27 Nilai SF Timbunan 7 m Tanpa perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap deformed mesh, tahap deformed mesh dilakukan untuk melihat penurunan tanah yang terjadi, bisa dilihat pada Gambar 5.28 dibawah ini.



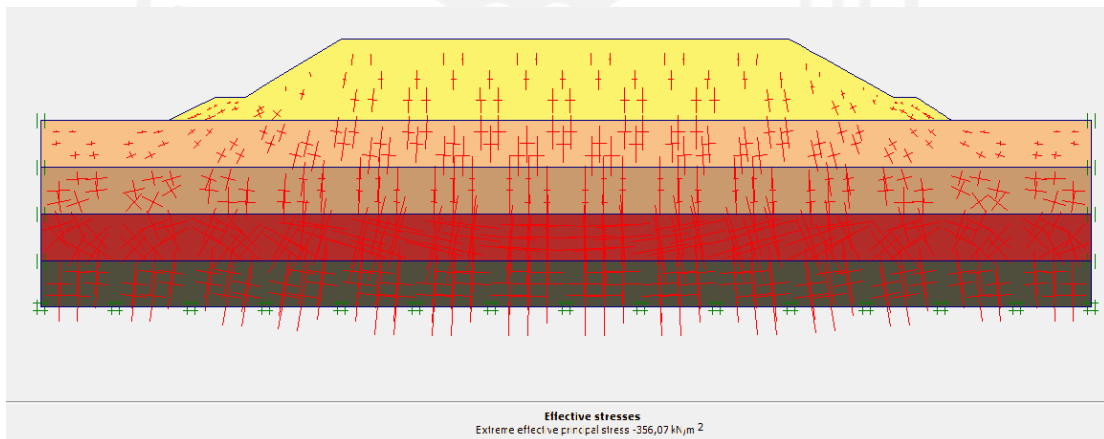
Gambar 5.28 Deformed Mesh Konsolidasi Timbunan 7 m Tanpa perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap total displacement untuk melihat hasil penurunan yang terjadi pada timbunan, bisa dilihat pada Gambar 5.29 di bawah ini.



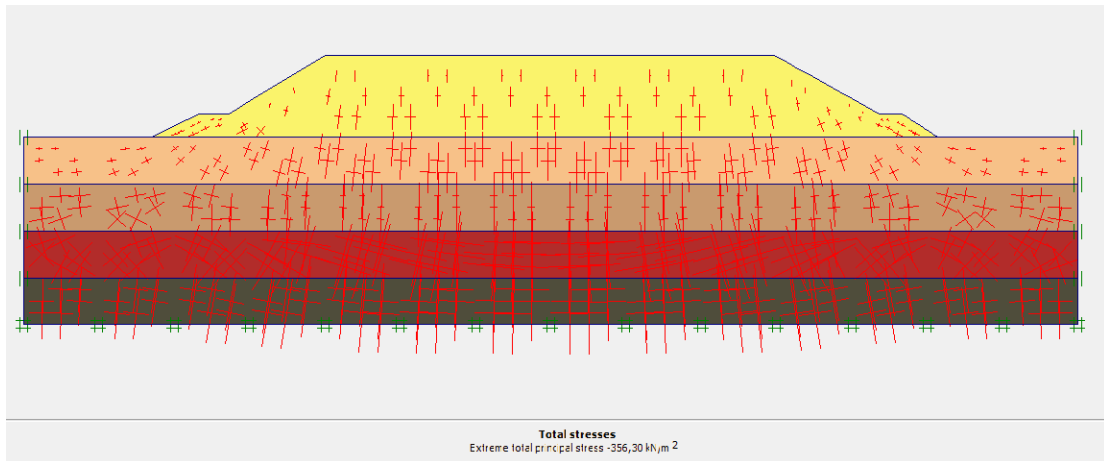
**Gambar 5.29 Total Displacement Konsolidasi Timbunan 7 m Tanpa perkuatan
Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2**

Tahap berikutnya adalah masuk ke tahap effective stresses untuk melihat hasil tegangan stress yang terjadi pada timbunan, dapat dilihat pada Gambar 5.30 dibawah ini.



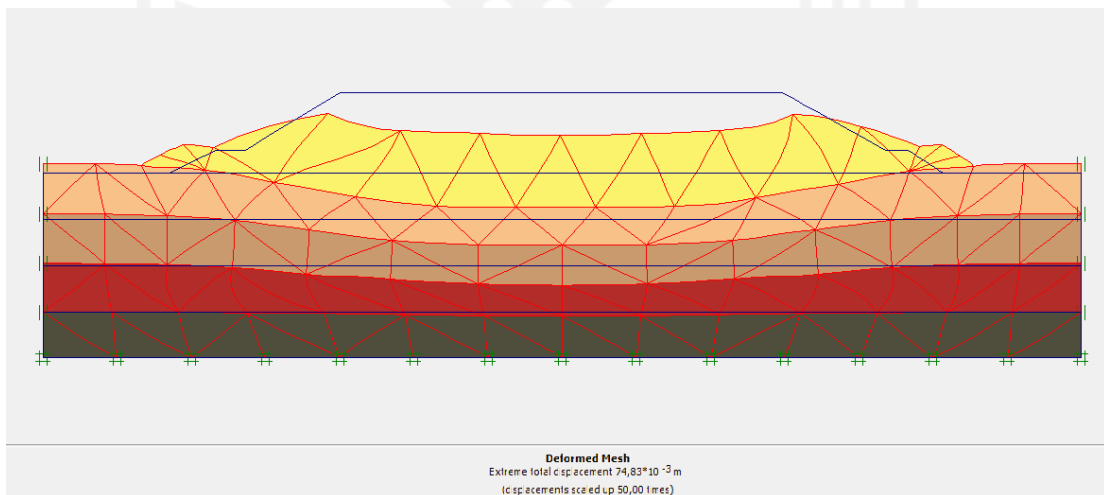
**Gambar 5.30 Effective Stresses Konsolidasi Timbunan 7 m Tanpa perkuatan
Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2**

Selanjutnya masuk ketahap total stresses untuk melihat hasil yang terjadi pada timbunan yang di tinjau, bisa dilihat pada Gambar 5.31 dibawah ini



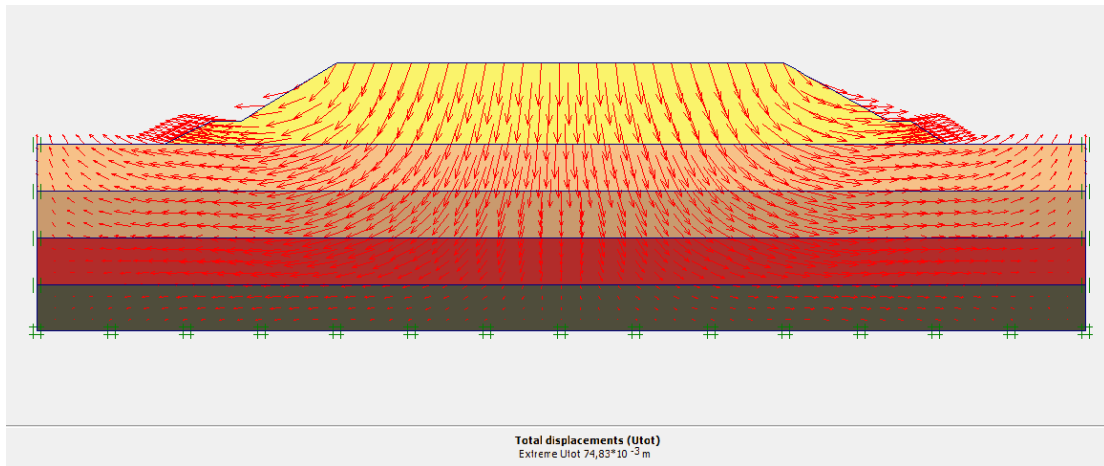
**Gambar 5.31 Total Stresses Konsolidasi Timbunan 7 m Tanpa perkuatan
Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2**

Tahap berikutnya adalah masuk ketahap deformed mesh beban struktur yang terjadi pada timbunan yang di tinjau agar mengetahui nilai yang dihasilkan bisa dilihat pada Gambar 5.32 dibawah ini.



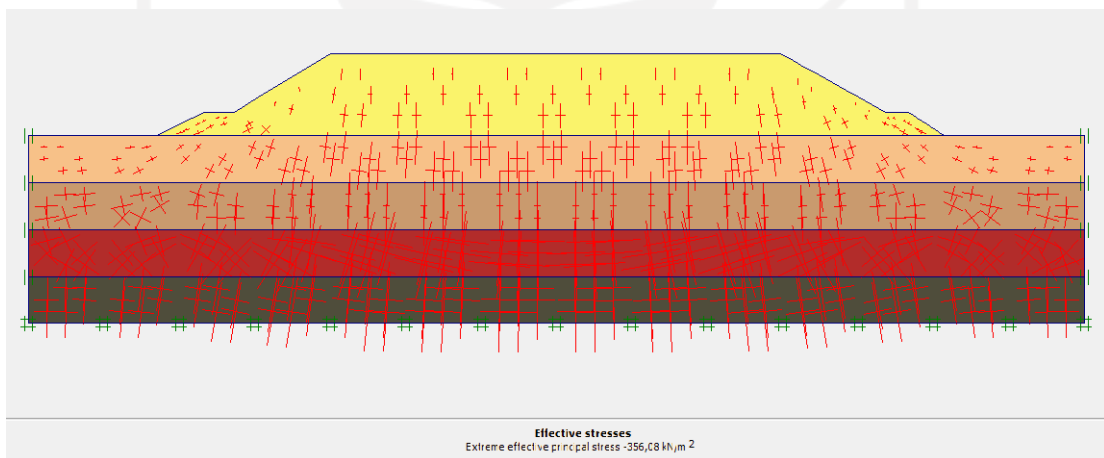
**Gambar 5.32 Deformed Mesh Beban Struktur Timbunan 7 m Tanpa perkuatan
Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2**

Selanjutnya adalah masuk ketahap total displacement beban struktur yang terjadi pada timbunan yang di tinjau, dapat dilihat pada Gambar 5.33 dibawah ini.



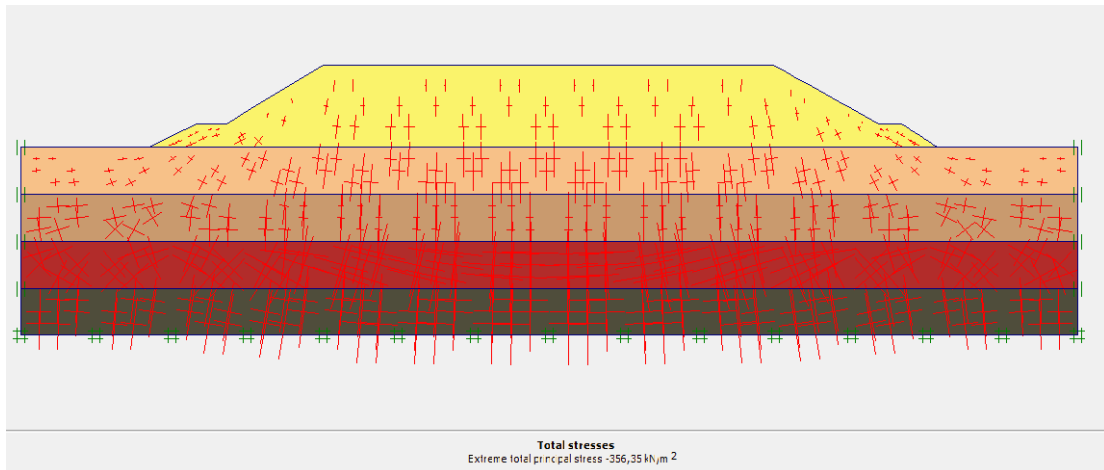
Gambar 5.33 Total Displacement Beban Struktur Timbunan 7 m Tanpa perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Selanjutnya adalah masuk ketahap total stresses beban struktur untuk melihat hasil yang dihasil kan dari plaxis, bisa dilihat pada Gambar 5.34 dibawah ini.



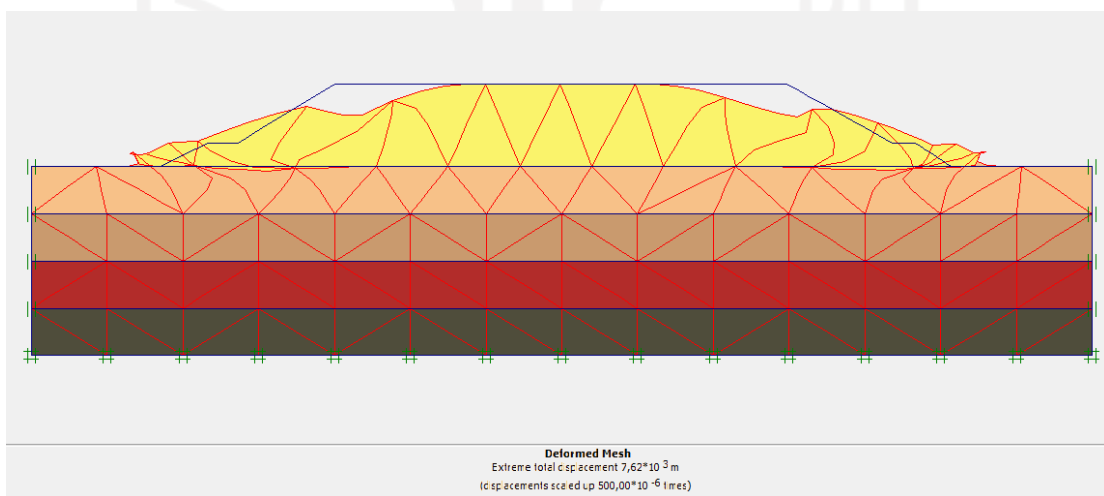
Gambar 5.34 Effective Stresses Beban Struktur Timbunan 7 m Tanpa perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Selanjutnya adalah masuk ketahap total stresses beban struktur untuk melihat hasil yang dihasil kan dari plaxis, bisa dilihat pada Gambar 5.35 dibawah ini.



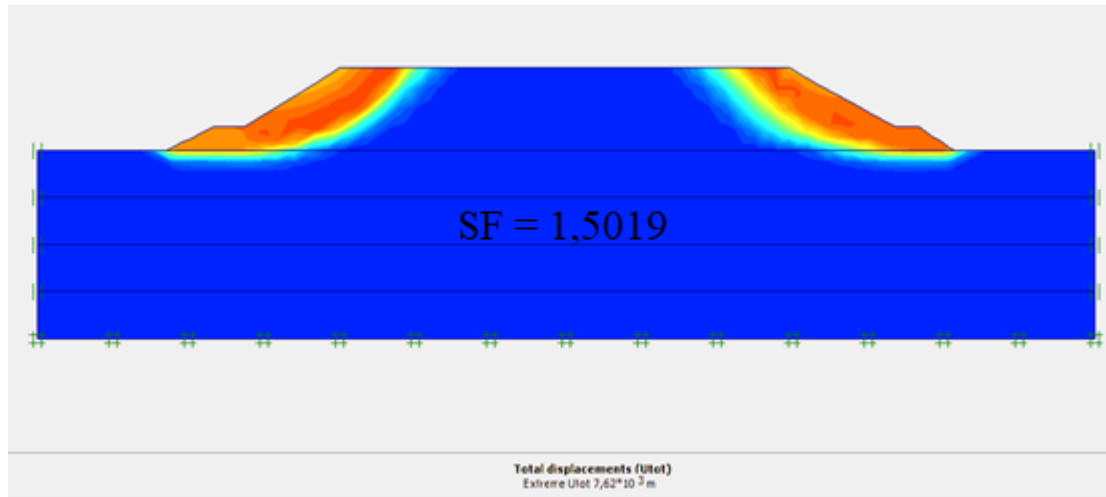
Gambar 5.35 Total Stresses Beban Struktur Timbunan 7 m Tanpa perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Tahap selanjutnya adalah masuk ke tahap deformed mesh sf untuk melihat hasil dari program plaxis, bisa dilihat pada Gambar 5.36 dibawah ini



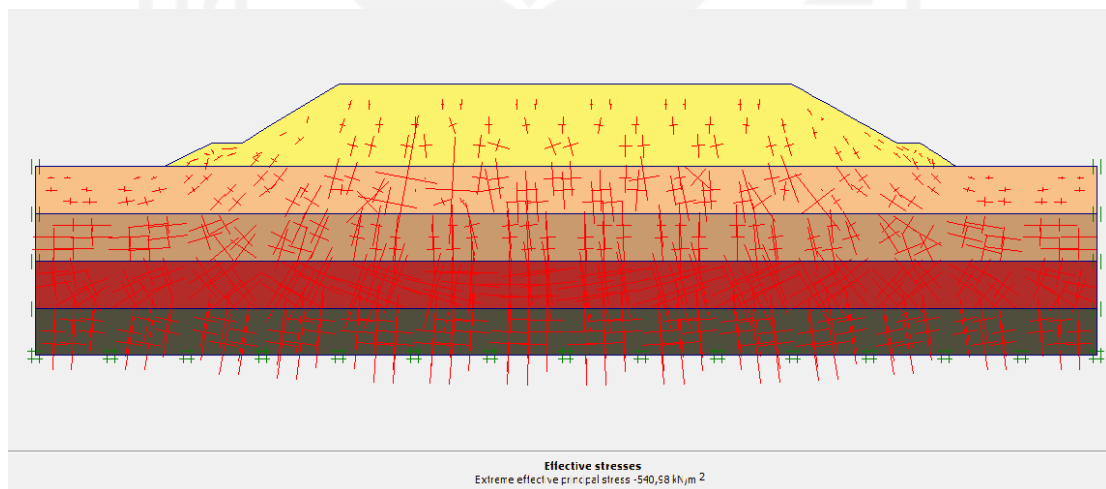
Gambar 5.36 Deformed Mesh SF Struktur Timbunan 7 m Tanpa perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap bidang longsor timbunan untuk mengetahui nilai penurunan yang terjadi, dapat dilihat pada Gambar 5.37 berikut.



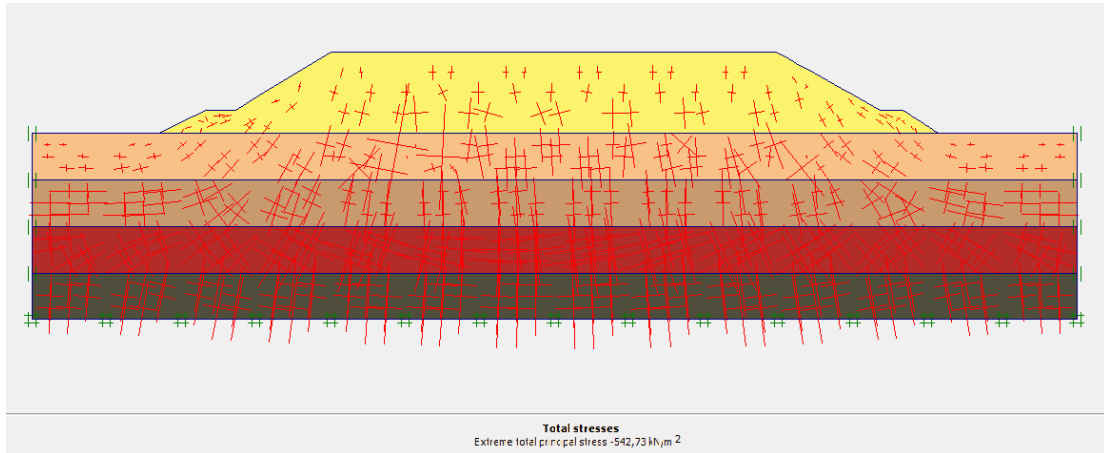
Gambar 5.37 Bidang Longsor Timbunan 7 m Tanpa perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Tahap selanjutnya adalah masuk ke tahap effective stresses timbunan untuk mengetahui nilai tegangan stress yang terjadi, bisa dilihat pada Gambar 5.38 berikut.



Gambar 5.38 Effective Stresses SF Struktur Timbunan 7 m Tanpa perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap total stresses timbunan yang terjadi pada timbunan tersebut, dapat dilihat pada Gambar 5.39 berikut.



Gambar 5.39 Total Stresses SF Struktur Timbunan 7 m Tanpa perkuatan Dengan Menggunakan Program Plaxis 8.2

Berikut hasil rekapitulasi perhitungan nilai SF dan penurunan tanah dengan menggunakan program Plaxis 8.2 pada timbunan 6m, 7m, dan 10m.

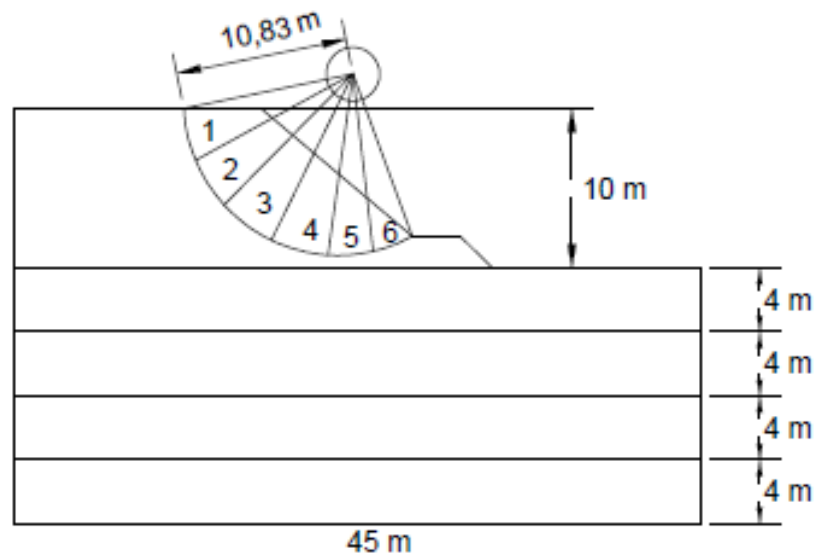
Tabel 5.3 Hasil Rekapitulasi Analisis Timbunan Tanpa Perkuatan Dengan Plaxis 8.6

Tinggi Timbunan (meter)	Safety Factor (>1,5)	Penurunan Tanah (meter)
6	1,6363	0,06384
7	1,5019	0,07483
10	collaps	0,012294

5.4 Perhitungan Manual Menggunakan Metode Fellenius

Pada saat mencari nilai SF pada analisis timbunan sebelumnya didapatkan pada timbunan dengan tinggi timbunan 10 m mengalami collaps yang akan berakibat kelongsoran pada dinding tanah maka perlu adanya perhitungan dengan menggunakan metode fellenius untuk mendapatkan nilai angka aman SF. Berikut

pemodelan untuk melakukan perhitungan manual dilihat pada Gambar 5.40 dibawah ini.



Gambar 5.40 Pemodelan timbunan dalam metode Fellenius

1. Perhitungan berat irisan tanah

Berat isiran yang terdapat beban lalu lintasnya dapat diperhitungkan dengan rumus dibawah ini

$$W_i = A_n \times B \times \gamma$$

Keterangan:

A_n = luas perpias pada timbunan

B = lebar irisan yang terkena beban

γ = gamma tanah

Dibawah ini merupakan perhitungan berat lereng tanpa perkutatan irisan 1 sampai 6

$$W_1 = A_1 \times B \times \gamma = 10,60 \times 3,5 \times 17,6 = 652,972 \text{ kN}$$

$$W_2 = A_2 \times B \times \gamma = 14,53 \times 3,5 \times 17,6 = 894,949 \text{ kN}$$

$$W3 = A3 \times B \times \gamma = 16,78 \times 3,5 \times 17,6 = 1033,771 \text{ kN}$$

$$W4 = A4 \times B \times \gamma = 15,80 \times 3,5 \times 17,6 = 972,997 \text{ kN}$$

$$W5 = A5 \times B \times \gamma = 9,93 \times 3,5 \times 17,6 = 611,614 \text{ kN}$$

$$W6 = A6 \times B \times \gamma = 4,40 \times 3,5 \times 17,6 = 271,231 \text{ kN}$$

2. Perhitungan T

$$T = Wt \times \sin \alpha = 652,972 \times \sin 17^\circ = 190,911 \text{ kN}$$

3. Perhitungan N = W x cos α

$$N = Wt \times \cos \alpha = 652,972 \times \cos 17^\circ = 624,441 \text{ kN}$$

4. Perhitungan N x tan α

$$Nt \times \tan \alpha (1) = 624,411 \times \tan 17^\circ = 110,106 \text{ kN}$$

Rekapan hasil perhitungan analisis stabilitas timbunan dengan menggunakan program Plaxis 8.2 dapat dilihat pada Tabel 5.4 dibawah ini.

Tabel 5.4 Perhitungan Manual dengan Metode Fellenius Tanpa Faktor Gempa

Pias	Luas Timbunan	B	W = bh γ	θ	N = w.cosθ	N* tan φ	T = W sin θ
1	10,60	3,5	652,972	17,000	624,441	110,106	190,911
2	14,53	3,5	894,949	17,000	855,844	150,908	261,658
3	16,78	3,5	1033,771	18,000	983,175	173,360	319,453
4	15,80	3,5	972,997	18,000	925,375	163,169	300,672
5	9,93	3,5	611,614	14,000	593,447	104,641	147,963
6	4,40	3,5	271,231	14,000	263,174	46,405	65,617
Jumlah						748,588	1286,273

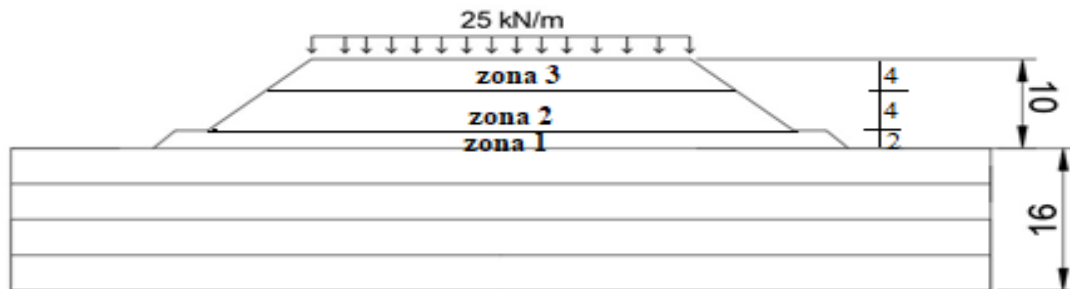
Nilai faktor keamanan dengan metode fellenius tanpa memperhatikan faktor gempa adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\text{Tahanan longsor oleh kohesi} + (N \times \tan \phi)}{T + \text{Gaya pendorong akibat beban}} \\
 &= \frac{19,59 + 748,588}{1286,273 + 1800,9475} \\
 &= 0,249 < 1,5
 \end{aligned}$$

Jadi nilai faktor keamanan yang didapat dari perhitungan di atas adalah 0,249

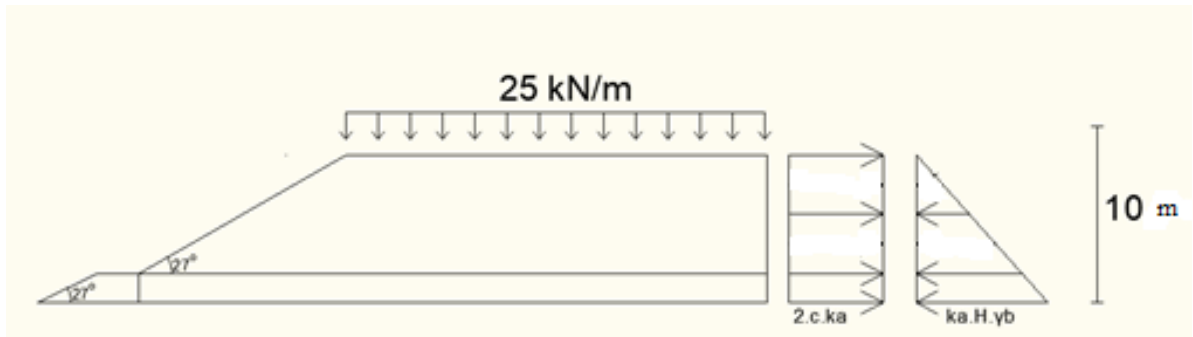
5.5 Kebutuhan Geotekstil

Dari data perhitungan sebelumnya dipakai untuk menjadi dasar dalam perhitungan geotekstil. Dalam perhitungan geotekstil timbunan yang digunakan adalah timbunan 10 meter. Untuk pemodelan zona yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5.41 dibawah ini



Gambar 5.41 Zona Pada Timbunan 10 Meter

Distribusi lateral yang terjadi pada timbunan dapat dilihat pada Gambar 5.42 dibawah ini.



Gambar 5.42 Diagram Distribusi Tekanan Lateral Pada Timbunan

Berikut adalah perhitungan kebutuhan geotekstil pada Jalan Tol Balikpapan-Samarinda STA 2+050.

1. Menghitung stabilitas internal:

a. Menghitung jumlah lapis dan jarak vertikal antar lapis

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{10}{2} \right) \\ &= 0,704 \end{aligned}$$

1) Timbunan 7 m

$$\begin{aligned} H_1 &= 7 \text{ m} \\ \Sigma hc_1 &= q \cdot K_a + K_a \cdot H_1 \cdot \gamma_b \\ &= 25 \cdot 0,704 + 0,704 \cdot 2 \cdot 17,6 \\ &= 42,3808 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SF &= 1,5 \\ S_{v1} &= \frac{T_{all}}{\sigma_{hc1} \cdot SF} \\ &= \frac{52}{42,3808 \cdot 1,5} \\ &= 0,8179 \text{ m (dipakai 1 m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lapis geotekstil} &= \frac{H_1}{S_{v1}} \\ &= \frac{7}{1} \\ &= 2 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Maka akan digunakan perkuatan geotekstil sebanyak 1 lapis

2) Timbunan 6 m

$$\begin{aligned}
 H_2 &= 6 \text{ m} \\
 \Sigma hc_2 &= q \cdot K_a + K_a \cdot H_1 \cdot \gamma b \\
 &= 25 \cdot 0,704 + 0,704 \cdot 6 \cdot 17,6 \\
 &= 91,9424 \text{ kN/m}^2 \\
 SF &= 1,5 \\
 Sv_2 &= \frac{Tall}{\sigma_{hc1} \cdot SF} \\
 &= \frac{52}{91,9424 \cdot 1,5} \\
 &= 0,337 \text{ m (dipakai 0,5 m)} \\
 \text{Jumlah lapis geotekstil} &= \frac{H1}{Sv1} \\
 &= \frac{6}{0,5} \\
 &= 12 \text{ lapis}
 \end{aligned}$$

Maka akan digunakan perkuatan geotekstil sebanyak 1 lapis

3) Timbunan 10 m

$$\begin{aligned}
 H_3 &= 10 \text{ m} \\
 \Sigma hc_3 &= q \cdot K_a + K_a \cdot H_1 \cdot \gamma b \\
 &= 25 \cdot 0,704 + 0,704 \cdot 10 \cdot 17,6 \\
 &= 141,504 \text{ kN/m}^2 \\
 SF &= 1,5 \\
 Sv_3 &= \frac{Tall}{\sigma_{hc1} \cdot SF} \\
 &= \frac{52}{141,504 \cdot 1,5} \\
 &= 0,245 \text{ m (dipakai 0,5 m)} \\
 \text{Jumlah lapis geotekstil} &= \frac{H1}{Sv1}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{10}{0,5}$$

$$= 20 \text{ lapis}$$

Maka akan digunakan perkuatan geotekstil sebanyak 2 lapis

b. Panjang minimum geotekstil

Panjang geotekstil dianalisis berdasarkan bentuk bidang longsor dengan sudut kemiringan $(45 - \frac{\varphi}{2})^\circ$.

Berikut merupakan contoh perhitungan panjang geotekstil untuk timbunan 6m, 7m, dan 10m. Nilai koefisien interface tanah terhadap geotekstil (β) = 0,6

$$Z = 1 \text{ m}$$

$$\sigma_v = \gamma b \cdot Z_1$$

$$= 17,6 \cdot 1$$

$$= 17,6 \text{ kN/m}^2$$

$$L_R = \frac{H-Z}{\tan(45 + \frac{\varphi}{2})}$$

$$= \frac{10-1}{\tan(45 + \frac{10}{2})}$$

$$= 5,803 \text{ m}$$

$$L_C = \frac{1}{\beta} \cdot \frac{\text{Tall}}{2(c + \sigma_v \cdot \tan \varphi)}$$

$$= \frac{1}{0,67} \cdot \frac{52}{2(40 + 17,6 \cdot \tan 10)}$$

$$= 1,0388 \text{ m}$$

$$L_{\text{tot}} = L_R + L_C$$

$$= 13,49 + 1,0388$$

$$= 14,5288 \text{ m}$$

Berikut merupakan hasil dari rekapitulasi perhitungan Panjang geotekstil bisa dilihat pada tabel 5.5 dibawah ini.

Tabel 5.5 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Panjang Geotekstil

ZONA	Lapis ke-i	Z(m)	Svi (m)	Sv pakai (m)	LR (m)	Lc (m)	L tot minumum	L tot pakai
1	1	1	0,8179	1	5,803	1,0388	6,8418	7
2	2	1,5	0,337	0,5	5,481	1,0388	6,5198	7
3	3	2	0,245	0,5	5,158	1,0388	6,1968	6
	4	2,5	0,245	0,5	4,836	1,0388	5,8748	6

c. Menghitung Panjang *overlapping* Geotekstil

Berikut merupakan perhitungan panjang *overlapping* geotekstil

$$\begin{aligned}
 L_0 &= \frac{1}{\beta} \frac{T_{all}}{4(c + \sigma_v \cdot \tan \phi)} \geq 1 \text{ m} \\
 &= \frac{1}{0,67} \frac{52}{4(40 + 35,2 \cdot \tan 10)} \\
 &= 0,419 \text{ m (dipakai 0,5 m)}
 \end{aligned}$$

2. Nilai stabilitas eksternal

a. Stabilitas terhadap guling

Gaya aktif akibat tanah:

$$\begin{aligned}
 E_a &= \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \gamma \cdot K_a \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 10^2 \cdot 17,6 \cdot 0,704 \\
 &= 619,52 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lengan} &= \frac{H}{3} \\
 &= \frac{10}{3} \\
 &= 3,333 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen terhadap A (M}_{\text{Atanah}}) &= E_a \cdot \text{Lengan} \\
 &= 619,52 \cdot 3,333 \\
 &= 2064,86 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Gaya aktif akibat beban merata:

$$\begin{aligned}
 E_q &= q \cdot H \cdot K_a \\
 &= 25 \cdot 10 \cdot 0,704 \\
 &= 176 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lengan} &= \frac{H}{2} \\
 &= \frac{10}{2} \\
 &= 5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen terhadap A (M}_{\text{Abeban}}) &= E_q \cdot \text{Lengan} \\
 &= 176 \cdot 5 \\
 &= 880 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total momen aktif } (\Sigma M_A) &= M_{\text{Atanah}} + M_{\text{Abeban}} \\
 &= 2064,86 + 880 \\
 &= 2944,86 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Gaya Pasif

Contoh perhitungan gaya dan momen pasif pada zona 1 sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned}
 W_{10} &= L \cdot H \cdot \gamma \\
 &= 10 \cdot 10 \cdot 17,6 \\
 &= 1760 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lengan} &= \frac{L}{2} \\
 &= \frac{10}{2} \\
 &= 5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= W_{10} \cdot \text{Lengan} \\
 &= 1760 \cdot 5 \\
 &= 8800 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\Sigma M_p}{\Sigma M_A} > 1,5 \\
 &= \frac{8800}{2944,86} \\
 &= 2,988 > 1,5 \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W7 &= L \cdot H \cdot \gamma \\
 &= 7 \cdot 7 \cdot 17,6 \\
 &= 862,4 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lengan} &= \frac{L}{2} \\
 &= \frac{7}{2} \\
 &= 3,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= W_7 \cdot \text{Lengan} \\
 &= 862,4 \cdot 3,5 \\
 &= 3018,4 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\Sigma M_p}{\Sigma M_A} > 1,5 \\
 &= \frac{3018,4}{2944,86} \\
 &= 1,025 < 1,5 \text{ (Tidak aman)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W6 &= L \cdot H \cdot \gamma \\
 &= 6 \cdot 6 \cdot 17,6 \\
 &= 633,6 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lengan} &= \frac{L}{2} \\
 &= \frac{6}{2} \\
 &= 3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= W_6 \cdot \text{Lengan} \\
 &= 633,6 \cdot 3 \\
 &= 1900,8 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\Sigma M_p}{\Sigma M_A} > 1,5 \\
 &= \frac{1900,8}{2944,86} \\
 &= 0,645 < 1,5 \text{ (Tidak aman)}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.6 Nilai factor kapasitas daya dukung tanah

ϕ	Keruntuhan Geser Umum			Keruntuhan Geser Lokal		
	Nc	Nq	$N\gamma$	Nc'	Nq'	$N\gamma'$
0	5,67	1	0	5,7	1	0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35	23,7	11,7	9
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1

Berikut ini merupakan nilai faktor kapasitas daya dukung tanah untuk timbunan 10 meter

$$N_c = 9,6$$

$$N_q = 2,7$$

$$N_\gamma = 1,2$$

1) Menghitung nilai tegangan ultimit

$$\begin{aligned}
 Q_u &= c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot L \cdot \gamma \cdot N_\gamma \\
 &= 40 \cdot 9,6 + 25 \cdot 2,7 + 0,5 \cdot 2,5 \cdot 17,6 \cdot 1,2 \\
 &= 477,9 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

a. Menghitung kuat dukung tanah yang terjadi

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{terjadi}} &= H \cdot \gamma + q \\
 &= 10 \cdot 17,6 + 25 \\
 &= 201 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga stabilitas timbunan terhadap kuat dukung adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{terjadi}} > 1,5 \\
 &= \frac{477,9}{201} > 1,5 \\
 &= 2,37 > 1,5 \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

5.6 Analisis Stabilitas Timbunan yang Diperkuat Dengan Geotekstil

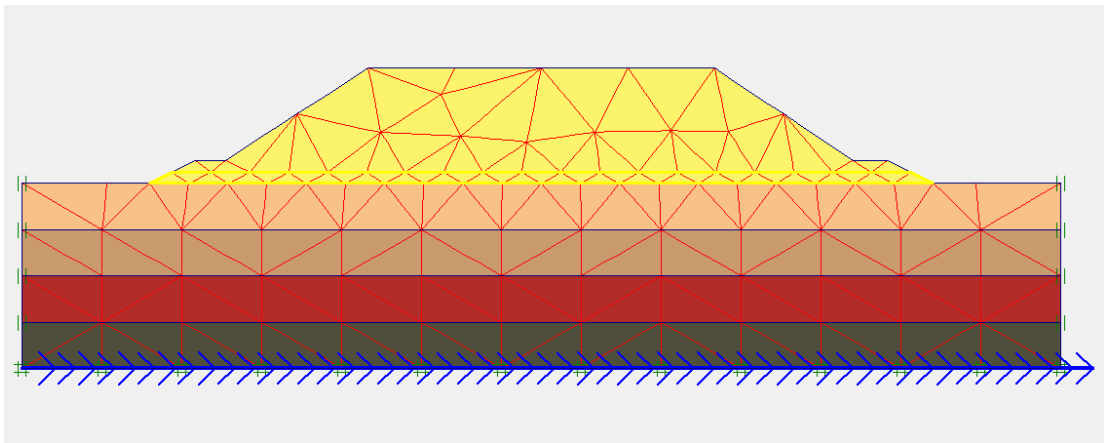
Analisis stabilitas timbunan yang diperkuat dengan geotekstil di rancang untuk membantuk timbunan yang mengalami collaps maksud dari analisis ini untuk memperkuat daya dukung tanah sebelum di perkuat. Dalam penelitian kali ini terjadi collaps pada tinggi timbunan 10 m. Maka dari tanah timbunan di pasang perkuatan geotekstil sebanyak 2 lapis dengan SV sebesar 1 m dengan jenis geotekstil berupa geogrid. Berikut tahapan pembuatan analisis dengan perkuatan geotekstil dapat di lihat pada Gambar 5.43 dibawah ini.

Berikut pemodelan tinggi timbunan 10 m dengan perkuatan geotekstil menggunakan program plaxis 8.2 dapat dilihat pada Gambar 5.43.



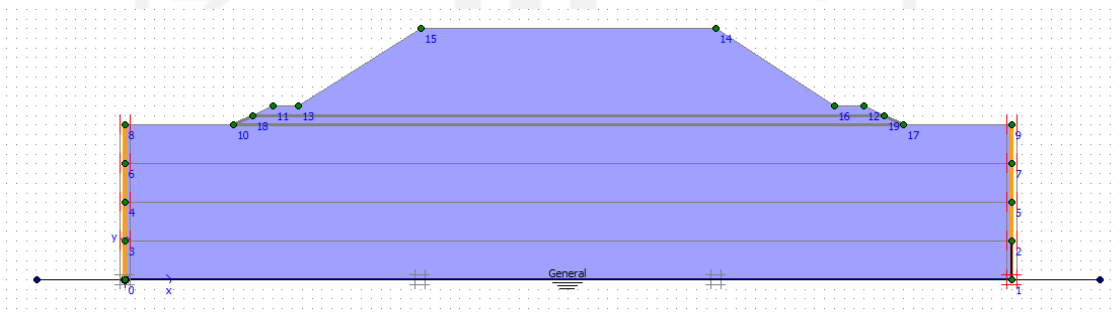
Gambar 5.44 Permodelan Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Setelah melakukan pemodelan tahap selanjutnya adalah generate meshing, dengan tingkat kekerasan yang digunakan adalah level medium. Hasil dari generate mesh dapat dilihat pada Gambar 5.44 dibawah ini



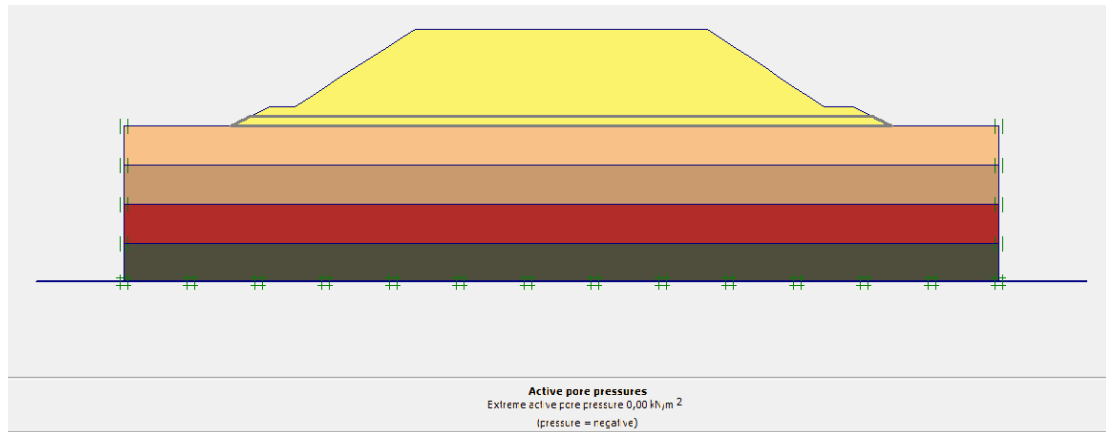
Gambar 5.45 Generate Mesh Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk kedalam pemodelan Initial Condition. Untuk pemodelan gambar initial condition dapat dilihat pada Gambar 5.45 dibawah ini.



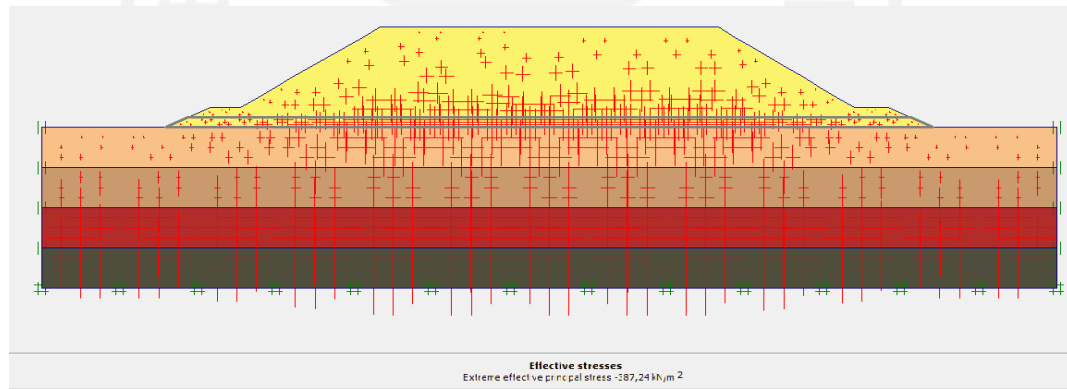
Gambar 5.46 Initial Condition Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Setelah masuk ke tahap initial condition masuk ke tahap generate water bisa dilihat pada Gambar 5.46 dibawah ini



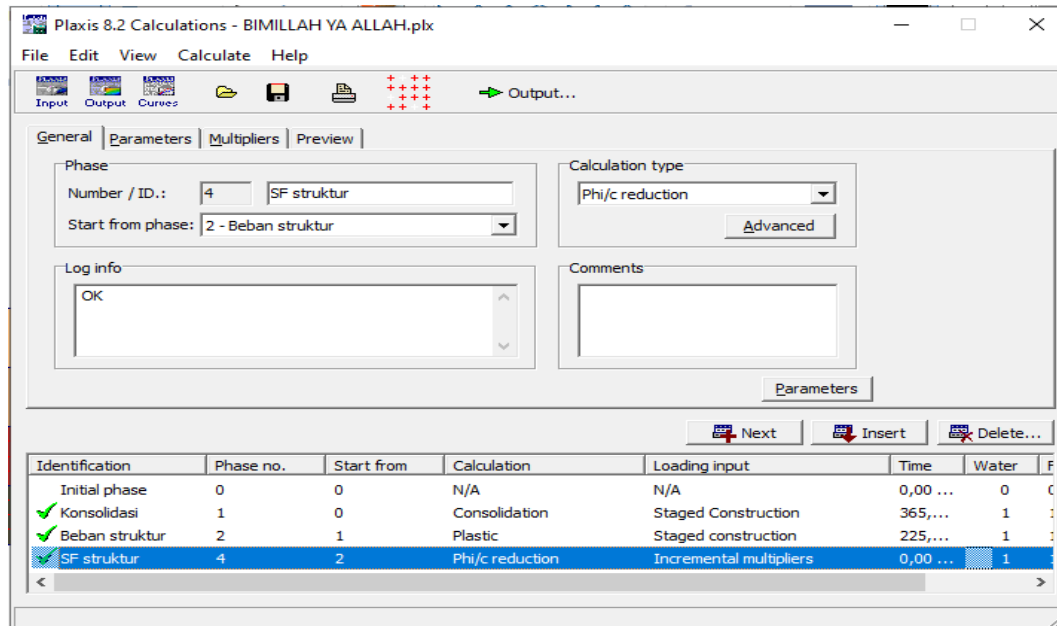
Gambar 5.47 Generate Water Pressures Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Lalu dilanjutkan dengan masuk ketahap selanjutnya yaitu generate initial stressse bisa dilihat pada Gambar 5.47 dibawah ini.



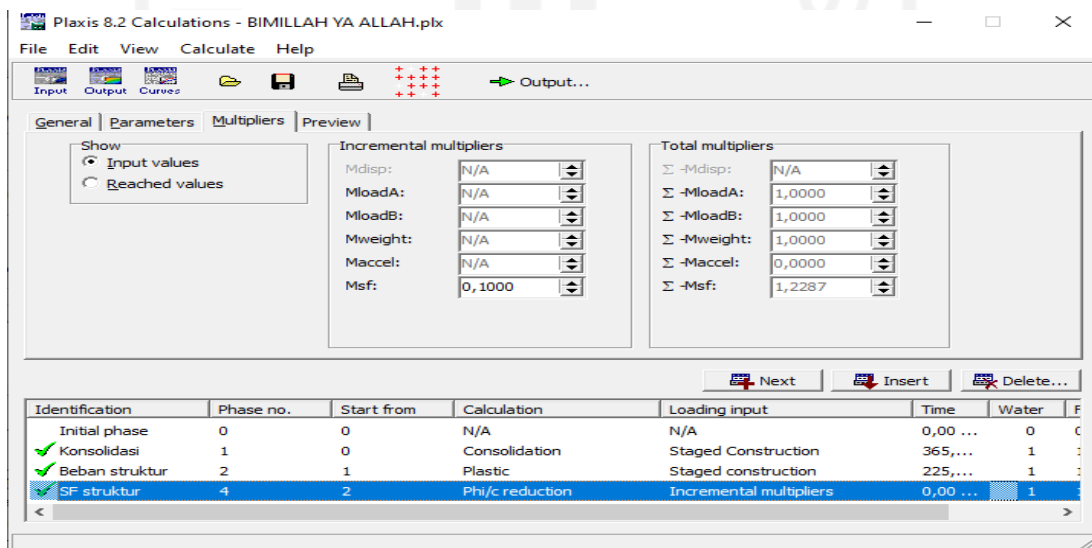
Gambar 5.48 Generate Initial Stresses Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya adalah masuk ketahap kalkulasi untuk mendapatkan nilai SF yang dibutuhkan, bisa dilihat pada Gambar 5.48 dibawah ini



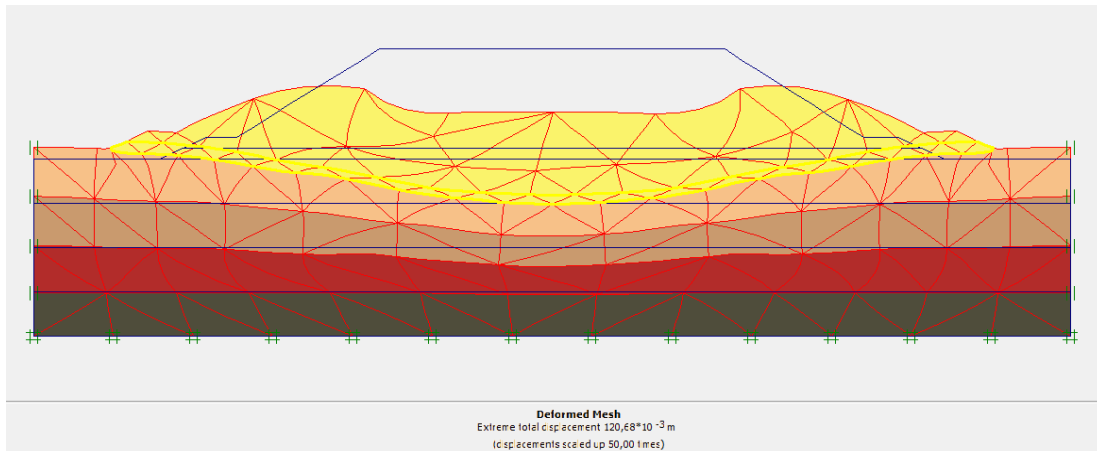
Gambar 5.49 Kalkulasi Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Setelah melakukan tahap kalkulasi didapatkan nilai SF kurang dari nilai angka aman, bisa dilihat pada Gambar 5.49 dibawah ini.



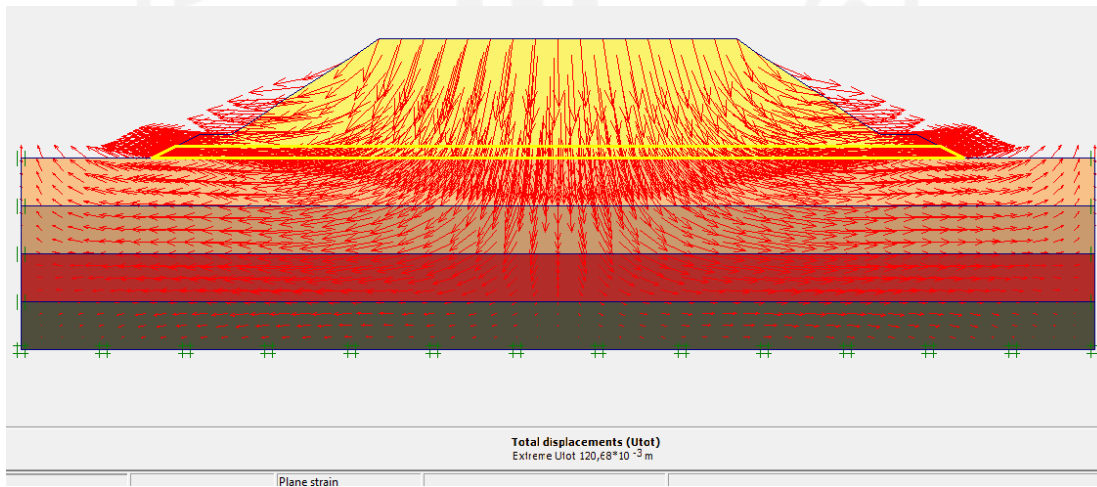
Gambar 5.50 Nilai SF Timbunan 10 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap deformed mesh, tahap deformed mesh dilakukan untuk melihat penurunan tanah yang terjadi, bisa dilihat pada Gambar 5.50 dibawah ini.



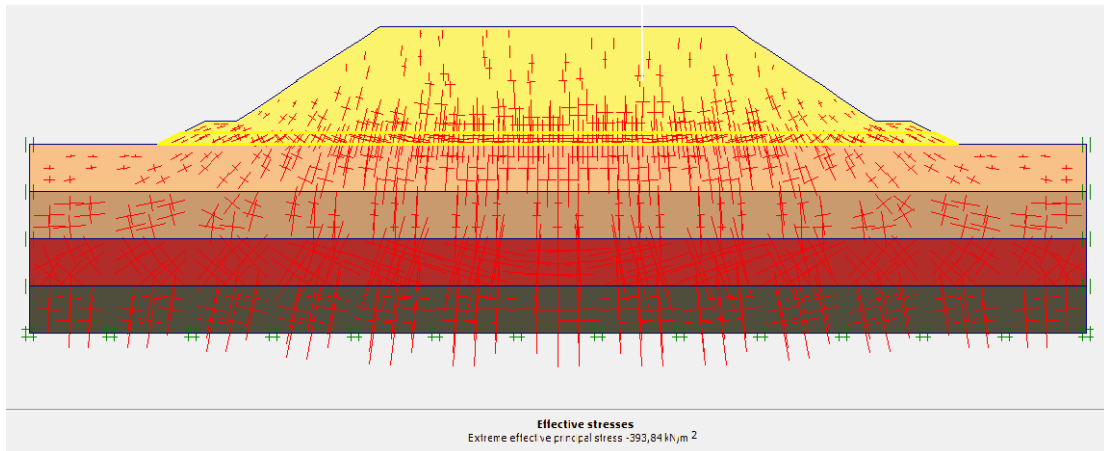
Gambar 5.51 Deformed Mesh Konsolidasi Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap total displacement untuk melihat hasil penurunan yang terjadi pada timbunan, bisa dilihat pada Gambar 5.51 di bawah ini.



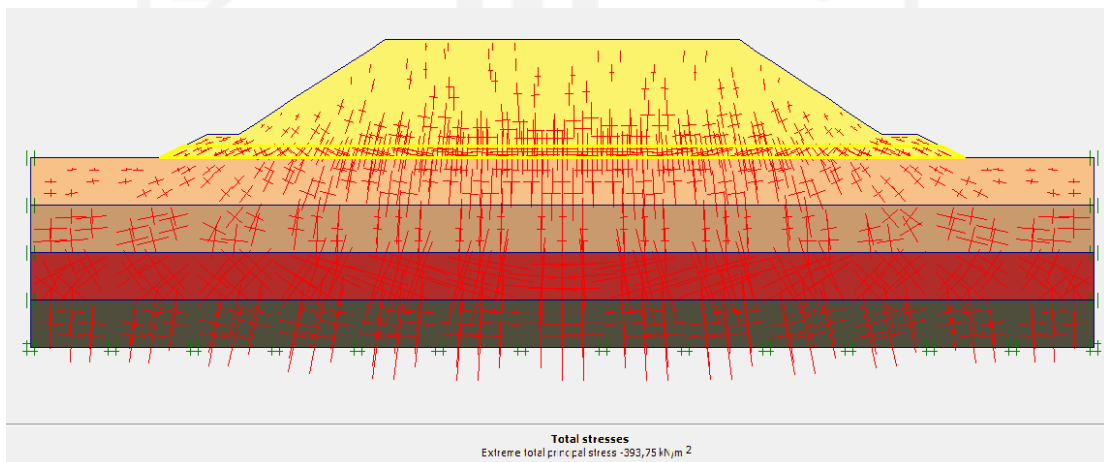
Gambar 5.52 Total Displacement Konsolidasi Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Tahap berikutnya adalah masuk ke tahap effective stresses untuk melihat hasil tegangan stress yang terjadi pada timbunan, dapat dilihat pada Gambar 5.52 dibawah ini.



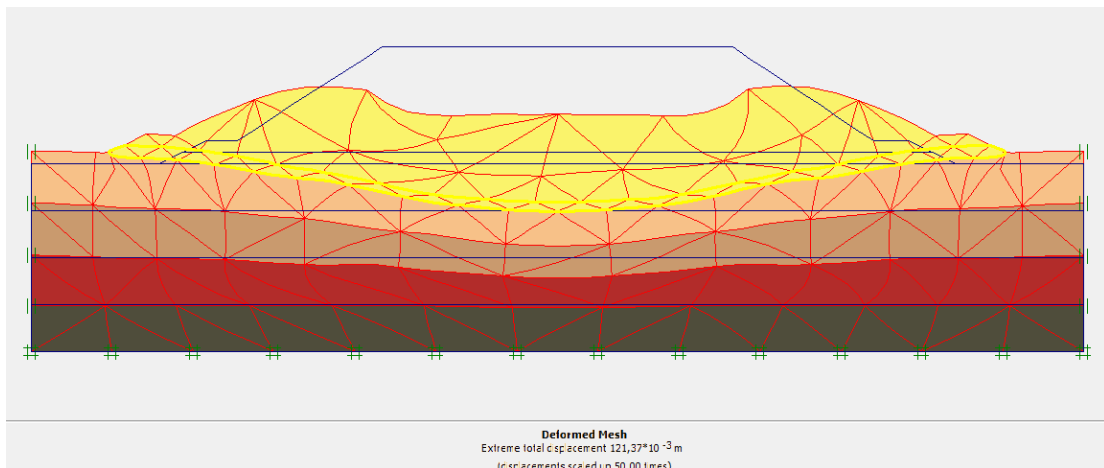
Gambar 5.53 Effective Stresses Konsolidasi Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap total stresses untuk melihat hasil yang terjadi pada timbunan yang di tinjau, bisa dilihat pada Gambar 5.53 dibawah ini



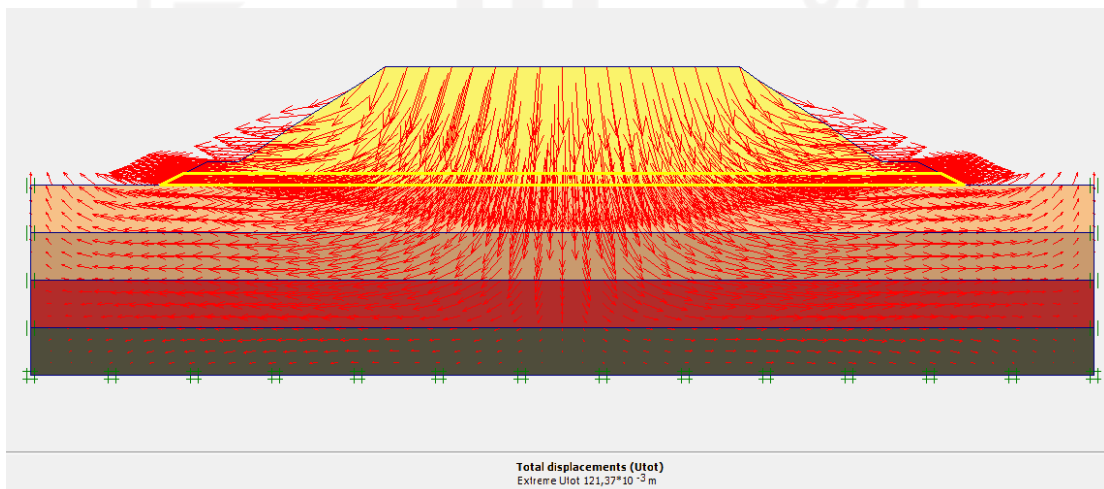
Gambar 5.54 Totol Stresses Konsolidasi Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Tahap berikutnya adalah masuk ketahap deformed mesh beban struktur yang diperkuat dengan geotekstil yang terjadi pada timbunan yang di tinjau agar mengetahui nilai yang dihasilkan bisa dilihat pada Gambar 5.54 dibawah ini.



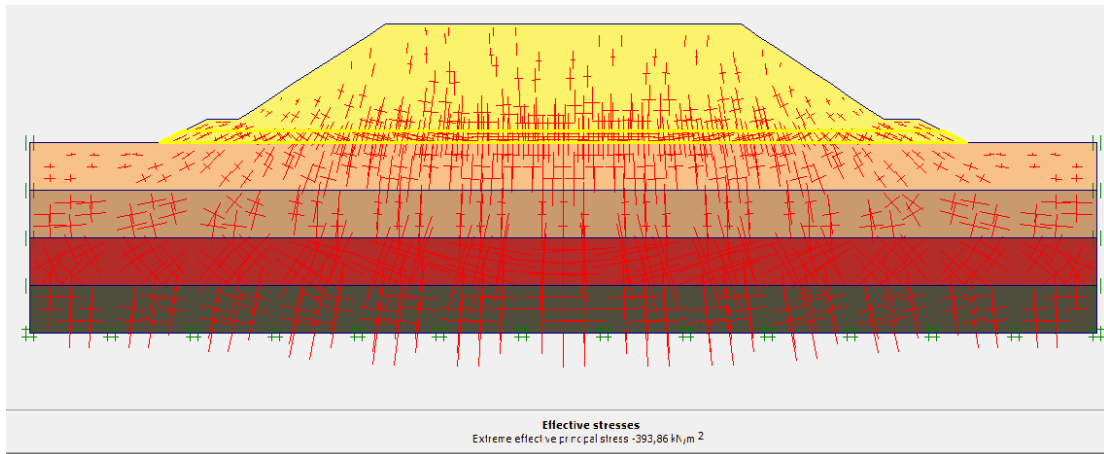
Gambar 5.55 Deformed mesh Beban Struktur Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya adalah masuk ketahap total displacement beban struktur yang terjadi pada timbunan yang di tinjau, dapat dilihat pada Gambar 5.55 dibawah ini



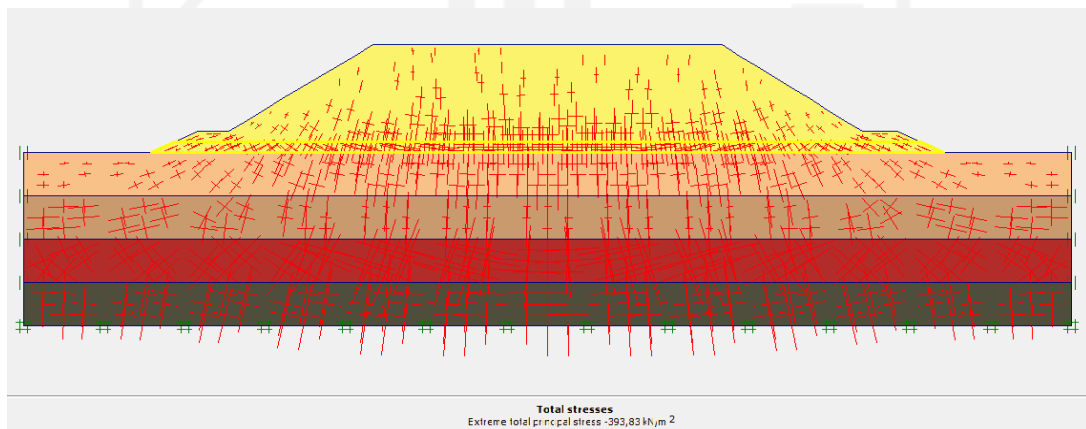
Gambar 5.56 Total Displacemen Beban Struktur Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya adalah masuk ketahap total displacement beban struktur yang terjadi pada timbunan yang di tinjau, dapat dilihat pada Gambar 5.56 dibawah ini.



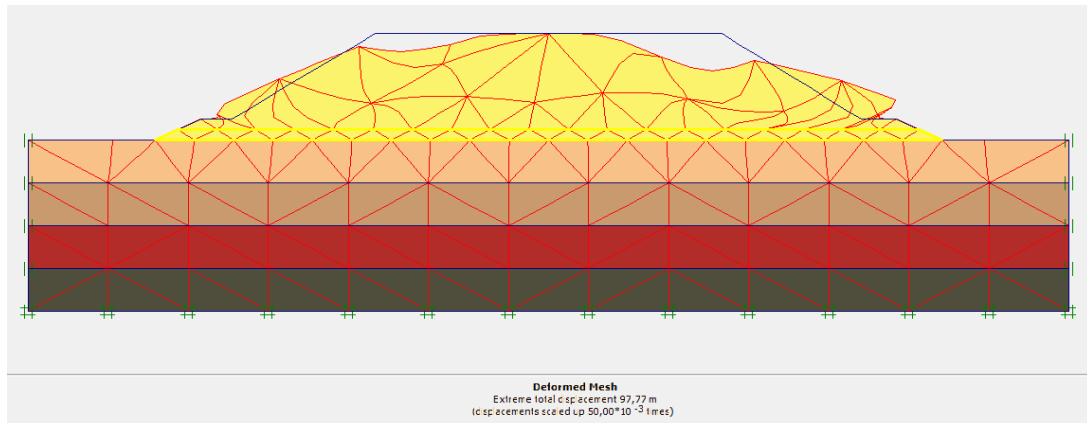
Gambar 5.57 Effective Stresses Beban Struktur Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya adalah masuk ketahap total stresses beban struktur untuk melihat hasil yang dihasil kan dari plaxis, bisa dilihat pada Gambar 5.57 dibawah ini.



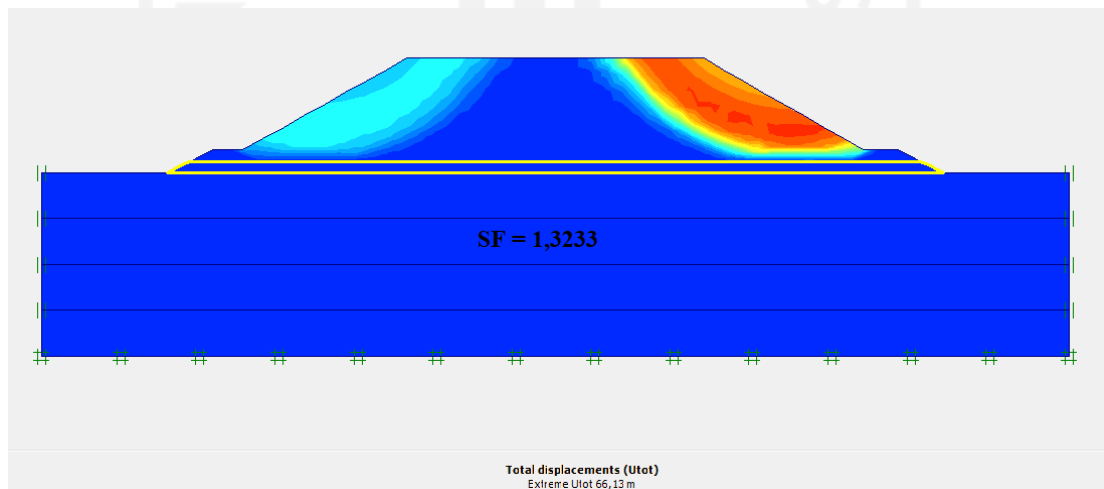
Gambar 5.58 Total Stresses Beban Struktur Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Tahap selanjutnya adalah masuk ke tahap deformed mesh sf untuk melihat hasil dari program plaxis, bisa dilihat pada Gambar 5.58 dibawah ini



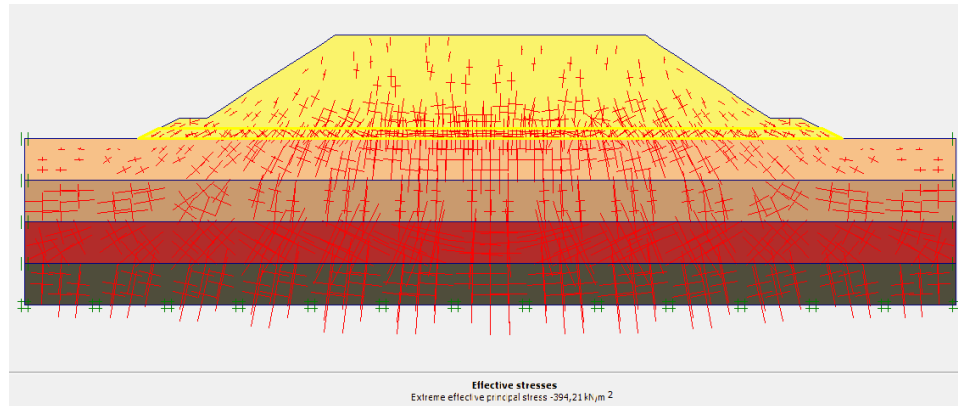
Gambar 5.59 Deformed Mesh SF Struktur Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap bidang longsor timbunan untuk mengetahui nilai penurunan yang terjadi, dapat dilihat pada Gambar 5.59 berikut.



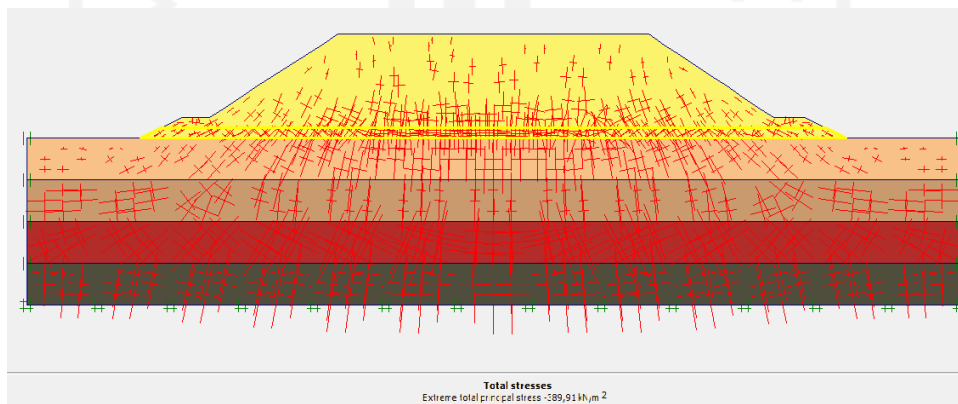
Gambar 5.60 Bidang Longsor SF Struktur Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap total stresses timbunan yang terjadi pada timbunan tersebut, dapat dilihat pada Gambar 5.60 berikut.



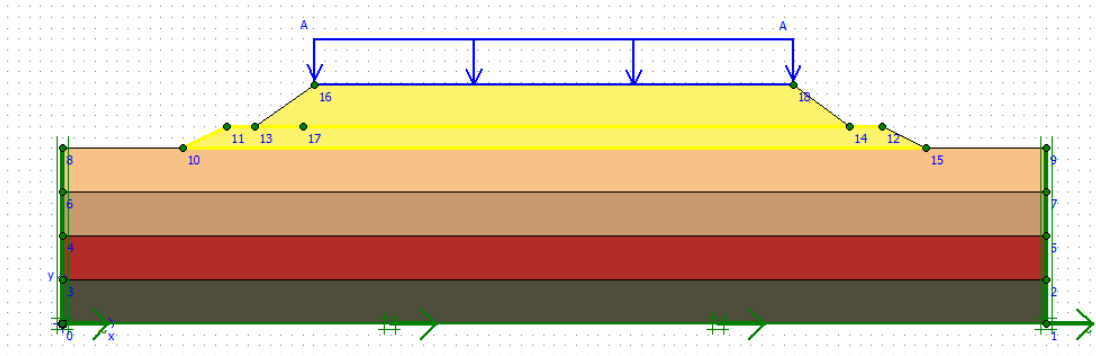
Gambar 5.61 Effective Stresses SF Struktur Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap total stresses timbunan yang terjadi pada timbunan tersebut, dapat dilihat pada Gambar 5.61 berikut.



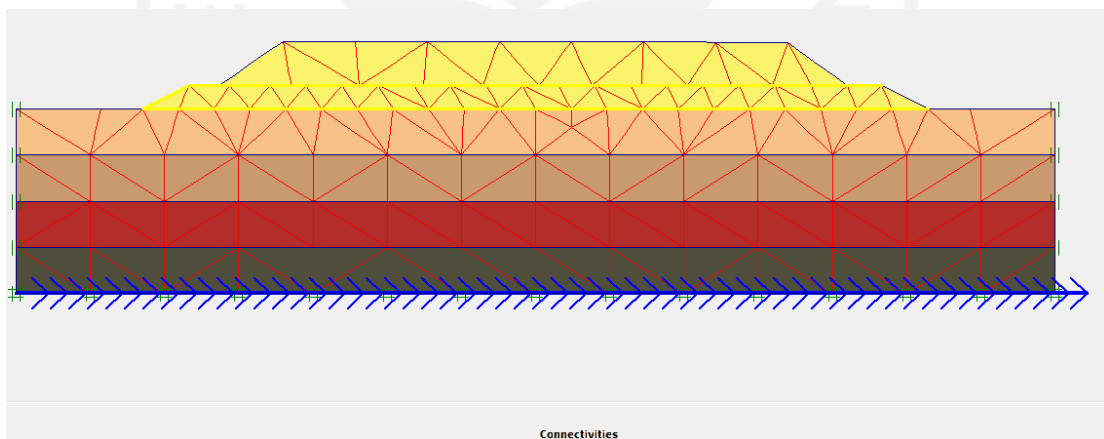
Gambar 5.62 Total Stresses SF Struktur Timbunan 10 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Berikut pemodelan tinggi timbunan 7 m dengan perkuatan geotekstil menggunakan program plaxis 8.2 dapat dilihat pada Gambar 5.63



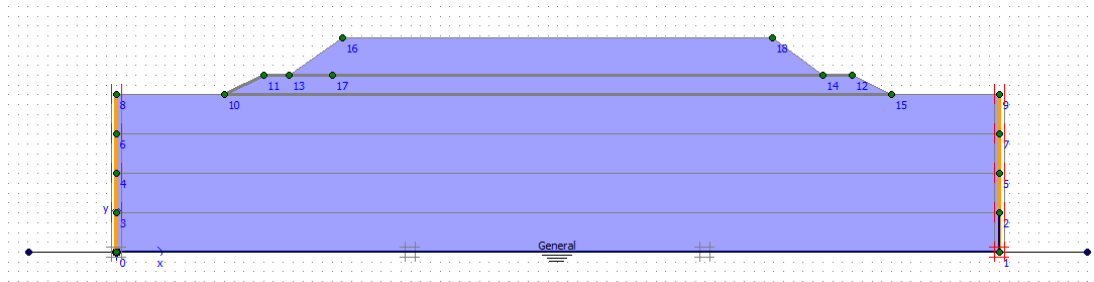
Gambar 5.63 Permodelan Timbunan 7 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Setelah melakukan pemodelan tahap selanjutnya adalah generate meshing, dengan tingkat kekerasan yang digunakan adalah level medium. Hasil dari generate mesh dapat dilihat pada Gambar 5.64 dibawah ini



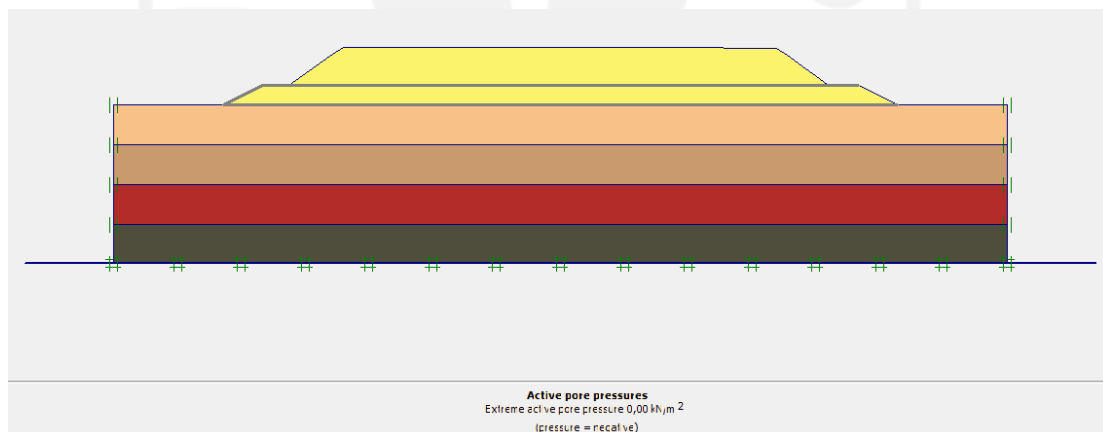
Gambar 5.64 Generate Mesh Timbunan 7 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk kedalam pemodelan Initial Condition. Untuk pemodelan gambar initial condition dapat dilihat pada Gamabr 5.65 dibawah ini



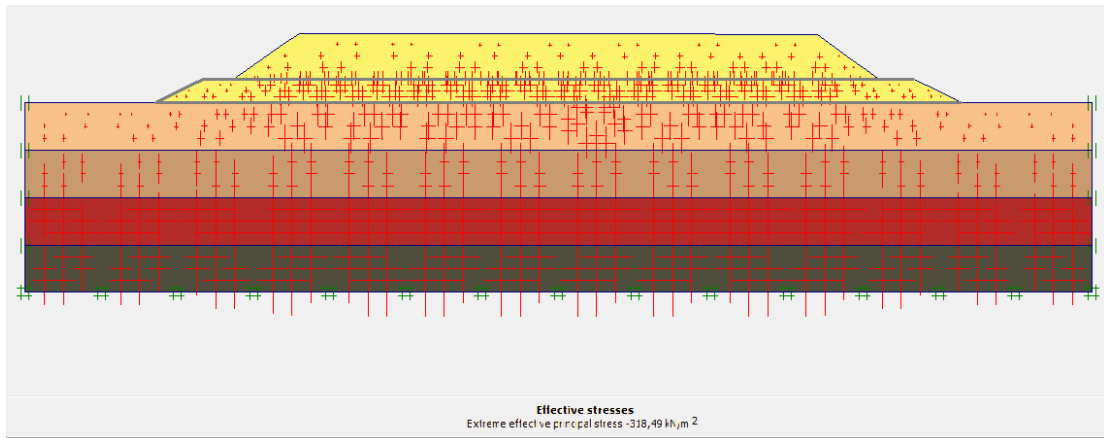
Gambar 5.65 Initial Condition Timbunan 7 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Setelah masuk ke tahap initial condition masuk ke tahap generate water bisa dilihat pada Gambar 5.66 dibawah ini



Gambar 5.66 Generate Water Pressures Timbunan 7 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Lalu dilanjutkan dengan masuk ketahap selanjutnya yaitu generate initial stresse bisa dilihat pada Gambar 5.67 dibawah ini



Gambar 5.67 Generate Initial Stresses Timbunan 7 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya adalah masuk ketahap kalkulasi untuk mendapatkan nilai SF yang dibutuhkan, bisa dilihat pada Gambar 5.68 dibawah ini

Plaxis 8.2 Calculations - BIMILLAH YA ALLAH.plx

File Edit View Calculate Help

Input Output Curves Output...

General Parameters Multipliers Preview

Phase
Number / ID.: 4 SF struktur
Start from phase: 2 - Beban struktur

Calculation type
Phi/c reduction

Log info
OK

Comments

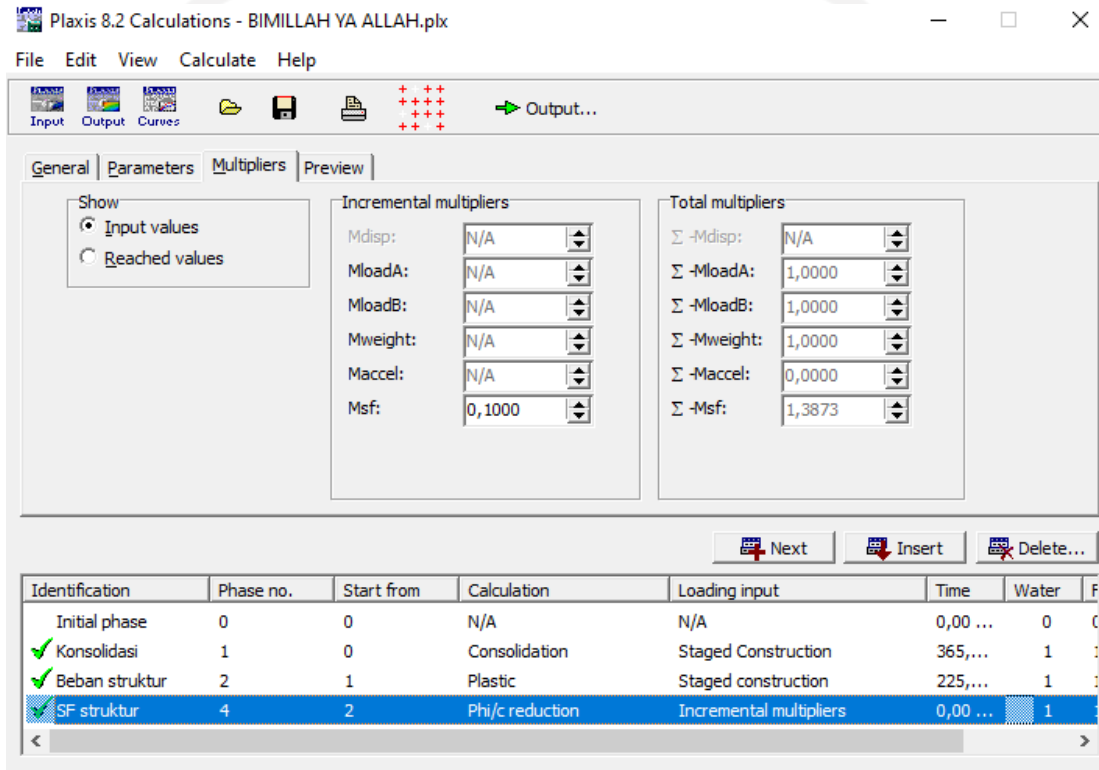
Parameters

Next Insert Delete...

Identification	Phase no.	Start from	Calculation	Loading input	Time	Water	F
Initial phase	0	0	N/A	N/A	0,00 ...	0	0
✓ Konsolidasi	1	0	Consolidation	Staged Construction	365,...	1	0
✓ Beban struktur	2	1	Plastic	Staged construction	225,...	1	0
✓ SF struktur	4	2	Phi/c reduction	Incremental multipliers	0,00 ...	1	0

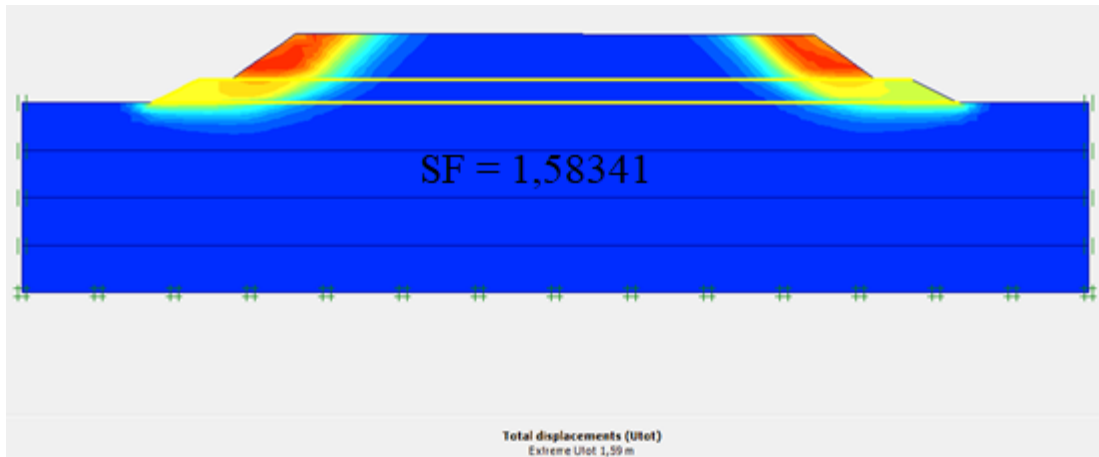
Gambar 5.68 Kalkulasi Timbunan 7 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Setelah melakukan tahap kalkulasi didapatkan nilai SF kurang dari nilai angka aman, bisa dilihat pada Gambar 5.69 dibawah ini.



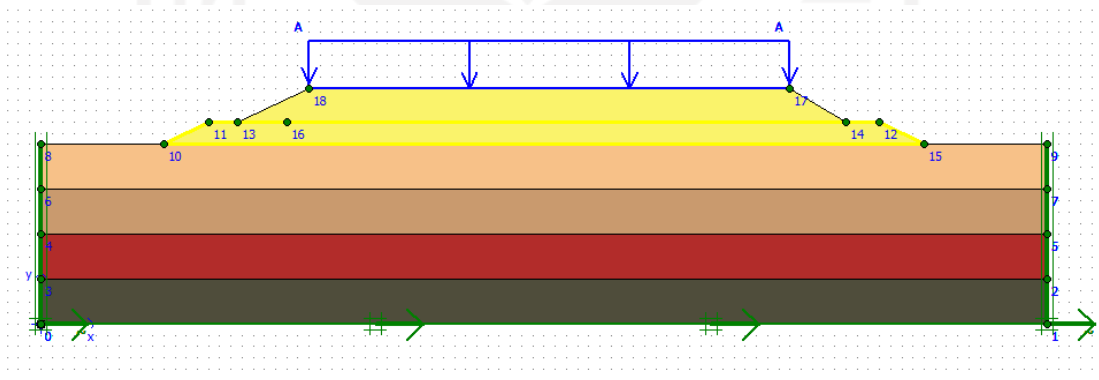
Gambar 5.69 Nilai SF Timbunan 7 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap bidang longsor timbunan untuk mengetahui nilai penurunan yang terjadi, dapat dilihat pada Gambar 5.70 berikut.



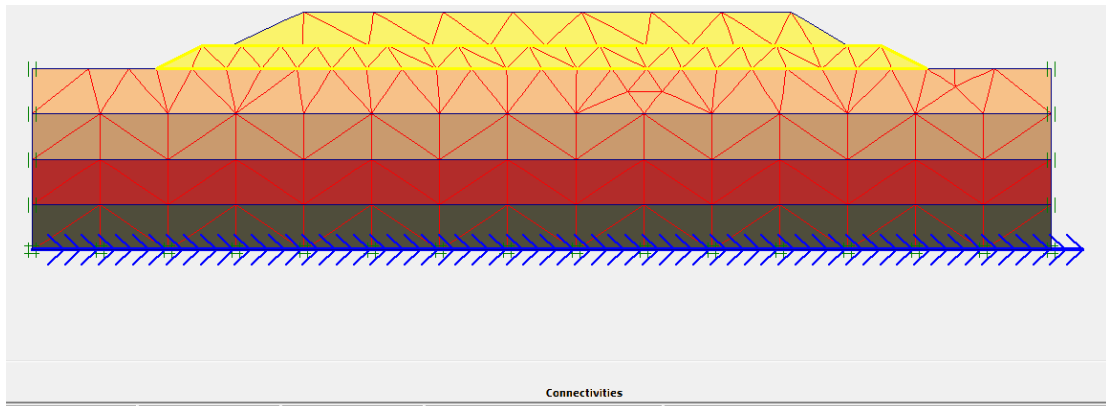
Gambar 5.70 Bidang Longsor SF Struktur Timbunan 7 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Berikut pemodelan tinggi timbunan 6 m dengan perkuatan geotekstil menggunakan program plaxis 8.2 dapat dilihat pada Gambar 5.71.



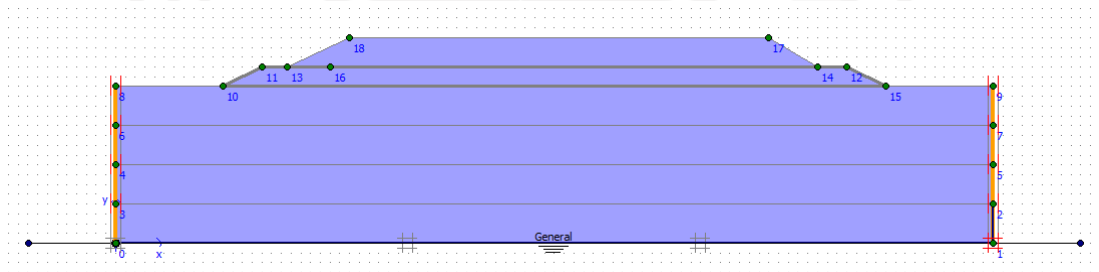
Gambar 5.71 Permodelan Timbunan 6 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Setelah melakukan pemodelan tahap selanjutnya adalah generate meshing, dengan tingkat kekerasan yang digunakan adalah level medium. Hasil dari generate mesh dapat dilihat pada Gambar 5.72 dibawah ini



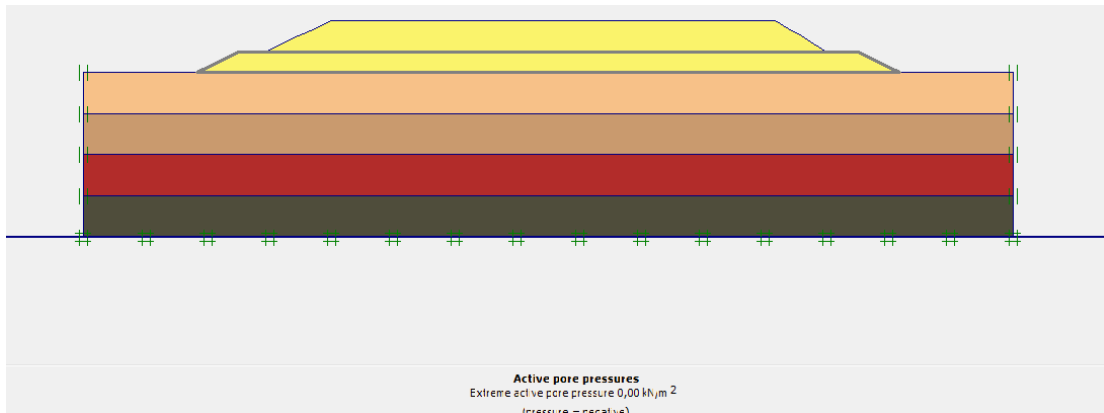
Gambar 5.72 Generate Mesh Timbunan 6 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk kedalam pemodelan Initial Condition. Untuk pemodelan gambar initial condition dapat dilihat pada Gambar 5.73 dibawah ini.



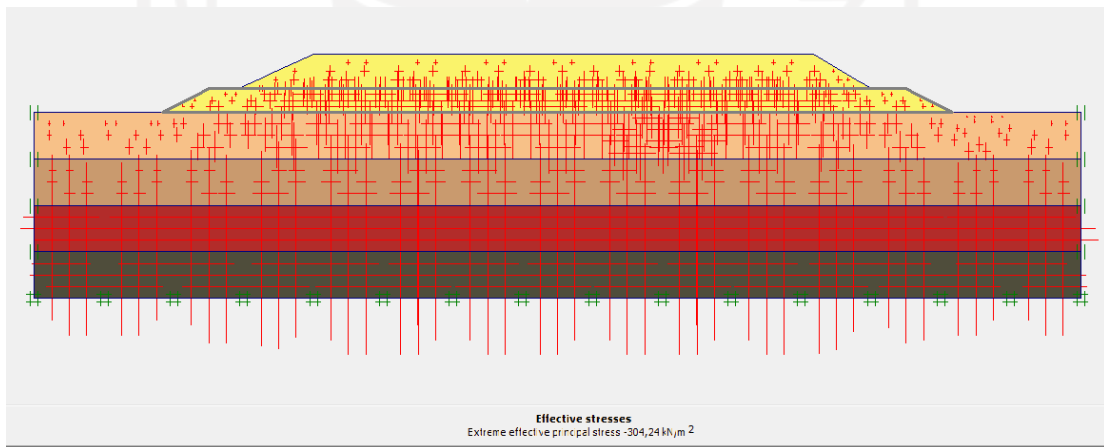
Gambar 5.73 Initial Condition Timbunan 6 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Setelah masuk ke tahap initial condition masuk ke tahap generate water bisa dilihat pada Gambar 5.74 dibawah ini.



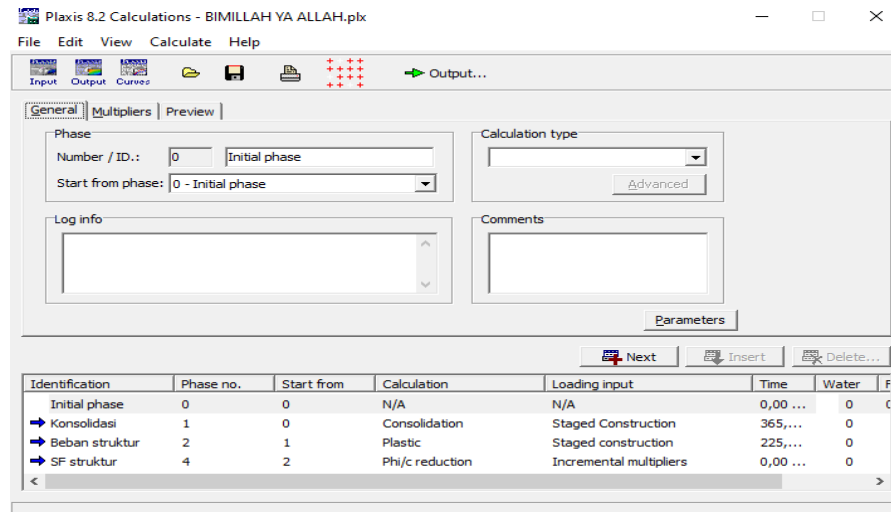
Gambar 5.74 Generate Water Pressures Timbunan 6 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Lalu dilanjutkan dengan masuk ketahap selanjutnya yaitu generate initial stressse bisa dilihat pada Gambar 5.75 dibawah ini.



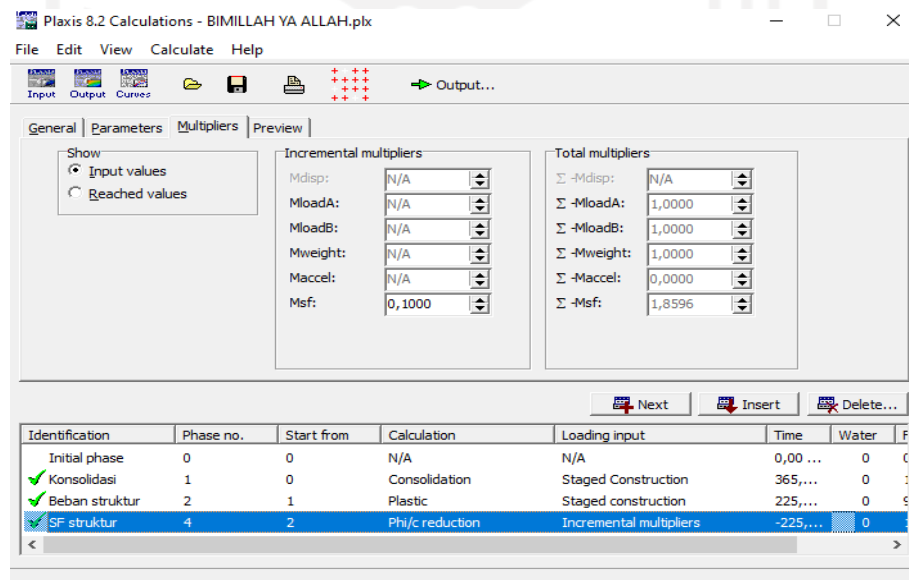
Gambar 5.75 Generate Initial Stresses Timbunan 6 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya adalah masuk ketahap kalkulasi untuk mendapatkan nilai SF yang dibutuhkan, bisa dilihat pada Gambar 5.76 dibawah ini



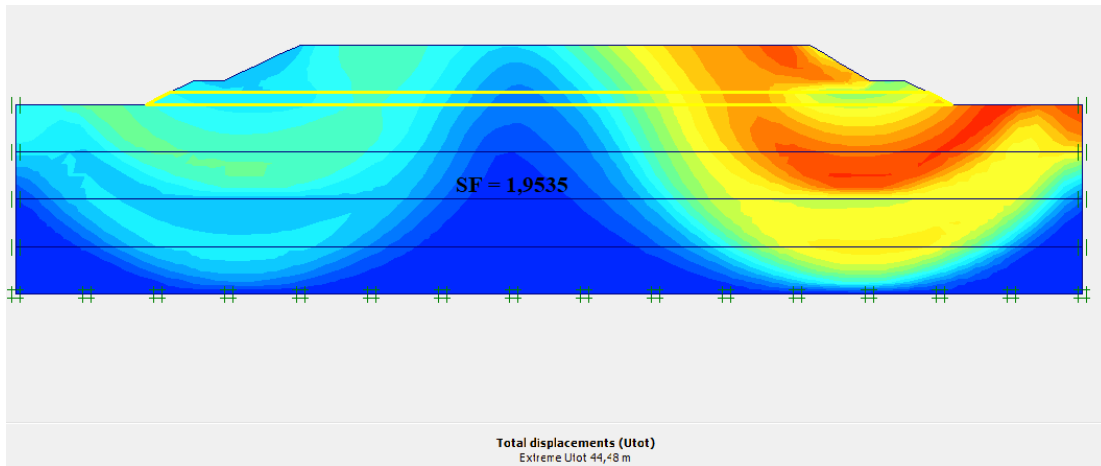
Gambar 5.76 Kalkulasi Timbunan 6 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Setelah melakukan tahap kalkulasi didapatkan nilai SF kurang dari nilai angka aman, bisa dilihat pada Gambar 5.77 dibawah ini.



Gambar 5.77 Nilai SF Timbunan 6 m yang Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Selanjutnya masuk ketahap bidang longsor timbunan untuk mengetahui nilai penurunan yang terjadi, dapat dilihat pada Gambar 5.78 berikut.



Gambar 5.78 Bidang Longsor SF Struktur Timbunan 6 m Diperkuat Dengan Geotekstil Menggunakan Plaxis 8.2

Berikut merupakan hasil rekapitulasi dari analisis timbunan yang telah diperkuat dengan menggunakan perkuatan geotekstil di timbuna 10 m yang mengalami kelongsoran.

Tabel 5.7 Rekapitulasi hasil analisis stabilitas timbunan yang telah diperkuat geotekstil

No	Tinggi Timbunan	Safety Factor	Penurunan Tanah (meter)
1	10 m	1,3233	0,272
2	7 m	1,5834	0,811
3	6 m	1,9535	0,254

5.7 Pembahasan

Analisis stabilitas yang dilakukan adalah untuk mendapatkan angka aman terhadap longsor dan penurunan tanahnya, pada penelitian kali ini menggunakan 3 variasi timbunan yaitu timbunan 6 m, 7m, dan 10 m, dan menggunakan beban merata 25KN/m dari akumulasi dari struktur jalan tol dan beban lalu lintas, dalam melakukan

analisis menggunakan program Plaxis 8.2 dan jika terjadi collaps saat melakukan analisis maka akan dihitung dengan perhitungan manual menggunakan metode fellenius.

Hasil analisis dari timbunan 6m diperoleh hasil nilai SF sebesar 1,6363 dan penurunan tanah sebesar 0,06384 nilai ini menunjukkan bahwa timbunan tanah sangat aman karena memenuhi untuk nilai syarat aman yang telah ditentukan yaitu 1,5. Untuk timbunan 7m memperoleh hasil untuk nilai SF sebesar 1,5019 dan untuk penurunan tanah sebesar 0,0748 nilai ini menunjukkan juga bahwa timbunan tanah dengan tinggi timbunan 7m memenuhi syarat yaitu 1,5 untuk nilai SF nya. Untuk tinggi dengan tinggi timbunan 10m memperoleh nilai SF collaps yaitu dibawah angka aman dan nilai penurunan tanah sebesar 0,01229. Hal tersebut menunjukkan jika timbunan 10m tidak aman digunakan. Untuk mendapatkan angka aman pada timbunan 10m maka dilakukan perhitungan manual menggunakan metode fellenius. Dari hasil perhitungan fellenius di dapat angka 0,294, hasil ini menunjukkan nilai angka tidak aman terhadap kelongsoran maka untuk mengatasinya harus menghitung analisis stabilitas menggunakan perkuatan geotekstil.

Setelah melakukan perhitungan mengenai analisis stabilitas timbunan 10m yang mengalami collaps sebelumnya maka didapatkan hasil nilai SF 1,7287 dan nilai penurunan tanahnya sebesar 0,272 meter

Rekapitulasi hasil seluruh analisis angka aman timbunan tanah dapat dilihat pada Tabel 5.8 sementara rekapitulasi hasil seluruh analisis angka penurunan tanah timbunan tanah dapat dilihat 5.9

Tabel 5.8 Rekapitulasi Hasil Analisis Angka Aman Seluruh Timbunan

SAFETY FACTOR	Tinggi Timbunan		
	6 m	7 m	10 m
Tanpa Perkuatan Tanah	1,6363	1,5019	collaps
Setelah Diperkuat Geotekstil	1,9535	1,5834	1,3233

Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Analisis Penurunan Tanah Seluruh Timbunan

PENURUNAN TANAH (meter)	Tinggi Timbunan		
	6	7	10
Tanpa Perkuatan Tanah	0,0638	0,0748	0,01228
Setelah Diperkuat Geotekstil	0,254	0,811	0,272

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari evaluasi analisis dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya maka bisa diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil timbunan tanah asli tanpa diperkuat dan yang diperkuat dengan geotekstil sebagai berikut
 - a. Untuk tinggi timbunan 6m memiliki nilai angka aman sebesar 1,6363 dan memiliki nilai penurunan tanah sebesar 0,0638 mm
 - b. untuk tinggi timbunan 7m memiliki nilai angka aman sebesar 1,5019 dan memiliki nilai penurunan tanah sebesar 0,0748 mm
 - c. untuk tinggi timbunan 10 m setelah dianalisis mendapatkan $SF < 1,00$ (Collap).
Setelah dihitung dengan metode Fellinius didapat $SF = 1,7287$
2. Hasil penurunan tanah tanpa dan dengan diperkuat dengan geotekstil sebagai berikut.
 - a. untuk penurunan timbunan tanpa perkuatan di timbunan 6m memiliki nilai penurunan tanah sebesar 0,0638
 - b. untuk penurunan timbunan tanpa perkuatan di timbunan 7m memiliki nilai penurunan tanah sebesar 0,0748
 - c. untuk penurunan timbunan tanpa perkuatan di timbunan 10m memiliki nilai penurunan tanah sebesar 0,01228
 - d. untuk penurunan timbunan dengan perkuatan geotekstil di timbunan 10m memiliki nilai penurunan tanah sebesar 0,272

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang tertera di atas, maka penulis merekomendasikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi usulan yang bermanfaat bagi pihak yang terkait dalam proses pembangunan jalan tol Balikpapan-Samarinda serta diharapkan sesuai dengan peraturan yang ada.
2. Penelitian bisa dikembangkan menggunakan software lain seperti SLOPE/W

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, F.N., Surjandari, N.S., Dan Asád, Sholihin. 2014. Penggunaan Geotekstil Pada Lereng Sungai Putih Surakarta. *Penelitian*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Bina Marga. 2009. *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Bowles, J.E. 1989. Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah. Erlangga. Daerah Khusus Ibukota Jakarta
- Budiasto. A. Analisis Stabilitas Timbunan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Plaxis Pada Jalan Tol Solo-Kertosono Tahap III STA 118+700+139+760. *Tugas Akhir*. Universitas Islma Indonesia. Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2009. *Modul Pelatihan Geosintetik Volume 3: Perencanaan Geosintetik Untuk Perkuatan Lereng*. Jakarta.
- Erizal. 2018. Mekanika Tanah (SIL211). *Modul Pembelajaran*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Febry. 2019. Lembaran Sintesis yang Tipis, Fleksibel, Permeable yang Digunakan untuk Stabilisasi dan Perbaikan Tanah Dikaitkan Dengan Pekerjaan Teknik Sipil. Yogyakarta.
- Gati, B.M. 2018. Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Bada Jalan dan Prediksi Timbunan yang Tejadi Menggunakan Plaxis. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

- Harjawinata, J. 2017. Mengenal Program Plaxis Untuk Teknik Sipil. *Ilmu Dasar Teknik Sipil*. (<http://jharwinata.blogspot.com/2017/04/mengenal-program-plaxis-untuk-teknik.html>. Diakses 11 November 2020).
- Hardiyatmo, H.C. 2013. Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya (Perancangan Dan Aplikasi), 2nd Ed. Gadjah Mada University Press. Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C.. 2010. Mekanika Tanah 2, 5th Ed. Gadjah Mada University Press. Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Iskandar. 2013. Metode Keseimbangan yang Umum Disebut Metode Limit Equilibrium yaitu Metode Fellenius. Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Ma'ruf. 2018. Mekanika Tanah, Pengertian Longsor, Gadjah Mada University press. Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Muntahar, A.S. 2015: *Tanah Longsor: Analisis-Prediksi-Mitigasi*. Penerbit Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Pangestu, E.C., dan Marzuko, A. 2018. Perencanaan Perkuatan Lereng Dengan Metode Soil Nailing di Daerah Bantul Jogja. *Jurnal Ilmiah*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Pradhana. 2018. Kelongsorang Tanah, Gadjah Mada University press. Daerah Istimewa Yogyakarta.
- PT Pembangunan Perumahan. 2017. Laporan Evaluasi Hasil Analisis Stabilitas Timbunan Tol Balikpapan-Samarinda. Kalimantan Selatan.
- PT. Teknindo Geosistem Unggul (Tanpa Tahun). *Technical Spesification. Geotextile Woven*. Surabaya

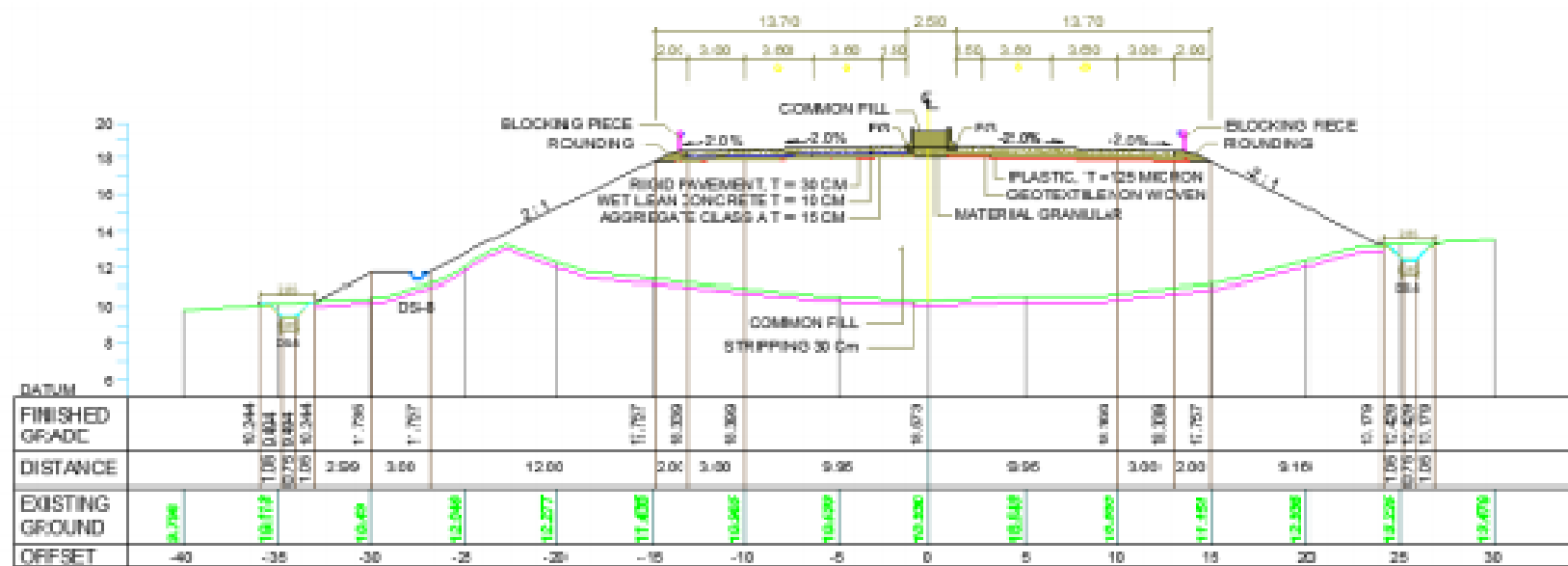
- Kumalasari. V. 2012. Analisis Stabilitas Lerengdengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program Geoslope. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Safhira. 2018. Pengertian Lereng Dengan Perkuatan Lereng Tugas Akhir. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Santoso, B dkk. 1998: *Mekanika Tanah Lanjut*. Penerbit Gunadarma. Jakarta.
- Terzaghi, K. dan Peck, R. B. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Suryolelono. 1993. Bidang Longsor untuk Menentukan Panjang Geotekstil. Yogyakarta.
- Soepandi. 1995. Pengertian Lereng Adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horisontal dan tidak terlindungi. Jakarta.



LAMPIRAN

Lampiran 1: Data Proyek Jalan Tol Balikpapan – Samarinda STA 2+050

1. GAMBAR POTONGAN MELINTANG JALAN TOL BALIKPAPAN – SAMARINDA STA 2+050



2.DATA PARAMETER TANAH TIMBUNAN PADA JALAN TOL BALIKPAPAN SAMARINDA STA 2+050

Sta 2+050												
Kedalaman (m)			Jenis Tanah	NSPT	Simbol	Parameter Short Term						
						Kondisi	Y unsat (KN/m ³)	Y sat (KN/m ³)	E (KN/m ²)	U	cu (KN/m ²)	φ
0	-	4	Lempung Kuning	3	C	Undrained	13	14	2700	0,25	18	3,00
4	-	8	Pasir Lepas Abu	5	S	Drained	11	12	6400	0,3	5	27,75
8	-	12	Pasir Abu	10	S	Drained	13	14	8000	0,3	5	30,95
12	-	16	Pasir Padat Abu	51	S	Drained	19	20	21120	0,3	5	44,74
			Timbunan Pilihan	-	C	Undrained	16,6	17,6	25000	0,3	20	10,00

3.DATA PARAMETER TANAH TIMBUNAN BARU PADA JALAN TOL BALIKPAPAN – SAMARINDA STA 2+050

Sta 2+050												
Kedalaman (m)			Jenis Tanah	NSPT	Simbol	Parameter Short Term						
						Kondisi	Y unsat (KN/m ³)	Y sat (KN/m ³)	E (KN/m ²)	U	cu (KN/m ²)	φ
0	-	4	Lempung Kuning Pasir Lepas Abu Pasir Abu Pasir Padat Abu	3	C	Undrained	13	14	2700	0,25	18	3,00
4	-	8		5	S	Drained	11	12	6400	0,3	5	27,75
8	-	12		10	S	Drained	13	14	8000	0,3	5	30,95
12	-	16		51	S	Drained	19	20	21120	0,3	5	44,74
			Timbunan Pilihan	-	C	Undrained	16,6	17,6	25000	0,3	40	10,00