

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN
PERKUATAN *GEOTEXTILE* DENGAN METODE
FELLENIUS
(*SLOPE STABILITY ANALYSIS USING GEOTEXTILE
REINFORCEMENT WITH THE FELLENIUS METHOD*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



MUHAMMAD HASPAN PRAJADIPTA

19511152

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2023

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN
PERKUATAN GEOTEXTILE DENGAN METODE
FELLENIOUS
(SLOPE STABILITY ANALYSIS USING GEOTEXTILE
REINFORCEMENT WITH THE FELLENIOUS METHOD)**

Disusun oleh

Muhammad Haspan Prajadipta
19511152

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji Pada tanggal 25 Oktober 2023
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Harindiya K., A., S.T., M.T
NIK: 045110407

Penguji I

Anisa Nur A., S.T., M.Eng
NIK: 215111305

Penguji II

Muhammad Rifqi A., S.T., M.Eng
NIK: 135111101

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



M. Muntaliq Muntaliq, ST., MT., Ph.D.Eng., IPM
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir saya yang disusun untuk syarat menyelesaikan program sarjana Teknik Sipil dan Perencanaan , Universitas Islam Indonesia adalah karya tangan saya sendiri. Adapun beberapa bagian yang dari hasil karya orang lain yang saya kutip dan dicantumkan sumbernya dengan jelas sesuai dengan norma, etika penulisan dan juga kaidah karya ilmiah yang ada. Apabila di kemudian hari karya Tugas Akhir saya ditemukan bahwa bukan merupakan karya saya sendiri, saya siap akan sanksi yang ada, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan ketentuannya.

Yogyakarta, Oktober 2022

Yang membuat pernyataan



Muhammad Haspan P

(19511152)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Perkuatan Geotextile Dengan Metode *Fellenius*. Proposal Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan Tugas Akhir studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Proposal Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Proposal Tugas Akhir, atas bimbingan, saran, nasehat, dan dukungan yang diberikan kepada penulis dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini dan selama penulis menjalani masa kuliah,
2. Bapak/Ibu selaku Dosen Penguji I
3. Bapak/Ibu selaku Dosen Penguji II
4. Dr. Eng. Yunalia Muntafi, ST., MT., Ph. D.Eng.,IPM selaku Ketua program studi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
5. Kedua orangtua, yang selalu memberikan dukungan baik secara material maupun spiritual

Yogyakarta, Oktober 2023,

Penulis,

Muhammad Haspan P
19511152

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
DAFTAR NOTASI	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tinjauan Umum	7
2.2 Penelitian Terdahulu	8

2.2.1 Menganalisis Lereng Metode Elemen Hingga Dengan Perkuatan Geotekstil	8
2.2.2 Perkuatan Lereng Yang Dianalisis Dengan Geoslope	9
2.2.3 Stabilitas Timbunan Tanah Menggunakan Perkuatan Geotekstil	12
2.2.4 Analisis Stabilitas Timbunan dengan Metode Fellenius	13
2.3 Perbedaan Penelitian	19
BAB III LANDASAN TEORI	20
3.1 Pengertian Tanah	20
3.2 Parameter Tanah	20
3.3 Klasifikasi Tanah	23
3.4 Lereng	24
3.5 Faktor-Faktor Terjadinya Kelongsoran	25
3.6 Kuat Geser Tanah	29
3.6.1 Geser Langsung	30
3.6.2 Triaksial	30
3.7 Stabilitas Lereng	30
3.8 Metode Stabilitas Lereng	34
3.8.1 Metode Fellenius	34
3.9 Geotekstil	37
3.9.1 Jenis dan spesifikasi Geotekstil	37
3.9.2 Fungsi Geotekstil	39
3.9.3 Perkuatan Geotekstil Lereng	41
3.9.4 Penggunaan Geotextile Untuk Perkuatan Tanah	42

3.9.5 Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil Panjang per Zona	43
3.9.6 Stabilitas Lereng Perkuatan Geotekstil Panjang Seragam	52
3.10 Program Geoslope	57
BAB IV METODE PENELITIAN	61
4.1 Objek Penelitian	61
4.2 Lokasi Penelitian	61
4.3 Peta Lokasi Potongan Melintang	62
4.4 Pengumpulan Data	62
4.5 Urutan Langkah Kerja	62
4.6 Bagan Alir	63
4.7 Parameter Penelitian	65
4.7.1 Beban Lalu Lintas	65
4.7.2 Beban Gempa (Seismic Load)	66
4.7.3 Data Geotekstil	67
4.7.4 Data Tanah	67
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	68
5.1 Permodelan Menggunakan Geoslope 2023	68
5.2 Analisis Stabilitas Lereng	75
5.3 Data Parameter Yang Digunakan	75
5.3.1 Data Tanah	75
5.3.2 Data Beban Lalu Lintas (Traffic Load)	76
5.3.3 Data Geotextile	76
5.3.4 Data Gempa (Seismic Load)	76
5.4 Analisis Stabilitas Lereng dengan Program Geoslope dan	

Perhitungan Manual	76
5.4.1 Perhitungan Nilai SF menggunakan Software Geoslope dan tanpa Beban Gempa	76
5.4.2 Perhitungan Nilai SF menggunakan Aplikasi Geoslope dengan Beban Gempa	77
5.4.3 Analisis Stabilitas Lereng Secara Manual dengan Metode Fellenius	78
5.5 Analisis Pada Lereng Geometri Baru	81
5.6 Perhitungan Geotekstil	83
5.6.1 Geotekstil Panjang Per Zona	83
5.7 Analisis Stabilitas Lereng menggunakan Perkuatan Geotekstil Perletakan Panjang Per Zona Tanpa Beban Gempa	92
5.8 Analisis Stabilitas Lereng menggunakan Perkuatan Geotekstil Perletakan Panjang Seragam dengan Beban Gempa	93
5.9 Pembahasan	95
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	97
6.1 Kesimpulan	97
6.2 Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	99
LAMPIRAN	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Macam Kelongsoran	25
Gambar 3. 2 Gaya – Gaya Pada Irisan	35
Gambar 3. 3 Geotekstil Woven	38
Gambar 3. 4 Geotekstil Non-Woven	39
Gambar 3.5 Mekanisme diferensiasi dalam gerakan butiran tanah	40
Gambar 3. 6 Tipe perletakan geotekstil untuk lereng	42
Gambar 3. 7 Model keruntuhan lereng	43
Gambar 3. 8 Model Longsoran Tanah	44
Gambar 3. 9 Karakteristik pada Daerah Perkuatan	44
Gambar 3. 10 Bidang Longsor dan Panjang Geotekstil	46
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian	61
Gambar 4. 2 Potongan Melintang Lereng	62
Gambar 4. 3 Bagan Alir Penelitian	64
Gambar 4. 4 Bagan Alir Untuk Penggunaan Program Geoslope	65
Gambar 4. 5 Peta Zonasi Gempa	66
Gambar 5. 1 Menentukan Tipe Metode Analisis	68
Gambar 5. 2 Kertas Kerja	69
Gambar 5. 3 Permodelan Awal Lereng Eksisting	69
Gambar 5. 4 Pengaturan Memasukan Material	70
Gambar 5. 5 Pengaturan Lapisan Tanah Lereng Eksisting	71
Gambar 5. 6 Key in Parameter Tanah Lereng Eksisting	71

Gambar 5. 7 Penggambaran Entry and Exit daerah longsor Lereng Eksisting	72
Gambar 5. 8 KeyIn Beban Merata Lereng Eksisting	73
Gambar 5. 9 KeyIn Beban Gempa Lereng Eksisting	73
Gambar 5. 10 Keyin Perkuatan Geotekstil Lereng Eksisting	74
Gambar 5. 11 Hasil Running Nilai SF	74
Gambar 5. 12 Penampang Melintang Lereng Eksisting	75
Gambar 5. 13 Hasil Analisis Lereng Eksisting Tanpa Beban Gempa	77
Gambar 5. 14 Hasil Analisis Lereng Eksisting Dengan Beban Gempa	78
Gambar 5. 15 Analisis Lereng Eksisting Dengan Metode Fellenius Tanpa Perkuatan	78
Gambar 5. 16 Permodelan Lereng Timbunan Tanah Baru	81
Gambar 5. 17 Hasil Analisis Lereng Timbunan Baru Tanpa Beban Gempa	82
Gambar 5. 18 Hasil Analisis Lereng Timbunan Baru Dengan Beban Gempa	83
Gambar 5. 19 Pembagian Zona Geometri Baru	84
Gambar 5. 20 Perletakan Geotekstil Panjang Per Zona Geometri Baru	87
Gambar 5. 21 Hasil Analisis Perkuatan Geotekstil Geometri Baru Dengan Variasi Panjang 33 m Untuk Zona 1 dan 16 m Untuk Zona 2 Beban Beban Gempa	91
Gambar 5. 22 Hasil Analisis Perkuatan Geotekstil Dengan Variasi Panjang 33 m Untuk Zona 1 dan 16 m Untuk Zona 2 Dengan Beban Gempa	91
Gambar 5. 23 Hasil Analisis Panjang Perzona Pada Zona 2 Panjang 16 m Geometri Baru Tanpa Beban Gempa	92
Gambar 5. 24 Hasil Analisis Panjang Perzona Pada Zona 1 Panjang 33 m Geometri Baru Tanpa Beban Gempa	93

Gambar 5. 25 Hasil Analisis Panjang Perzona Di Input Pada Zona 2 Panjang 16 m Geometri Baru Dengan Beban Gempa	93
Gambar 5. 26 Hasil Analisis Panjang Perzona Di Input Pada Zona 1 Panjang 33 m Geometri Baru Dengan Beban Gempa	94
Gambar 5. 27 Grafik Perbandingan Nilai SF menggunakan Variasi Pemasangan Geotekstil Per Zona	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu	17
Tabel 3. 1 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah	22
Tabel 3. 2 Korelasi Nilai N-SPT	22
Tabel 3. 3 Jenis – Jenis Tanah	24
Tabel 3. 4 Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi	27
Tabel 3. 5 Nilai Keamanan Lereng	33
Tabel 4. 1 <i>Traffic Load</i> (Beban Lalu Lintas)	58
Tabel 4. 2 Data Tanah	67
Tabel 5. 1 Perhitungan Menggunakan Metode Fellenius	80
Tabel 5. 2 Hasil Rekapitulasi Nilai SF	81
Tabel 5. 3 Data Parameter Tanah Baru	82
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Panjang Geotekstil Per Zona	87
Tabel 5. 5 Rekapitulasi Perhitungan Momen Pasif	89
Tabel 5. 6 Rekapitulasi Perhitungan Geotekstil Panjang Seragam	95
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Nilai SF Berdasarkan Perletakan Geotekstil Tiap Zona	96

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lokasi Penelitian	104
Lampiran 2 Data Borlog	104
Lampiran 3 Hasil Lab Data Tanah 1	106
Lampiran 4 Hasil Lab Data Tanah 2	107
Lampiran 5 Data Geotekstil	108

DAFTAR NOTASI

SF	= <i>Safety Factor</i> (Faktor Keamanan)
r_f	= tahanan geser maksimum
r_d	= tegangan geser maksimum
R	= jari- jari lingkaran bidang longsor (m)
m	= jumlah irisan
W_i	= berat massa tanah irisan
θ_i	= sudut yang ada ($^\circ$)
φ	= sudut gesek dalam tanah ($^\circ$)
H_i	= tinggi tanah ditinjau dari permukaan tanah (m)
T_a	= kuat tarik yang diizinkan dari bahan perkuatan (kN/m ²)
E_a	= gaya aktif akibat tanah (kN)
q	= beban merata (kN/m)
S_v	= jarak vertikal antar geotekstil (m)
kPa	= kilo pascal
Kn	= kilo newton
C	= kohesi (kN/m ²)
\emptyset	= sudut geser dalam ($^\circ$)
q_u	= kapasitas dukung ijin (kN/m ²)
N_c, N_q, N_γ	= faktor kapasitas dukung tanah
L	= panjang geotekstil (m)
E_a	= gaya aktif akibat tanah (kN)
E	= gaya yang mendorong (kN)
E_q	= gaya aktif akibat beban (kN)
K_a	= koefisien tanah aktif
σ_v	= tekanan tanah vertikal (kN/m ²)
L_R	= panjang geotekstil di daerah longsor aktif (m)
L_c	= panjang geotekstil yang bekerja sebagai angker (m)

- Z_i = tinggi tanah ditinjau dari permukaan tanah (m)
 B = koefisien *interface* tanah terhadap geotekstil
 σ_{hc} = tekanan tanah horizontal (kN/m²)

ABSTRAK

Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering melanda wilayah Indonesia. Dalam hal bencana tanah longsor, daerah Lenangguar-Lunyuk merupakan jalan lintas Kabupaten Sumbawa, merupakan salah satu daerah yang rawan sekali terjadi longsor, salah satunya karena intensitas hujan yang tinggi, bagaimana mencari nilai SF lereng eksisting dan geometri baru dengan perhitungan manual dan *geoslope*, dengan tujuan mengetahui nilai SF lereng eksisting dengan manual dan *geoslope* serta perletakan geotekstilnya.

Untuk mengatasi masalah tersebut, maka dilakukan analisis stabilitas lereng dengan cara manual maupun program aplikasi, analisis dilakukan di kondisi asli, dan pada kondisi telah diubah kemiringan dan diberi timbunan perkuatan geotekstil, seluruh tinjauannya menggunakan beban kendaraan sebesar 10 kN/m², dan beban gempa 0,2301 g.

Hasil analisis dalam penelitian ini membandingkan nilai SF dengan metode Fellenius dan dengan menggunakan Program Geoslope. Dimana nilai SF sebesar 1,189 diperoleh melalui perhitungan manual, lalu dengan aplikasi sebesar 1,148. Untuk nilai SF apabila sudah didapatkan model geometri lereng baru didapatkan SF sebesar 1,558 tanpa beban gempa untuk dengan beban gempa didapatkan nilai SF sebesar 1,000. Nilai SF sebesar 1,590 apabila tanpa dipengaruhi beban gempa sedangkan jika dipengaruhi beban gempa didapatkan nilai SF sebesar 1,001. Untuk membandingkan nilai SF pada lereng dan variasi perletakan per zona maka, untuk variasi perletakan per zona yang tanpa dipengaruhi beban gempa didapatkan nilai SF pada lereng zona 2 sebesar 1,558, sementara nilai SF zona 1 sebesar 1,580. Dalam kondisi dengan beban gempa didapatkan nilai SF pada zona 2 sebesar 1,000 sedangkan untuk zona 1 didapatkan SF sebesar 1,001.

Kata kunci: Analisis, Geoslope, Geotekstil

ABSTRACT

Landslides are one of the natural disasters that often hit Indonesia. In terms of landslides, the Lenanguar-Lunyuk area is a crossroads of Sumbawa Regency, it is one of the areas that is very prone to landslides, one of which is due to the high intensity of rain. How to find the SF value of the existing slope and the new geometry using manual calculations and geoslope, using The aim is to find out the SF value of the existing slope using manual and geoslope and the placement of the geotextile.

To overcome this problem, a slope stability analysis was carried out manually or with an application program, the analysis was carried out in the original condition, and in the condition that the slope had been changed and geotextile reinforcement was added, the entire review used a vehicle load of 10 kN/m², and an earthquake load of 0,2301 g.

The results of the analysis in this study compare SF values with the Fellenius method and using the Geoslope Program. Where the SF value of 1.189 was obtained through manual calculations, then with the application it was 1.148. For the SF value, if the new slope geometry model has been obtained, the SF value is 1,558 without earthquake loads, and with earthquake loads, the SF value is 1,000. The SF value is 1.513 if it is not influenced by earthquake loads, whereas if it is influenced by earthquake loads, the SF value is 1.001. To compare SF values on slopes and variations in placement per zone, for variations in placement per zone that are not influenced by earthquake loads, the SF value for zone 2 slopes is 1.558, while the SF value for zone 1 is 1.580. In conditions with earthquake loads, the SF value obtained in zone 2 was 1,000, while for zone 1 the SF value was 1,001.

Keywords: *Analysis, Geoslope, Geotextile*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permukaan tanah tidak selalu membentuk bidang yang datar atau mempunyai elevasi antara elevasi tempat yang satu dengan yang lain sehingga membentuk suatu lereng. Lereng merupakan suatu kondisi topografi yang banyak dijumpai pada pekerjaan konstruksi sipil. Lereng dapat terjadi secara alami maupun sengaja dibuat oleh kebutuhan manusia dengan tujuan masing-masing. (Sihite, 2021).

Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering melanda wilayah Indonesia. Dalam hal bencana tanah longsor, daerah Lenangguar-Lunyuk merupakan jalan lintas Kabupaten Sumbawa, dan merupakan salah satu daerah yang rawan sekali terjadi longsor, baik itu karena intensitas hujan yang tinggi serta kondisi dari tanah lereng tersebut (BPBD Sumbawa, 2023).

Kondisi stabilitas dari lereng sendiri juga berbeda di setiap tempat. Kestabilan lereng dapat dipengaruhi oleh jenis tanah dan juga daya dukung dari tanah itu sendiri. Selain itu kondisi stabilitas lereng juga dapat berubah karena pengaruh iklim dan ulah manusia yang merubah bentuk lereng tersebut (Octovian, 2014). Terkadang juga manusia merubah bentuk lereng dengan sengaja untuk keperluan yang tidak diperlukan, ataupun sudah dilakukan peninjauan terhadap keamanan lereng setelah dipotong tetapi hasil dari peninjauan masih kurang akurat. Sehingga akan menghasilkan longsor akibat lereng tersebut hasil potongan daya dukungnya tidak terpenuhi seperti halnya untuk keperluan pembuatan jalan, dimana jalan tersebut dibuat harus dengan memotong lereng. Saat pemotongan lereng tersebut tentu akan mengubah dari bentuk dan keamanan lereng alaminya. (Waruwu, 2023).

Pada jalan Lenangguar – Lunyuk Sumbawa kembali terjadi longsor pada 27 Desember 2022 akibat curah hujan yang mengguyur wilayah Sumbawa cukup tinggi akibatnya terjadinya longsor, salah satu usaha yang dapat dilakukan yaitu dengan perkuatan tanah dalam hal ini yaitu dengan geotekstil yang nantinya

diharapkan dapat mengatasi permasalahan dari longsor tersebut. Untuk proses perhitungannya sendiri akan menggunakan material geotekstil, dimana geotekstil nanti diharapkan dapat mengatasi masalah kelongsoran pekerjaan jalan. (Rizqullah & Yelvi, 2022)

Sepanjang jalan Lenangguar-Lunyuk Sumbawa memiliki kontur berbelok dan tanjakan permukaan yang berbukit – bukit dan banyak lahan yang berpotensi terjadinya longsor. Berikut merupakan Gambar 1.1 lokasi penelitian.



Gambar 1. 1 Lokasi Penelitian

(Sumber: Google Earth)



Gambar 1. 2 Longsoran Lereng

(Sumber: Suara NTB)

Berdasarkan dari fakta yang ada maka perlu diadakanya usaha untuk menanggulangi kelongsoran tanah pada stasiun tersebut. Salah satu usaha yang bisa dilakukan adalah dengan membuat perkuatan tanah, yaitu dengan perkuatan tanah menggunakan material geotekstil, dimana geotekstil nanti diharapkan dapat mengatasi masalah kelongsoran. Untuk proses perhitunganya sendiri akan menggunakan *Software Geoslope*, dimana penerapan menggunakan *software* ini dapat menghemat waktu pekerjaan sehingga waktu yang diperlukan dalam perancangan semakin singkat dengan kualitas yang maksimal, untuk menentukan lereng tersebut aman atau tidak (lereng eksisting) dan dapat menentukan keamanan lereng setelah diberikan perkuatan dengan geotekstil. (Chandra, 2021).

1.2 Perumusan masalah

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan analisis kestabilan lereng di Lenangguar-Lunyuk Sumbawa untuk mendapatkan nilai sebagai berikut ini.

1. Bagaimana nilai SF (*safety factor*) lereng eksisting sebelum diberi perkuatan dengan program *geoslope* dan dengan perhitungan manual Metode Fellenius?
2. Bagaimanakah nilai SF (*safety factor*) pada lereng geometri baru sebelum diberi perkuatan dengan program *geoslope*?

3. Bagaimanakah nilai SF (*safety factor*) lereng geometri baru setelah diberi perkuatan geotekstil?
4. Bagaimanakah nilai SF (*safety factor*) lereng geometri baru setelah diberi perkuatan geotekstil perletakan panjang per zona?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai SF (*safety factor*) pada lereng eksisting tanpa diberi perkuatan geotekstil dengan perhitungan manual dan geoslope.
2. Mengetahui nilai SF (*safety factor*) pada lereng geometri baru sebelum diberi perkuatan geotekstil dengan program geoslope.
3. Mengetahui nilai SF lereng geometri baru setelah diberi perkuatan geotekstil.
4. Mengetahui nilai SF lereng geometri baru setelah diberi perkuatan geotekstil perletakan perzona.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini bagi pembaca dan penulis yaitu sebagai berikut.

1. Hasil penelitian dapat digunakan untuk menghentikan dan mengontrol longsor lereng.
2. Hasil penelitian dapat memberikan acuan dasar atau referensi untuk penelitian yang akan datang.
3. Mengimplementasikan pengetahuan yang relevan yang dipelajari di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian tidak menyimpang dari topik pembahasan, itu harus memiliki tujuan yang jelas. Batasan studi ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian hanya dilakukan pada daerah lereng longsor yaitu di trase jalan Lenangguar-Lunyuk Sumbawa pada stasiun 29+200.
2. Data tanah yang digunakan merupakan hasil uji bor log dilapangan.

3. Menggunakan aplikasi yaitu *software geoslope*.
4. Tidak memperhitungkan muka air tanah.
5. Geotekstil berjenis UW-250 terikat dengan kekuatan tarik 240 kN/m yang digunakan.
6. Penelitian ini hanya sebatas menganalisis masalah terkait stabilitas lereng dan bidang longsornya, tidak mencakup gambar, metode pelaksanaan konstruksinya dan rencana anggaran biayanya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Longsor adalah perpindahan material yang membentuk lereng, seperti batuan, tanah, atau campuran, yang bergerak kebawah atau keluar lereng. Proses longsor dimulai ketika air meresap ke dalam tanah yang berat, membuat tanah licin, dan tanah pelapukan di atasnya bergerak mengikuti dan keluar lereng. Faktor-faktor tertentu dapat menyebabkan longsor, seperti gaya pendorong yang lebih besar daripada gaya penahan.

Gaya pendorong dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah, Sudut kemiringan lereng, air, beban, berat batuan atau tanah, gempa, struktur geologi, curah hujan, vegetasi penutup, dan penggunaan lahan di lereng.

Dinding penahan tanah adalah komponen penting dari struktur bangunan untuk jalan raya, bantaran sungai, dan struktur lingkungan lainnya yang berhubungan dengan tanah berkontur atau dengan elevasi yang berbeda. Singkatnya, dinding penahan tanah adalah dinding yang dirancang untuk menahan massa tanah di atas struktur atau bangunan. Dimensi dinding penahan tanah biasanya bervariasi tergantung pada beban yang harus ditanggung untuk membuat lereng aman. Dinding penahan tanah biasanya terbuat dari kayu, batu, beton, atau baja. Bahkan saat ini, dinding penahan yang terbuat dari bahan sintetis seperti kain tebal masih digunakan. Bahan ini dikenal sebagai *geotextile* atau *geosynthetic*.

Karena beban air hujan, berat tanah, dan beban yang bekerja di atasnya, dinding penahan tanah dan geosintetik melindungi tanah dari kelongsoran dan menjaga kestabilan timbunan atau galian tanah.

Geotekstil, lembaran sintetis yang termasuk dalam kategori geosintetik, memiliki karakteristik yang membuatnya mudah tertembus oleh air. Digunakan dalam berbagai bidang teknik sipil, terutama dalam pembangunan tanah, karena pemasangannya cepat, mudah, dan mudah ditemukan. Sifatnya sebagai separator juga sangat bermanfaat dalam perkuatan geotekstil. Menurut, sifat-sifat ini sangat

penting atau membantu dalam membedakan jenis tanah tertentu dari jenis tanah lainnya, menurut (Rizkullah dan Yelvi, 2022).

2.2 Penelitian Terdahulu

Perbandingan antara penelitian yang akan dilakukan dan penelitian sebelumnya disajikan dalam bentuk tulisan dan dalam bentuk tabel, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 dibawah.

2.2.1 Menganalisis Lereng Metode Elemen Hingga Dengan Perkuatan Geotekstil

Lexy (2021) Jalan tol ini perlu memotong lereng karena berada di perbukitan. Secara geoteknik, tanah di lokasi tersebut terdiri dari tanah berbutir halus di lapisan atas dan tanah pasir di lapisan bawah. Untuk menyelesaikan masalah di atas, akan digali perbukitan lereng sedalam sekitar 15 meter. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah ini, akan dilakukan penyelidikan. Perhitungan untuk analisis ini dilakukan dengan metode elemen hingga program Plaxis 8.6 digunakan. Variasi lereng sudut 46 awal dan desain lereng geometri baru sudut 61 digunakan dalam penelitian ini. Produk PT. Prima GeotexIndo Geosistem Unggul, perkuatan geotekstil terlipat UW-250 digunakan untuk perencanaan perkuatan pada lereng yang tidak aman. Hasil pemodelan lereng asli tanpa perkuatan menghasilkan nilai SF 0,9675.

Halim (2020) telah mengevaluasi pekerjaan jalan raya Pekan Baru-Dumau yang bertempat di Provinsi Riau. Banyak jenis tanah yang ada di proyek ini. Karena tanah rawa berada di lapangan dan dapat berdampak pada penurunan tanah atau longsor, timbunan di atas tanah rawa harus dianalisis untuk menentukan tingkat keamanan terhadap longsor dan penurunan tanah pada timbunan dengan tinggi 4 m, 6 m, dan 8 m, Software PLAXIS 8.6 digunakan untuk melakukan analisis stabilitas timbunan. Ini dibuat untuk menghasilkan nilai angka aman dan angka penurunan tanah. Langkah pertama dalam memperkuat timbunan yang tidak aman dengan geotekstil adalah melakukan analisis timbunan tanah asli yang tidak diperkuat dengan PLAXIS 8.6. Timbunan tanah yang aman memenuhi syarat dengan nilai

aman minimal 1,5. Akibatnya, timbunan yang tingginya 8 meter runtuh, sehingga metode fellenius harus digunakan.

Nizar (2015) telah melakukan penelitian pada Proyek Jalan tol Balikpapan – Samarinda terletak di Provinsi Kalimantan Timur. Kondisi tanah pada proyek ini sangat beragam. Tanah eksisting di lapangan merupakan tanah rawa. Dalam pembangunan jalan tol tersebut, tanah rawa mendapat perhatian khusus karena berdampak pada penurunan tanah atau potensi longsor yang besar. Adanya potensi longsor serta penurunan tanah yang besar maka perlu dilakukan analisis timbunan diatas tanah rawa tersebut. Analisis timbunan bertujuan untuk mengetahui angka aman terhadap longsor serta angka penurunan tanah analisis stabilitas timbunan dilakukan dengan menggunakan bantuan software PLAXIS 8.6. Variasi tinggi timbunan yang digunakan adalah 2,1 m, 4,2 m, 6,3 m, 8,4 m, dan 10,5 m. Hasil perhitungan fellenius didapat angka aman sebesar 0,946. Tahap berikutnya adalah melakukan analisis yang sama pada variasi muka air 18m dan analisis pada timbunan yang telah diperkuat geotekstil. Pada analisis timbunan yang telah diperkuat geotekstil mengalami peningkatan SF serta mengecilnya angka penurunan tanah. Contoh pada timbunan muka air 20 m, timbunan dengan tinggi 2,1 meter diperoleh SF sebesar 3,2248 serta penurunan tanah sebesar 0,0964 meter. Timbunan dengan tinggi 4,2 meter diperoleh SF sebesar 3,0511 serta penurunan tanah sebesar 0,1609 meter. Timbunan dengan tinggi 6,3 meter memperoleh SF sebesar 2,5303 serta penurunan tanah 0,2308 meter. Timbunan dengan tinggi 8,4 meter diperoleh SF sebesar 2,0385 dan penurunan tanah sebesar 0,32 meter. Sedangkan pada timbunan dengan tinggi 10,5 meter diperoleh angka aman sebesar 1,7528 serta penurunan tanah didapat sebesar 0,423 meter.

2.2.2 Perkuatan Lereng Yang Dianalisis Dengan Geoslope

Lingga (2019) telah menyelidiki jalan raya di Ponorogo dan Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur. Tujuan penelitian ini adalah untuk menyelidiki faktor keamanan lereng, juga dikenal sebagai faktor keamanan, serta komponen lain yang mengubah stabilitas lereng. Sehubungan dengan masalah ini, evaluasi

kemungkinan kelongsoran pada lereng Jalan Raya Ponorogo-Trenggalek harus dilakukan baik pada kondisi asli maupun setelah diberikan alternative kekuatan. Dengan menggunakan program geoslope, analisis stabilitas lereng dilakukan secara manual. Ini dilakukan pada kondisi lereng asli, kondisi lereng setelah diberi geometri baru, dan kondisi lereng setelah penguatan geotekstil. Variasi beban dengan dan tanpa gempa digunakan dalam setiap tinjauan. Jumlah beban kendaraan adalah 15 kN/m². Hasil analisis menunjukkan bahwa safety factor 1,126 diperoleh, Faktor keamanan untuk lereng asli adalah 0,564, dan faktor keamanan manual adalah 1,1262, Lereng dianggap labil dan dapat longsor jika kedua nilainya di bawah 1,5. Analisis Stabilitas Lereng Dengan Geotekstil Plaxis menemukan bahwa faktor keamanan 2,634 untuk lereng geometri baru dengan pemodelan geotekstil panjang per zona tanpa beban gempa dan faktor keamanan 1,131 untuk perkuatan geotekstil panjang seragam tanpa beban gempa. Selain itu, untuk panjang geotekstil perzona tanpa beban gempa berturut-turut, faktor keselamatan mencapai 2,552; 2,552; dan 2,634. Sebaliknya, untuk panjang geotekstil perzona dengan beban gempa berturut-turut, faktor keselamatan mencapai 1,098; 1,098; dan 1,098.

Loga (2018) telah menganalisis lereng dilakukan untuk mengetahui tingkat keamanan suatu lereng. Peningkatan stabilitas lereng dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya adalah menggunakan perkuatan soil nailing, analisis menggunakan program geoslope akan dibandingkan dengan perhitungan manual metode Fellenius dan metode Taylor pada lereng tanpa perkuatan. asil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah dari analisis menggunakan perhitungan manual metode Fellenius menghasilkan nilai SF sebesar $0,76 < 1,5$, untuk metode Taylor menghasilkan nilai SF sebesar $0,88 < 1,5$ dan untuk program geoslope sebesar $0,86 < 1,5$. Sedangkan untuk analisis perkuatan lereng menggunakan Metode Badji dengan ketinggian 14 meter dan jarak nail 2 meter menghasilkan nilai SF 1,6, ketinggian 14 meter dan jarak nail 1 meter menghasilkan SF sebesar 2,1, ketinggian 19 meter dan jarak nail 1 meter menghasilkan SF sebesar 2,44, dan ketinggian 25 meter menghasilkan SF sebesar 2,5. Untuk analisis perkuatan lereng menggunakan program Geoslope menghasilkan nilai SF untuk pemasangan ketinggian 14 meter dan jarak nail 2 meter akibat dan tanpa beban gempa sebesar

$0,793 < 1,5$ dan $1,6 > 1,5$, SF untuk pemasangan ketinggian 14 meter dan jarak nail 1 meter akibat dan tanpa beban gempa sebesar $6,166 > 1,5$ dan $1,2 < 1,5$, SF untuk pemasangan ketinggian 19 meter dan jarak nail 1 meter akibat dan tanpa beban gempa sebesar $5,928 > 1,5$ dan $1,813 > 1,5$, SF untuk pemasangan ketinggian 25 meter dan jarak nail 1 meter akibat dan tanpa beban gempa sebesar $8,025 > 1,5$ dan $2,002 > 1,5$.

Bayu (2019) telah menganalisis lereng dilakukan untuk mengetahui keamanan suatu lereng. Peningkatan stabilitas lereng dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya adalah soil nailing. Soil nailing adalah metode perbaikan in-situ dengan cara menancapkan batang-batang baja, bamboo dan mini pile. Penelitian ini bersifat teoritis dan dimodelkan dengan menggunakan program geoslope. Analisis menggunakan program geoslope akan dibandingkan dengan perhitungan manual metode fellenius dan Bishop pada lereng tanpa perkuatan. Sedangkan untuk lereng dengan perkuatan soil nailing, analisis menggunakan program geoslope akan dibandingkan dengan perhitungan manual metode baji (wedge). Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah perhitungan manual metode fellenius didapatkan $SF = 0,9292 < 1,3$ (tidak aman) dan metode bishop didapatkan $SF = 1,125 < 1,3$ (tidak aman). Sedangkan analisis program geoslope metode fellenius didapatkan $SF = 0,933 < 1,3$ (tidak aman) dan metode bishop didapatkan $SF = 1,125 < 1,3$ (tidak aman). Untuk perhitungan soil nailing metode baji (wedge), pada sudut nail 10° didapatkan $SF = 1,5391 > 1,3$ (aman) dan program geoslope didapatkan SF tanpa beban gempa $2,294 > 1,3$ (aman) dan SF dengan beban gempa $1,278 > 1,1$ (aman). Pada sudut nail 20° didapatkan $SF = 1,5977 > 1,3$ (aman) dan program geoslope didapatkan SF tanpa beban gempa = $2,944 > 1,3$ (aman) dan SF dengan beban gempa $1,503 > 1,3$ (aman). Pada sudut nail 30° didapatkan $SF = 1,6051 > 1,3$ (aman) dan untuk program geoslope didapatkan SF tanpa beban gempa = $3,253 > 1,3$ (aman) dan SF dengan beban gempa = $1,653 > 1,3$ (aman). Dari hasil analisis ditemukan perbedaan nilai SF antara metode baji (wedge) dengan program geoslope, disebabkan karena metode baji (wedge) menggunakan bidang gelincir longsor planar dan geoslope menggunakan bidang gelincir longsor lingkaran.

2.2.3 Stabilitas Timbunan Tanah Menggunakan Perkuatan Geotekstil

Febry (2021) telah melakukan studi kasus pada proyek Balikpapan-Samarinda di Kalimantan Timur. Kondisi tanah untuk proyek ini sangat beragam. Analisis timbunan di atas tanah rawa yang akan dibangun jalan penelitian di STA 2+050 karena tanah rawa dapat menyebabkan longsor dan penurunan tanah di lapangan. Analisis stabilitas timbunan dilakukan pada STA 2+050 dengan menggunakan program Plaxis 8.2. Tinggi timbunan antara 6m, 7m, dan 10m. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mendapatkan nilai angka aman dan penurunan tanah. Perkuatan geotekstil akan digunakan untuk memperkuat timbunan yang tidak aman apabila tidak mencapai syarat angka aman setidaknya 1,5. Untuk timbunan 6 meter tinggi, kami menemukan nilai SF sebesar 1,6363 dan penurunan tanah sebesar 0,06384; untuk timbunan 7 meter tinggi, kami menemukan nilai SF sebesar 1,5019 dan penurunan tanah sebesar 0,06384, yang menunjukkan bahwa timbunan tanah sangat aman karena memenuhi syarat angka aman setidaknya 1,5. Nilai SF menjadi 1,7287 dan nilai penurunan tanah 0,272 meter setelah melakukan perhitungan dengan analisis stabilitas timbunan 10 meter yang telah runtuh sebelumnya.

Yolanda (2017) Telah melakukan penelitian dalam proyek pembangunan Terminal Multi Purpose Kuala Tanjung, penelitian difokuskan pada area behandle yang memiliki kapasitas dukung tanah asli yang sangat kecil, yang menyebabkan pembangunan konstruksi tidak dapat dilakukan di atas tanah asli tanpa melakukan preloading. Namun, kelongsoran tanah adalah masalah yang sering muncul saat menimbun. Mengatasi masalah penimbunan dengan menggunakan geotekstil atau dinding penahan tanah gravitasi adalah perlu. Bidang longsor dan angka aman akibat beban timbunan, beban kendaraan, dan beban gempa dapat dihitung dengan metode elemen hingga menggunakan perangkat lunak Plaxis 8.2 Nilai angka aman untuk timbunan tanpa perkuatan adalah 1.367, timbunan dengan perkuatan geotekstil adalah 1.590, dan timbunan dengan perkuatan dinding penahan gravitasi tanah adalah 1.515.

Diaz (2021) telah melakukan penelitian Pembangunan jalan tol Indralaya-Muara Enim merupakan jalan tol yang berada di pulau Sumatera Selatan. Pembangunan jalan tol bertujuan untuk memperlancar lalu lintas dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi pada daerah tersebut. Pada jalan tol tersebut akan dilakukan penimbunan tanah agar membentuk badan jalan, lereng timbunan yang akan dibuat dengan ketinggian 12 meter dari permukaan tanah dan masih rawan terjadi kelongsoran karena tinggi timbunan yang ekstrim. Timbunan bertahap dengan konsolidasi dan menggunakan perkuatan geotekstil bisa menstabilkan lereng timbunan yang akan dibuat. Analisis dilakukan untuk mengetahui nilai angka aman stabilitas lereng timbunan 12 meter. Permodelan dilakukan dengan membandingkan lereng timbunan tanah asli, timbunan bertahap dengan konsolidasi, dan menggunakan perkuatan geotekstil yang diolah dengan program Plaxis 2D V20 dengan memperhitungkan beban gempa. Permodelan pada penelitian ini yaitu lereng dengan kemiringan 1:1,4. Hasil penelitian menunjukkan nilai angka aman pada lereng timbunan tanah asli masa konstruksi 0,9135 dan paska konstruksi 0,7368. Timbunan bertahap 3m dengan konsolidasi memiliki nilai angka aman pada masa konstruksi 1,073 dan paska konstruksi 1,065. Dan lereng timbunan dengan perkuatan geotekstil memiliki nilai angka aman 1,331 dan 1,520. Pada lereng timbunan dengan perkuatan geotekstil memiliki nilai angka aman yang paling aman.

2.2.4 Analisis Stabilitas Timbunan dengan Metode Fellenius

Aisyah (2018) Telah melakukan penelitian Jalan tol Solo-Kertosono merupakan jalan bebas hambatan yang dibangun untuk mengurangi kemacetan kota Solo dan Semarang yang termasuk pusat perekonomian di Indonesia. Jalan tol ini diharapkan dapat memperlancar akses transportasi antar kota dan provinsi. Pembangunan jalan tol Solo-Kertosono menggunakan geotekstil dalam penimbunan badan jalan untuk meningkatkan daya dukung tanah. Analisis stabilitas timbunan dilakukan dengan metode Fellenius secara manual. Hasil analisis tanpa perkuatan dengan metode Fellenius secara manual yaitu angka aman

sebesar 1,786, sedangkan pada Geoslope tanpa pengaruh gempa sebesar 1,947 dan yang dipengaruhi gempa yaitu 1,030. Hasil analisis menggunakan perkuatan dengan metode Fellenius secara manual pada variasi panjang geotekstil dengan panjang masing-masing 10 m, 13 m dan 15 m yaitu 2,339, 2,347 dan 2,375, kemudian pada Geoslope tanpa pengaruh gempa sebesar 2,497, 2,855 dan 2,947, dan dengan pengaruh gempa yaitu 1,304, 1,422 dan 1,448. Hasil analisis menggunakan perkuatan dengan metode Fellenius secara manual pada variasi jarak vertikal antar geotekstil dengan Sv masing-masing 0,3 m, 0,4 m dan 0,6 m yaitu 2,646, 2,347 dan 2,059, pada Geoslope tanpa pengaruh gempa sebesar 2,869, 2,855 dan 2,758, sedangkan dengan pengaruh gempa yaitu 1,436, 1,422 dan 1,405. Hasil analisis menggunakan perkuatan dengan metode Fellenius secara manual pada variasi sudut kemiringan lereng dengan sudut masing-masing 19°, 25° dan 29° yaitu 2,440, 2,347 dan 2,355, sedangkan pada Geoslope tanpa pengaruh gempa sebesar 2,930, 2,855 dan 2,696, dengan pengaruh gempa yaitu 1,423, 1,422 dan 1,409.

Irham (2023) Telah menganalisis pada Proyek Jalan tol Semarang – Demak yang terletak di Provinsi Jawa Tengah dibangun dengan tujuan untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi, pemerataan pembangunan, kesejahteraan masyarakat serta pembangunan di daerah. Pembangunan tol Semarang – Demak dilakukan pada lokasi bekas sawah dan tambak, dimana pada lokasi proyek ini didominasi dengan tanah lunak. Hal ini menjadi perhatian khusus karena berdampak penurunan tanah atau potensi longsor yang besar. Dalam pengerjaannya, timbunan tanah pada Proyek Tol Semarang – Demak dilakukan perkuatan dengan menggunakan geotekstil dan prefabricated drain untuk meminimalisir terjadinya kelongsoran. Hasil analisis stabilitas timbunan pada kondisi tanah asli dengan menggunakan program PLAXIS V20 pada masa konstruksi didapatkan nilai angka keamanan pada timbunan 4 meter sebesar 1,9510, timbunan 6 meter sebesar 1,4897, timbunan 8 meter sebesar 1,2363 dan pada timbunan 10 meter sebesar 1,00. Sedangkan pada paska konstruksi nilai angka keamanan pada timbunan 4 meter sebesar 1,4041, timbunan 6 meter sebesar 1,2272, timbunan 8 meter sebesar 1,0513 dan pada timbunan 10 meter mengalami

collapse. Untuk mengetahui angka aman pada timbunan 10 meter dilakukan perhitungan dengan metode Fellenius. Hasil perhitungan dengan metode Fellenius didapatkan nilai angka keamanan sebesar 0,9098. Angka keamanan yang didapatkan pada kondisi tanah asli dengan perkuatan prefabricated drain dan geotekstil pada masa konstruksi didapatkan angka keamanan pada timbunan 4 meter sebesar 2,2325, timbunan 6 meter sebesar 2,0694, timbunan 8 meter sebesar 1,4484 dan pada timbunan 10 meter sebesar 1,1958. Sedangkan pada paska konstruksi nilai angka keamanan pada timbunan 4 meter sebesar 1,9076, timbunan 6 meter sebesar 1,6162, timbunan 8 meter sebesar 1,3814 dan pada timbunan 10 meter sebesar 1,2080. Untuk analisis penurunan tanah dengan perhitungan excess pore water pressure pada kondisi tanah asli dengan perkuatan prefabricated drain dan geotekstil pada timbunan 4 meter didapatkan nilai sebesar 0,1524 meter, timbunan 6 meter didapatkan nilai sebesar 0,2175 meter, timbunan 8 meter didapatkan nilai sebesar 0,3014 meter dan timbunan 10 meter didapatkan nilai sebesar 0,4737 meter.

Dyah (2018) Telah menganalisis Timbunan pada Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Kartasura membutuhkan solusi penyelesaian yang efektif akibat adanya tanah lunak yang menjadi fondasi timbunan tersebut. Perlu dilakukan perubahan geometri dan perkuatan timbunan agar mengurangi terjadinya longsor. Perlakuan stabilisasi timbunan tersebut akan dicari hasil yang paling efektif untuk meningkatkan stabilitas timbunan. Hasil stabilitas timbunan dengan mengubah geometri dan pemasangan perkuatan dipengaruhi oleh pembuatan desain berdasarkan metode analisis stabilitas, variasi trap dan penggunaan panjang perkuatan yang sesuai. Analisis stabilitas timbunan dilakukan dengan bantuan program Slope/W. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh peningkatan faktor aman (SF) pada variasi penambahan trap tanpa beban gempa dengan metode Fellenius, Janbu Simplified dan Morgenstern-Price sebesar 9,72%, 9,36% dan 10,8%, serta dihasilkan kondisi timbunan yang aman karena $SF > 1,5$. Sedangkan pada variasi penambahan trap dengan beban gempa terjadi peningkatan SF sebesar 1,86%, 1,94% dan 2% untuk 3 metode kesetimbangan, namun pada penambahan beban gempa ini timbunan dengan variasi tanpa trap

sampai 5 trap memiliki kondisi yang tidak aman atau labil dan setelah penambahan 6 trap timbunan ini menghasilkan kondisi yang aman. Nilai SF paling kritis dihasilkan menggunakan metode Janbu Simplified, sehingga analisis timbunan menggunakan metode tersebut dapat mengakomodir kemungkinan terjadinya longsor jika dibandingkan dengan metode lainnya. Pada timbunan dengan beban gempa, variasi panjang perkuatan geotekstil per zona terjadi peningkatan SF sebesar 1,55%, namun tidak memastikan timbunan tersebut dalam kondisi stabil. Sedangkan pada timbunan tanpa trap sampai 3 trap dengan panjang geotekstil seragam 24 m terjadi peningkatan SF sebesar 1,2% dan maksimum SF pada timbunan 3 trap, namun setelahnya SF menurun sebesar 1,1%. Timbunan dengan penambahan trap yang termasuk dalam kondisi aman dan stabil hanya sebesar 16,67%, sedangkan dengan pemasangan geotekstil panjang per zona timbunan yang aman dan stabil sebesar 40% dan dengan pemasangan panjang geotekstil seragam 24 m kondisi timbunan yang menghasilkan kondisi aman dan stabil sebesar 100%. Sehingga penggunaan panjang geotekstil seragam sepanjang 24 m dapat menjadi solusi terbaik untuk memperbaiki stabilitas timbunan menjadi stabil dan aman.

Tabel 2.1 di bawah ini menunjukkan perbedaan antara penelitian yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini dan penelitian yang telah disebutkan sebelumnya.

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terdahulu

No	1	2	3	4	5	6
Peneliti	Lexy Dua Lembang (2021)	Lingga Ardyana (2019)	Halim Indra Kharisma (2020)	Febry Kumala (2021)	Yolanda Pradita (2017)	Muhammad Haspan (2023)
Judul	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Elemen Hingga	Analisis Perkuatan Lereng Dengan Geotekstil Menggunakan Program <i>Geoslope</i>	Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Geotekstil Dengan Program <i>Plaxis</i>	Analisis Stabilitas Timbunan Tanah Menggunakan Perkuatan Geotekstil Dengan Program <i>Plaxis 8.2</i>	Analisis Stabilitas Timbunan Diperkuat Geotekstil Dan Dinding Penahan Tanah Gravitasi	Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Perkuatan Geotekstil Dengan Metode <i>Fellenius</i>
Lokasi	Ngawi, Jawa Timur	Ponorogo, Jawa Timur	Dumau, Riau	Balikpapan, Kalimantan Timur	Kuala Tanjung, Sumatera Utara	Lenanguar, Sumbawa NTB
Tujuan	untuk mengetahui nilai aman dari lereng asli secara manual & dengan plaxis, serta mengetahui seberapa besar	Mengetahui kondisi lereng eksisting sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil.	Analisis digunakan untuk melakukan analisis dan menghasilkan angka aman menggunakan program <i>plaxis</i> .	untuk menentukan nilai angka aman dan tingkat angka penurunan tanah.	untuk mengetahui bidang longsor dan angka aman akibat beban timbunan, beban kendaraan dan beban gempa dengan bantuan Program <i>Plaxis 8.2</i>	Untuk mendapatkan nilai angka aman dari lereng dengan perhitungan manual dan <i>software geoslope</i>

	penurunan tanah di lereng					
--	---------------------------	--	--	--	--	--

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu

No	1	2	3	4	5	6
Hasil	<p>Nilai SF dengan perhitungan manual adalah 0,9675, dan untuk tanpa perkuatan adalah 0,9541 pada desain geometri sudut 61 baru. Setelah timbunan dan perkuatan ditambahkan, diperoleh Nilai SF pada geometri sudut 61 baru adalah 1,2913 untuk beban struktur dan 1,2902 untuk beban gempa, dengan penurunan tahunan 0,0004088 meter. Nilai SF sudut baru adalah 1,306 untuk</p>	<p>Angka aman lereng eksisting tanpa beban gempa sebesar 1,126 dan dengan beban gempa 0,564. Perkuatan geotekstil per zona adalah Angka aman per zona adalah 1,182 untuk gempa dengan gempa dan 2,771 untuk gempa tanpa gempa, masing-masing 1,131 dan 2,634.</p>	<p>Timbunan 8 m kondisi tanpa perkuatan mengalami collapse sehingga menggunakan metode manual, Setelah geotekstil diperkuat menjadi 0,4308 m, tinggi 8 m akhirnya runtuh. , untuk yang 6m didapatkan penurunan sebesar 0,346m diperkuat menjadi 0,342 m dan 4m didapatkan nilai</p>	<p>Analisis menunjukkan bahwa timbunan 6m memiliki nilai SF 1,6363 dan penurunan tanah 0,06384; Timbunan 7m memiliki SF 1,5019 dan penurunan tanah 0,0748; timbunan 10m memiliki SF collapse, yang berada di bawah angka aman, dan penurunan tanah 0,01229. Setelah dilakukan perhitungan lagi, nilai SF menjadi 1,7287 dan penurunan tanahnya 0,272 meter.</p>	<p>Hasil analisis timbunan pada kondisi drained dengan program Plaxis didapat nilai angka aman pada timbunan tanpa perkuatan sebesar 1.367, pada timbunan dengan perkuatan geotekstil sebesar 1.590 dan pada timbunan dengan</p>	

	beban struktur 1,3679 untuk beban gempa, hasil penurunan tahunan 0,0002626 m		0,278m setelah diperkuat menjadi 0,277m.		perkuatan dinding penahan tanah gravitasi sebesar 1.515.	
--	---	--	--	--	---	--

2.3 Perbedaan Penelitian

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah pada penelitian ini penulis menggunakan metode *Fellenius* dan *Geoslope* untuk perhitungannya dengan komputasi serta melakukan perbandingan nilai faktor keamanannya baik itu dengan manual dan Program *Geoslope*. Selain itu pada penelitian ini penulis menganalisis perkuatannya menggunakan perkuatan Geosintetik yaitu Geotekstil jenis *Woven* untuk menanggulangi terjadinya longsor pada lereng. Pengujian ini dilakukan terhadap sampel tanah yang diambil dari data Dinas PUPR Provinsi NTB. Sedangkan pada penelitian terdahulu berasal dari lokasi yang berbeda-beda serta metode pengujian yang dilakukan juga berbeda, dimana penelitian terdahulu menggunakan pengujian dengan software *plaxis* dan software yang lain, dan juga pada penelitian yang lain menggunakan perkuatan yang berbeda pula seperti *soil nailing* salah satunya.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Tanah

Tanah merupakan endapan yang relatif lepas (loose) yang terletak di atas batuan dasar (bedrock). Tanah terdiri dari mineral, bahan organik, dan endapan. Karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel dapat menyebabkan ikatan antara butiran yang relatif lemah. Di antara partikel dapat ada air, udara, atau keduanya. Tanah dibentuk oleh proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi. Baik erosi, angin, air, es, manusia, atau penghancuran partikel tanah oleh cuaca atau suhu dapat menyebabkan pembentukan tanah secara fisik dari batuan induknya. Partikel dapat berbentuk bulat, bergerigi, atau bentuk di antaranya. Dalam kebanyakan kasus, pelapukan dapat terjadi sebagai hasil dari proses kimia seperti pengaruh dari proses kimia seperti oksigen, karbondioksida, air, dan banyak lagi. Sebagai contoh, tanah yang mengalami pelapukan tetap berada di tempatnya disebut tanah residual atau residual soil. Namun, tanah yang berpindah tempat disebut tanah terangkat. Menurut (Hardiyatmo, 2006).

3.2 Parameter Tanah

Tanah dapat terdiri dari banyak bagian (H. C. Hardiyatmo, 2013). Untuk Dalam tanah jenuh, tanah terdiri dari dua komponen: butiran tanah dan udara; dalam tanah tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga komponen: butiran tanah, udara, dan air. Kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ), dan berat volume (g) adalah parameter tanah yang digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis dan memasukkan nilainya ke program geoslope. Berikut penjelasan tentang kohesi, sudut geser dalam, dan berat volume.

a. Kohesi

Kohesi adalah gaya tarik menarik yang terjadi antara partikel yang diukur dalam berat per satuan luas. Kohesi, juga dikenal sebagai lekatan antara butiran

tanah, adalah parameter geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap kerusakan yang disebabkan oleh tegangan yang bekerja padanya dalam kasus ini, gerakan lateral tanah merupakan faktor yang mempengaruhi tingkat deformasi tanah. Untuk menemukan nilai kohesi dalam penelitian ini, data borlog dari Dinas PUPR Provinsi NTB yang berlokasi di Borlog 1 (BH 1) diolah. Persamaan 3.1 untuk menemukan nilai kohesi adalah sebagai berikut.

$$c = 0,1 N \quad (3.1)$$

Dimana,

c = kohesi

N = Nilai di Borlog

b. Sudut Geser Dalam

Tabel 3.1 menunjukkan hubungan antara sudut geser dalam dengan jenis tanah. Sudut geser dalam adalah sudut yang dibentuk oleh hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser di dalam material tanah. Semakin besar sudut geser dalam material, semakin tahan terhadap tegangan luar. Hubungan antara sudut geser dalam dengan jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah

Tipe Tanah	θ (°)
<i>Pasir: butiran bulat</i>	
Renggang/lepas	27-30
Menengah	30-35
Padat	35-38
<i>Pasir: butiran bersudut</i>	
Renggang/lepas	30-35
Menengah	35-40
Padat	40-45
<i>Kerikil bercampur pasir</i>	34-48
Lanau	26-35

(Sumber: Das, 1994)

c. Berat Volume

Berat volume tanah, yang diukur dalam berat per volume, akan menentukan gaya geser penyebab kelongsoran pada permukaan bidang longsor. Tabel 3.1 menunjukkan korelasi nilai NSPT terhadap sudut geser dalam dan berat volume, dan hubungan antara sudut geser dalam dan jenis tanah ditunjukkan dalam Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Korelasi Nilai N-SPT

N	γ (kN/m ³)	ϕ (°)
0-4	11-13	26-28
4-10	14-16	29-34
10-30	17-19	35-40
30-50	20-21	38-45
>50	>21	>45

(Sumber: Budhu, 2012)

3.3 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi jenis tanah yang berbeda dibagi menjadi kelompok-kelompok berdasarkan cara mereka digunakan. Sistem klasifikasi menurut (Das,1994), sistem klasifikasi ini memberikan penjelasan singkat tentang 17 sifat tanah yang umumnya bermacam-macam. Namun, penjelasan ini tidak memberikan penjelasan yang jelas tentang kemungkinan pemakaiannya. Salah satu tujuan dari Sistem klasifikasi tanah memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat fisik tanah serta mengelompokkannya menurut perilaku umum tanah. Tanah disusun dalam urutan berdasarkan kondisi fisik tertentu, dan tujuan sistem klasifikasi tanah adalah untuk menentukan apakah tanah cocok untuk penggunaan tertentu atau untuk memberikan data dasar tentang keadaan tanah di berbagai wilayah. Selain itu, menurut (Bowles ,1989), klasifikasi tanah bermanfaat untuk studi lebih lanjut tentang keadaan tanah dan pengujian sifat teknis seperti sifat pemadatan, kekuatan, dan berat isi.

Menurut (Verhoff, 1994), ada tiga kategori tanah yang berbeda antara lain:

1. tanah butiran kasar (pasir, kerikil),
2. tanah butiran halus (lanau, lempung), dan
3. tanah campuran.

Berbutir (pasir, kerikil) adalah tidak kohesif (tidak saling mengikat), sedangkan lanau atau lempung seringkali terbukti kohesif. Penumpukan butir, juga dikenal sebagai "kerangka butiran," menentukan struktur tanah yang tidak berkohesi. Di sisi lain, struktur Tanah biasanya diklasifikasikan sebagai tanah berbutir kasar dan berbutir halus, atau tanah kohesif dan tidak kohesif. Namun, klasifikasi ini terlalu umum sehingga memungkinkan untuk mengidentifikasi tanah dengan karakteristik yang hampir identik. Berikut merupakan tabel jenis jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3. 3 Jenis – Jenis Tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam
Kerikil Kepasiran	35-40
Kerikil Kerakal	35-40
Pasir Padat	35-40
Pasir Lepas	30
Lempung	20-30

(Sumber: Das, 1994)

3.4 Lereng

Lereng adalah suatu kondisi permukaan tanah dimana tanah memiliki perbedaan elevasi antara satu daerah dengan daerah yang lain dan membentuk kemiringan tertentu. Berdasarkan asal pembentukannya lereng terbagi menjadi dua macam yaitu lereng yang terbentuk oleh alam dan lereng yang terbentuk akibat ulah manusia.

Dalam Teknik Sipil, ada tiga jenis lereng, antara lain:

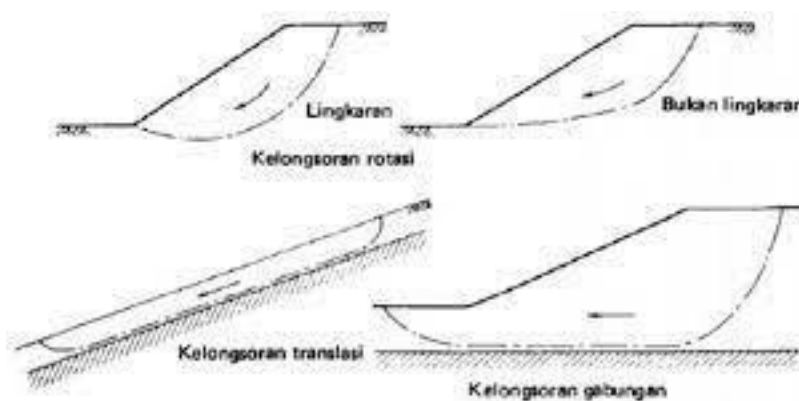
1. lereng alam, Lereng yang dibentuk oleh proses alam, yang terjadi secara alamiah. Contohnya, pada lereng suatu bukit.
2. lereng yang berasal dari tanah asli, misalnya ketika tanah dipotong untuk membangun jalan, struktur, bangunan, atau saluran air untuk irigasi, dan
3. lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan untuk digunakan sebagai tanggul jalan. Ketiga jenis lereng ini memiliki kemungkinan longsor karena bagian gravitasi berat bergerak dari elevasi lebih tinggi ke elevasi lebih rendah karena tanah yang tidak rata.

Karena lereng tidak dapat menahan gaya geser, yang terjadi pada batas antara massa yang bergerak dan massa yang stabil, longsor lereng terjadi. Berikut tiga kategori utama terjadinya kelongsoran sebagai berikut ini.

1. Kelongsoran rotasi (*rotational slips*), Jika longsor rotasi tanah bergerak pada bidang datar, maka jenis rotasi biasanya melibatkan massa tanah dan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk cekungan.

2. Kelongsoran translasi (*translational slips*), Jenis longsor paling umum ini merupakan peristiwa dimana Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir yang bisa berbentuk rata atau bergelombang landai.
3. Kelongsoran gabungan (*compound slips*), terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang lebih dalam. Hal ini umumnya terjadi karena runtuhnya terdiri dari potongan kurva dan bidang.

Berikut Gambar 3.1 mengenai macam-macam kelongsoran



Gambar 3. 1 Macam Kelongsoran

(Sumber : Hardiyatmo, 2008)

3.5 Faktor-Faktor Terjadinya Kelongsoran

Masyarakat Indonesia harus memahami proses dan penyebab tanah longsor, terutama bagi mereka yang tinggal di lereng dengan ketinggian yang curam. Berbagai macam faktor dapat memengaruhi beberapa penyebab kelongsoran, antara lain. Korban tanah longsor selalu terjadi di masa lalu. Tidak mudah untuk mengetahui kapan bencana alam akan terjadi, tetapi mengetahui penyebabnya bisa membantu mencegah bencana tanah longsor. Selain itu, perbedaan faktor-faktor ini berbeda dalam cara mereka mempengaruhi kestabilan lereng. Faktor-faktor ini termasuk geologi, topografi, perubahan iklim, perubahan struktur tanah lempung dan lanau, dan efek air dalam tanah. Perbedaan antara faktor-faktor ini sebagai berikut.

1. Pengaruh Geologi

Ternyata pengendapan sedimen adalah proses geologi yang memungkinkan pembentukan lapisan kulit bumi yang memiliki kecenderungan untuk mengalami kelongsoran. Sebagai contoh, Air berada di dasar tiap lapisan, yang secara visual menyerupai sungai. Ketika sungai mengalir ke laut dan membawa dua puluh partikel halus jumlah yang berbeda tergantung pada volume dan kecepatan aliran partikel-partikel ini mengendap di dasar laut dan membentuk lapisan tanah. Tergantung pada arus air laut, penyebaran pengendapannya dapat merata atau tidak merata. Akibatnya, tekanan air akan meningkat ketika banyak air memasuki lapisan pasir tipis sementara pengeluaran air berkurang.. Akibatnya, kelongsoran terjadi. Sebaliknya, ketika air memasuki lapisan pasir tebal sehingga lapisan tidak jenuh sepenuhnya, lapisan tersebut bahkan dapat berfungsi sebagai drainase alami.

2. Pengaruh Topografi

Topografi adalah kondisi permukaan tanah yang mencakup lahan, vegetasi, dan tindakan manusia terhadap lingkungannya. Tanah longsor disebabkan oleh topografi yang curam, besarnya sudut kemiringan lereng, air, beban, dan berat jenis tanah batuan. Terjadi pergeseran tanah atau longsor karena kekuatan pendorong dari dataran yang lebih tinggi tidak diimbangi dengan penahan yang kuat.

3. Pengaruh Cuaca

Karena peningkatan intensitas curah hujan, ancaman tanah longsor biasanya dimulai pada musim hujan. Musim kering yang lama menyebabkan banyak air menguap di permukaan tanah, yang menyebabkan pori-pori atau rongga di tanah muncul, menyebabkan retakan dan merekahnya tanah. Ketika hujan, air akan menyusup ke area yang retak, menyebabkan tanah mengembang dengan cepat. Sangat sering terjadi hujan dengan intensitas tinggi pada awal musim hujan, menyebabkan kandungan air di tanah menjadi jenuh dalam waktu singkat. Karena air akan masuk melalui tanah yang merekah dan terakumulasi di dasar lereng, hujan lebat pada awal musim dapat menyebabkan longsor (Subowo,

2003). Selain itu, kadar air tanah meningkat sebagai akibat dari hujan yang intens dan berkepanjangan. Ini menurunkan ketahanan tanah dan batuan, dan peningkatan intensitas hujan menyebabkan bidang gelincir yang menyebabkan tanah longsor (Suryaatmojo dan Seodjoko, 2008).

4. Perubahan Struktur Tanah Lanau

Kekuatan geser tanah lanau dan lempung berkurang karena penyerapan air dan susut tanah. Pertukaran ion, di mana ion bebas mineral lempung digantikan oleh ion mineral lain, adalah penyebab kedua kehilangan kekuatan geser. Dalam kebanyakan kasus, Untuk membuat proses lebih cepat, kedua komponen ini bekerja sama. Misalnya, lempung secara bertahap menjadi lebih lunak dan lebih lemah ketika tanah lempung menyerap air yang mengandung larutan garam. Di sisi lain, ion garam dapat menggantikan ion bebas mineral lempung, yang menyebabkan perubahan dalam susunan ion lempung, yang secara otomatis berdampak pada kekuatan lempung.

5. Pengaruh Air Dalam Tanah

Tekanan air pori adalah faktor utama yang menyebabkan kelongsoran, karena kebanyakan kelongsoran memiliki air di dalamnya. Lapisan tanah kohesif dapat melunak karena penyerapan air dan konsentrasi air yang tinggi. Ini akan menghasilkan penurunan nilai kohesi dan sudut geser lapisan, yang pada gilirannya akan menghasilkan penurunan kekuatan geser. Erosi, yaitu pengikisan lapisan oleh aliran air, dapat terjadi karena aliran air mengganggu keseimbangan lereng. Tabel 3.4 berikut menunjukkan nilai kapasitas dukung terzaghi.

Tabel 3. 4 Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi

ϕ	Nc	Nq	Ny	Φ	Nc	Nq	Ny
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	984
1	6.00	1.10	0.01	27	29.24	14.21	11.60

Lanjutan Tabel 3.4 Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi

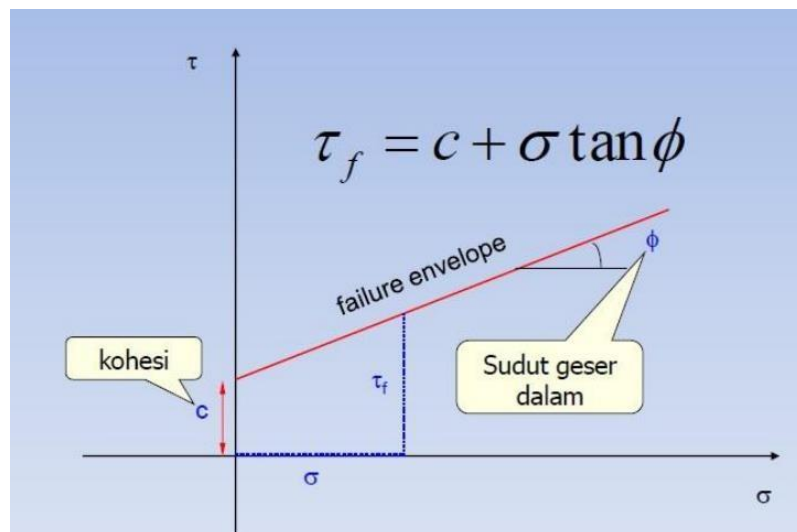
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	15.15
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.32	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	26.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12,86	4,45	1,52	41	106,81	93,85	140,51
16	13,68	4,92	1,82	42	119,67	108,75	171,99
17	14,60	5,45	2,18	43	134,58	126,50	211,56
18	15,12	6,04	2,59	44	151,95	147,74	261,60
19	16,56	6,70	3,07	45	172,28	173,28	325,34
20	17,69	7,44	3,64	46	196,22	204,19	407,11
21	18,92	8,26	4,31	47	224,55	241,80	512,84
22	20,27	9,19	5,09	48	258,28	287,85	650,67
23	21,75	10,23	6,00	49	298,71	344,63	831,99
24	23,36	11,40	7,08	50	347,50	415,14	1072,80
25	25,13	12,71	8,34				

3.6 Kuat Geser Tanah

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 (Hardiyatmo, 2002) yang menahannya antara lain :

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

Rumus menurut (Coulomb, 1776) dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Grafik Mohr dan Coulumb

Dengan :

r = kuat geser tanah (kN/m^2)

c = kohesi tanah

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

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m^2)

Ada beberapa cara untuk menentukan kuat geser tanah, antara lain :

1. pengujian geser langsung (*Direct shear test*)
2. pengujian triaksial (*Triaksial test*), dan
3. pengujian tekan bebas.

Pengujian kuat geser ini dilakukan untuk mendapatkan parameter kuat geser yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

3.6.1 Geser Langsung

Suatu percobaan untuk memperoleh kuat geser tanah dengan percobaan geser langsung. Dimana tahanan geser diukur pada suatu cincin uji (*proving ring*), dan harga maksimum adalah kekuatan geser tanah pada bidang keruntuhan. Kuat geser tanah ini diperoleh dengan contoh tanah yang dibebani bermacam-macam beban tekan dan digambar suatu grafik dari tegangan geser terhadap tegangan tekan, biasanya memberikan suatu grafik garis lurus.

3.6.2 Triaksial

Tujuan pengujian ini untuk mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam tanah (ϕ). Mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam tanah (ϕ) pada pengujian triaksial ini bisa dengan penggambaran sampel mohr dan rumus kuat geser tanah

3.7 Stabilitas Lereng

Buku Mekanika Tanah 2 Edisi ke-5 yang diterbitkan oleh (Hardiyatmo, 2014) menyatakan bahwa komponen gravitasi cenderung menggerakkan tanah ke bawah pada permukaan tanah yang tidak horizontal atau miring. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, lereng akan longsor. Analisis stabilitas lereng adalah analisis yang sering digunakan dalam perancangan bangunan seperti jalan kereta api, bandara, bendungan, urugan tanah, saluran, dan bangunan lainnya yang memiliki permukaan tanah miring. Analisis stabilitas lereng

biasanya dilakukan untuk memverifikasi keamanan lereng alam, lereng galian, dan lereng urugan tanah.

Massa tanah cenderung bergerak ke arah permukaan yang lebih rendah pada permukaan tanah yang tidak datar atau mempunyai sudut kemiringan. Analisis stabilitas lereng adalah salah satu analisis yang banyak digunakan dalam perencanaan konstruksi seperti timbunan jalan raya, galian lereng untuk jalan raya, dan konstruksi tubuh bendung. Elemen keamanan dari area yang berpotensi longsor adalah tujuan utama analisis ini. Konsep keseimbangan batas umum (juga dikenal sebagai keseimbangan batas umum) adalah dasar analisis stabilitas. Gagasan ini memungkinkan untuk menghitung faktor keamanan (SF) yang melawan gaya runtuh pada stabilitas lereng tersebut.

Analisis stabilitas lereng sangat sulit karena banyak variabel memengaruhi hasil hitungan. Ini mencakup aliran rembesan air dalam tanah, kondisi tanah yang anisotropis dan berlapis-lapis. Menurut (Terzaghi, 1987) mendefinisikan dua sumber longsor lereng, pengaruh dalam (yang menyebabkan longsor) dan pengaruh luar (yang menyebabkan longsor tanpa mengubah keadaan luar atau gempa bumi). Contohnya, galian tanah yang lebih dalam dan erosi sungai yang disebabkan oleh aktivitas manusia mempertajam kemiringan tebing. Pengaruh luar juga mencakup faktor-faktor yang menyebabkan gaya geser meningkat. Tanpa perubahan geser tanah yang signifikan. Pengaruh peningkatan tekanan air pori di dalam lereng adalah contoh umum dari kondisi ini.

Ada berbagai cara yang dapat digunakan untuk menilai stabilitas lereng. Menurut (Panglar, 1985) membagi analisis stabilitas lereng menjadi tiga cara yaitu: visual, komputasi, dan grafik. Faktor Keamanan lereng menunjukkan stabilitasnya. Kuat geser yang diperlukan untuk analisis stabilitas lereng (τ_d) untuk mempertahankan keseimbangan di sepanjang bidang longsor 24 dihitung dan dibandingkan dengan kuat geser yang tersedia (τ).

Dalam kondisi ini, faktor keamanan dianggap tetap di sepanjang permukaan bidang longsor, seperti yang ditunjukkan oleh rasio kuat geser yang tersedia

terhadap yang dibutuhkan. Oleh karena itu, proporsi konstan kuat geser yang tersedia bergerak untuk mencegah penggelinciran di setiap titik di bidang longsor.

Tujuan utama dari analisis stabilitas lereng adalah untuk mendukung perancangan galian, timbunan, bendungan urugan, dan proyek lain yang aman dan ekonomis. Evaluasi stabilitas lereng mencakup: identifikasi faktor geologi, material, lingkungan, dan ekonomi yang akan mempengaruhi proyek; dan pemahaman karakteristik ukuran besar dan frekuensi masalah lereng yang mungkin terjadi.

Pertimbangan geologi harus dilakukan sebelum melakukan analisis stabilitas lereng. Menurut (Abramson, 1996). Beberapa faktor geologi yang mempengaruhi stabilitas lereng termasuk struktur geologi, *discontinuity*, tegangan di dalam tanah, pelapukan yang disebabkan oleh perubahan iklim, aktivitas longsor sebelumnya, dan mineralogi lempung.

Rumus keamanan lereng adalah perbandingan kuat geser dan tegangan geser, dapat dilihat pada Persamaan 3.2 dibawah ini.

$$SF = \frac{rf}{rd} \quad (3.2)$$

Dimana,

SF = faktor aman,

rf = tahanan geser maksimum,

rd = tegangan geser maksimum

(Das, 1994) mengatakan faktor keamanan biasanya didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya pendorong dan gaya penahan. Gaya pendorong, juga disebut gaya pendorong, adalah gaya yang menyebabkan kelongsoran (Duncan, 2004). Untuk $SF < 1$ menunjukkan lereng dianggap longsor, $SF = 1$ menunjukkan bahwa lereng dalam keadaan labil atau kritis, dan $SF > 1$ menunjukkan bahwa lereng aman. Menurut teori (Mohr-Coulomb, 1980) gaya yang menahan tahanan geser tanah maksimum (τ) yang dapat dimobilisasi oleh tanah sepanjang bidang longsor disebut longsor. Di bawah ini adalah Persamaan 3.3 untuk tahanan geser maksimum.

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (3.3)$$

Dimana,

τ = kuat geser tanah,

c = kohesi,

σ = tegangan normal,

φ = sudut geser tanah.

Nilai faktor keamanan berdasarkan intensitas kelongsoran ditunjukkan pada Tabel 3.5 di bawah, menurut SNI 8460 : 2017 Faktor keamanan stabilitas lereng, juga dikenal sebagai SF, nilai yang lebih besar atau sama dengan 1,5 maka lereng tersebut dinyatakan aman dan stabil. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.5 dibawah ini.

Tabel 3. 5 Nilai Keamanan Lereng

Biaya dan Konsekuensi dari kegagalan lereng	Tingkat ketidakpastian kondisi analisis	
	Rendah ^a	Tinggi ^b
Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,25	1,5
Biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,5	2,0 atau lebih

^aTingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan rendah, jika kondisi geologi dapat dipahami, kondisi tanah seragam, penyelidikan tanah konsisten, lengkap dan logis terhadap kondisi di lapangan.

^bTingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan tinggi, jika kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan.

(Sumber : SNI 8460 : 2017)

3.8 Metode Stabilitas Lereng

Metode yang digunakan untuk melakukan analisis stabilitas ini beragam dan beragam. Memilih metode biasanya bergantung pada kondisi tanah dan lereng yang ditinjau. Peneliti dapat mempermudah pemeriksaan kondisi tanah dan lereng di lapangan dengan metode yang dipilih.

3.8.1 Metode Fellenius

Pada arah tegak lurus bidang longsor, gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari setiap irisan memberikan hasil nol dalam analisis stabilitas lereng Fellenius. Data berikut adalah yang diperlukan untuk perhitungan sederhana untuk menemukan nilai F (faktor keamanan lereng) yaitu :

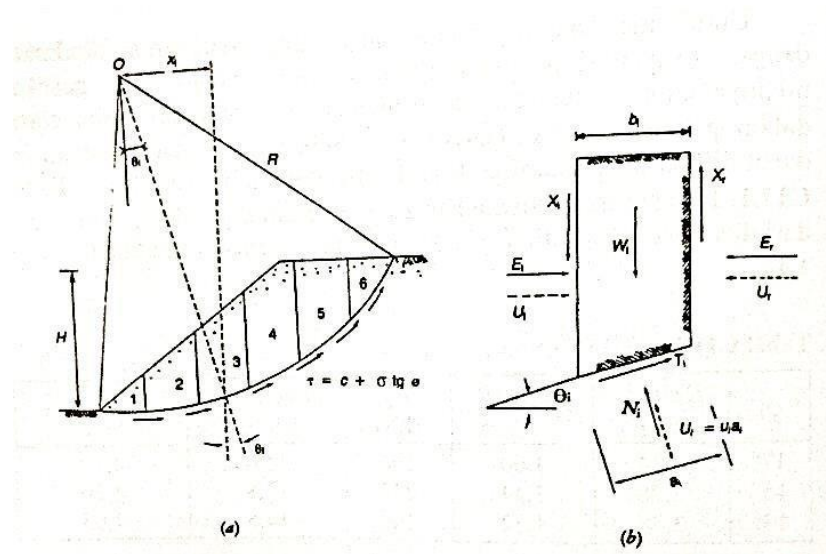
- a. data lereng meliputi sudut lereng, tinggi lereng, atau panjang lereng dari kaki lereng ke puncak. Data ini sangat penting untuk membuat penampang lereng, dan
- b. data mekanika tanah
 - sudut geser dalam (ϕ)
 - isi tanah basah (γ_{wet} ; g/cm^3 atau kN/m^3 atau ton/m^3)
 - kohesi (c ; kg/cm^2 atau kN/m^2 atau ton/m^2)
 - kadar air dalam tanah ($\omega\%$).

Dengan demikian, Persamaan 3.4 dan 3.5 di bawah ini menunjukkan Gambar 3.2 keseimbangan arah vertikal dan gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori serta gaya yang bekerja pada irisan.

$$N_i + U_i = W_i \cos \theta_i \quad (3.4)$$

atau

$$\begin{aligned} N_i &= W_i \cos \theta_i - U_i \\ &= W_i \cos \theta_i - u_i a_i \end{aligned} \quad (3.5)$$



Gambar 3. 2 Gaya – Gaya Pada Irisan

(Sumber: Hardiyatmo, 2008)

Rumus 3.6 untuk faktor aman diantaranya adalah

$$F = \frac{\text{jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}}$$

$$F = \frac{\sum Mr}{\sum Md} \quad (3.6)$$

Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah $R \sin \theta$, menurut Persamaan 3.7, maka,

$$\sum Mr = R \sum_{i=1}^n (W_i \sin \theta_i) R \quad (3.7)$$

Dimana,

R = jari-jari lingkaran di bidang longsor

n = banyaknya irisan

W_i = berat massa tanah di irisan ke- i

θ_i = sudut

Persamaan 3.8 momen mencegah tanah yang akan longsor adalah :

$$\sum Mr = R \sum_{i=1}^{i=n} (c a_i + N_i \operatorname{tg} \varphi) R + \sum_{i=1}^m T_i y_i \quad (3.8)$$

Lalu Persamaan 3.9 untuk nilai faktor keamanan adalah :

$$SF = \frac{R \sum_{i=1}^{i=n} (c a_i + N_i \operatorname{tg} \varphi) + \sum_{i=1}^m T_i y_i}{\sum_{i=1}^{i=n} (W_i \sin \theta_i) R} \quad (3.9)$$

Persamaan 3.9 digunakan dalam kondisi tanah belum jenuh air dan tanpa pengaruh muka air tanah.

Persamaan 3.9 diubah menjadi Persamaan 3.10 dalam tegangan efektif jika terdapat tekanan air pori pada lereng.

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (c a_i + W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \operatorname{tg} \varphi + \sum_{i=1}^m T_i y_i}{\sum_{i=1}^{i=n} (W_i \sin \theta_i) R} \quad (3.10)$$

Dimana,

SF = *Safety Factor*

c = kohesi dalam tanah (kN/m)

φ = sudut gesek tanah ($^{\circ}$)

a_i = Panjang lengkung lingkaran di irisan ke-i

W_i = berat irisan pada tanah ke-i

u_i = tekanan air pori di irisan ke-i

θ_i = sudut dalam gambar ($^{\circ}$)

Metode Fellenius menggunakan hitungan yang lebih teliti untuk menghasilkan faktor aman yang lebih rendah. Faktor-faktor aman seperti sudut pusat lingkaran dan tekanan air pori dapat memengaruhi tingkat kesalahan, yang dapat berkisar antara 5% dan 40% (Whitman dan Bely, 1969). Stabilitas lereng dan rumusnya dapat dihitung dengan Metode Fellenius. Karena metode hitungan sederhana dan kesalahan pada sisi yang aman, metode ini telah banyak digunakan dalam praktik.

3.9 Geotekstil

Geotekstil merupakan suatu bahan sintesis permeable yang bahan dasarnya terbuat dari tekstil polimer seperti polyester atau polypropylene. Geotekstil dapat digunakan atau berfungsi sebagai separator, filter, proteksi, dan perkuatan. Secara umum geotekstil terbagi menjadi dua jenis yaitu geotekstil teranyam (woven) dan geotekstil tak teranyam (non woven). Fungsi geotekstil woven yaitu sebagai bahan stabilisasi tanah dasar (terutama pada tanah dasar lunak), karena mempunyai tensile strength (kuat tarik) yang lebih tinggi dibandingkan dengan geotekstil non woven. Dalam geotekstil, tulangan berfungsi sebagai perkuatan. Karena tanah secara alami tidak dapat menahan gaya tarik, geotekstil berfungsi untuk menahan gaya tarik. Menurut (Hardiyatmo, 2007).

3.9.1 Jenis dan spesifikasi Geotekstil

1. Geotekstil Woven

Geotextile yang ditenun atau ditenun adalah produk geosynthetic yang berbentuk anyaman, biasanya dua arah (atas dan bawah). Terbuat dari tape silt polypropylene. Untuk mencapai tingkat keamanan struktur yang diharapkan, geotekstil terikat memberikan kuat tarik yang paling tinggi dengan berat tahan yang paling rendah, yang membuatnya sangat hemat biaya. Woven geotextile tidak mudah robek atau koyak saat digunakan di lapangan. Saat digunakan sebagai lapisan pemisah atau separator, struktur anyaman geotekstil yang kekar (double twist) menjamin kekuatan tekanan hingga 40 kN/m. Karena ketika Fungsi pemisah akan terganggu karena material pemisah ini sudah koyak saat dipasang. Geotextile dibuat dari benang atau serat *polymer* yang bahan dasarnya *polyester* atau polypropylene dan berbentuk lembaran. Gambar 3.3 menunjukkan geotekstil terlipat yang mempunyai kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis geotekstil yang tidak terlipat. Selain itu, geotekstil terlipat memiliki permeabilitas dan memiliki kekuatan tekan (TS) yang tinggi.



Gambar 3. 3 Geotekstil Woven

(Sumber: PT. Sinar Jaya Abadi Perkasa Utama)

2. Geotekstil *Non-Woven*

Jenis geotekstil yang tidak teranyam terbuat dari *polyester* dan *polypropylene* dan dirancang untuk memaksimalkan kinerja per satuan berat. *Geotextile Non-Woven* ini cocok untuk lapisan pemisah dan penyaring karena ketahanan mekanik dan hidrolis yang luar biasa. karena tahan puncture yang tinggi untuk memastikan bahwa material tidak rusak saat digunakan. Meskipun geotextile yang tidak terikat memiliki permeabilitas yang tinggi dan menahan butiran tanah dengan baik sambil menjaga aliran air tetap lancar karena memiliki bukaan pori yang kecil. Karena banyaknya butiran tanah yang lolos, kriteria ini sangat penting untuk drainasi yang membutuhkan tidak adanya penyumbatan (*clogging*) pada media drainasi. Ketika diterapkan untuk membangun filter di bawah riprap, hal ini juga berlaku. Meskipun geotextile tidak rapat dengan tanah atau pasir, ia tetap memungkinkan aliran air berjalan lancar. Ini menunjukkan bahwa tekanan hidrodinamis dan hidrostatik air sama

sekali tidak meningkat. Dengan demikian, stabilitas timbunan terganggu. Gambar 3.4 dibawah menunjukkan gambar geotekstil non-woven.



Gambar 3. 4 Geotekstil *Non-Woven*
(Sumber: PT. Kencana Tiara Gemilang)

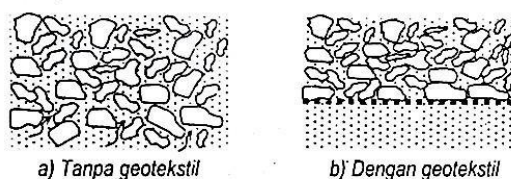
3.9.2 Fungsi Geotekstil

Ketika ingin melakukan perancangan dengan menggunakan geosintetik, maka fungsi geosintetik yang nantinya akan diaplikasikan harus ditetapkan terlebih dahulu, kemudian dipilih jenis material yang cocok. Fungsi-fungsi geotekstil diantaranya:

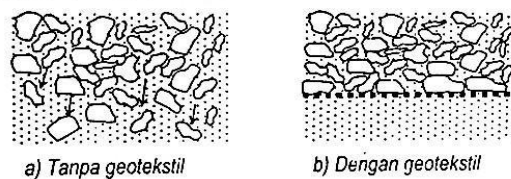
1. Fungsi Pemisah

Jika geotekstil, bahan sintetis yang fleksibel, dipasang di antara dua material yang berbeda, integritas keduanya akan terjaga, sehingga ke dua material tetap menjadi bahan tetap utuh, meningkatkan kekuatan sistem geosintetik. Dalam (Hardiyatmo, 2008) membuat ilustrasi perbedaan mekanisme gerakan butiran akibat penggunaan geotekstil pada tanah dasar lunak yang berfungsi sebagai pemisah, seperti dalam Gambar 3.5 dibawah ini.

A. Mekanisme butiran halus tanah-dasar terpompa ke dalam rongga batuan



B. Mekanisme batuan melesak ke dalam tanah-dasar



Gambar 3.5 Mekanisme diferensiasi dalam gerakan butiran tanah

(Sumber: Hardiyatmo, 2008)

2. Fungsi Filtrasi

Untuk berfungsi sebagai filter, geotekstil harus memiliki aliran cairan tegak lurus bidang lemarannya. Pada waktu yang sama, geotekstil harus dapat menahan tanah di bagian hulunya untuk mencegah butiran tanah mengalir bersama aliran. Permeabilitas yang tinggi, yang membutuhkan ukuran lubang bukaan pori-pori geotekstil, diikuti oleh kemampuan geotekstil untuk menahan butiran tanah agar tidak mengalir, yang membutuhkan susunan benang yang rapat, dan mencegah butiran tanah bergerak melaluinya.

3. Fungsi Tulangan

Lapisan penguatan, tanah umumnya tidak dapat menahan tegangan tarik. Kondisi tersebut biasanya membutuhkan konstruksi geoteknik yang mahal. Sebagai contoh, lereng yang curam mungkin masih aman jika dibuat dari tanah urugan dan dibuat dengan kohesi tinggi. Namun, jika dibuat dari tanah urugan, biasanya dibuat tembok penahan tanah. Jika tembok penahan tanah dibuat dari beton bertulang, akan membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang tinggi karena dimensinya yang besar dan membutuhkan area yang luas. Geotekstil dapat digunakan sebagai penguatan pada tanah karena memiliki kemampuan untuk menahan tarikan dan menahan geser karena gesekan tanah.

4. Fungsi Drainase

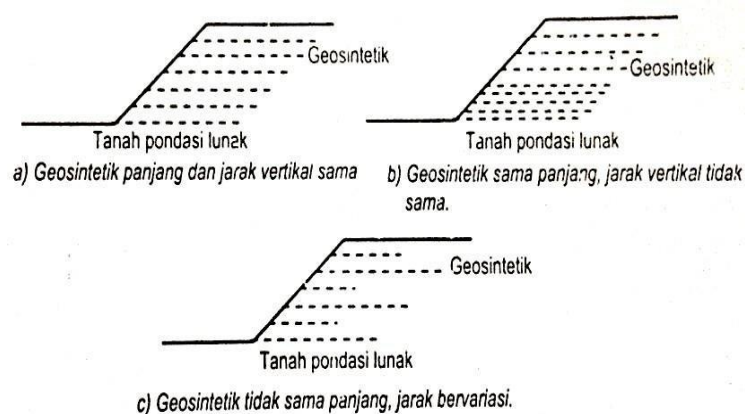
Untuk mengimbangi sistem terhadap tanah, drainase geotekstil memungkinkan aliran bebas mengalir searah bidangnya selama jangka waktu yang lama.

5. Fungsi Perlindungan

Menggunakan material geotekstil di bawah lapisan pelindung lereng melindungi lereng sungai atau bahan dasar dari erosi yang disebabkan oleh gerusan air sungai.

3.9.3 Perkuatan Geotekstil Lereng

Pada perkuatan lereng dengan geotekstil dibawah ini menunjukkan cara memasang perkuatan untuk memperkuat lereng timbunan dengan kemiringan yang lebih landai. Geotekstil dapat dipasang dengan panjang yang sama atau berbeda. Meskipun biasanya dipasang dengan panjang yang sama, ada kemungkinan bahwa panjangnya berbeda. Geotekstil berfungsi sebagai tulangan sekunder pada panjang yang lebih pendek. Tulangan sekunder mengurangi kelongsoran lereng dangkal dan mengatasi masalah tingkat kepadatan tanah di pinggir lereng timbunan yang biasanya sulit diatasi. Geotekstil juga dipasang di pinggir timbunan untuk memberikan stabilitas permukaan dan tahanan lateral selama pemadatan. Gambar 3.6 menunjukkan jenis perletakan geotekstil yang digunakan untuk memperkuat lereng.



Gambar 3. 6 Tipe perletakan geotekstil untuk lereng

(Sumber : Hardiyatmo, 2008)

Faktor internal dan eksternal mempengaruhi pilihan jenis geotekstil yang akan digunakan di lapangan. Kekuatan jenis geotekstil ditentukan oleh kedua faktor ini.

3.9.4 Penggunaan *Geotextile* Untuk Perkuatan Tanah

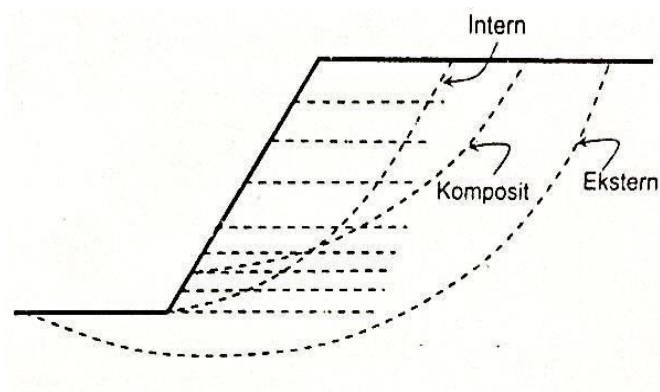
Dalam teknik sipil, *geotextile* memiliki banyak manfaat, salah satunya adalah memperkuat tanah, terutama tanah lereng. Di sini, tanah berperan penting dalam bidang keteknik sipil karena akan menopang bangunan di atasnya. Bangunan di atas tanah yang labil bisa dipastikan tidak stabil atau mudah roboh. Christopher et al. (1990) mengatur:

1. Lereng tanah bertulang adalah struktur timbunan dengan lereng $<70^\circ$ yang diperkuat.
2. Struktur dengan kemiringan lereng lebih dari 70° yang memperkuat lereng dikenal sebagai struktur dinding penahan tanah.

Sementara dalam perancangan lereng bertulang direkomendasikan:

1. Teori stabilitas lereng digunakan untuk perancangan lereng tanah bertulang dengan kemiringan $<70^\circ$.
2. Jika lerengnya lebih dari 70° , dinding (wall) dapat digunakan, dan perhitungan perancangan dilakukan menggunakan teori tekanan tanah lateral.

Metode stabilitas lereng, yang didasarkan pada teori keseimbangan batas, biasanya digunakan untuk menganalisis lereng bertulang. Di bawah ini adalah gambar model keruntuhan lereng, yang dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Model keruntuhan lereng

(Sumber: Hardiyatmo,2013)

Faktor aman lereng tak bertulang (SFu), yang ditentukan dalam Persamaan 3.11 berikut, dihitung menggunakan analisis stabilitas lereng tanah tak bertulang klasik.

$$SFu = \frac{\text{Momen menahan } (Mr)}{\text{Momen menggerakkan } (Md)} \quad (3.11)$$

3.9.5 Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil Panjang per Zona

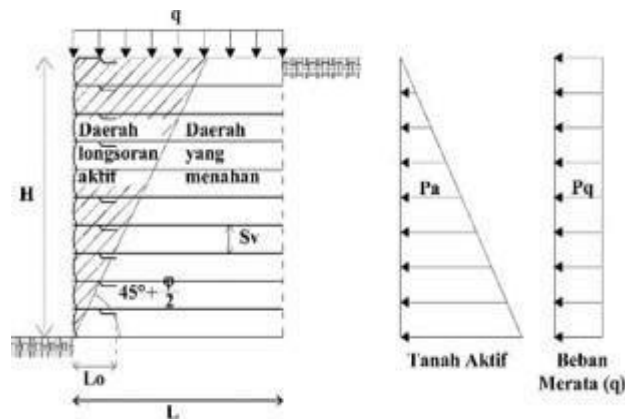
Perhitungan ini melihat dua jenis longsoran tanah: longsoran segitiga dan longsoran trapezium. Studi lanjutan akan mempelajari kedua jenis longsoran ini. Analisis tegangan, seperti analisis dinding penahan tanah, digunakan untuk menentukan stabilitas gaya internal. Bentuk longsoran tanah segitiga dan trapesium ditunjukkan pada Gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3. 8 Model Longsoran Tanah

(Sumber: Suryolelono, 1993)

Untuk Gambar 3.9 menunjukkan gambaran gaya yang bekerja pada perkuatan.



Gambar 3. 9 Karakteristik pada Daerah Perkuatan

(Sumber: Suryolelono, 1993)

1. Stabilitas internal

Tegangan tanah sendiri dan beban merata di atasnya menyebabkan tegangan horizontal tanah.

Dibawah ini Persamaan 3.12 untuk menghitung koefisien tanah aktif

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (3,12)$$

Dimana :

K_a : koefisien tanah aktif

Φ : sudut geser ($^\circ$)

Selanjutnya, Persamaan 3.13 digunakan untuk menghitung tekanan tanah horizontal.

$$\sigma_{hc} = q.K_a + K_a.H_i.\gamma \quad (3,13)$$

Dimana,

σ_{hc} : tekanan tanah horizontal (kN/m²)

q : beban merata (kN/m)

K_a : koefisien tanah aktif

H_i : tinggi tanah dihitung dari permukaan tanah (m)

γ : volume tanah (kN/m³)

Lalu mencari jarak vertikal antar geotekstil (S_v) dilihat di Persamaan 3.14 berikut.

$$S_v = \frac{T_{all}}{\sigma_{hc}} \quad (3,14)$$

Dimana,

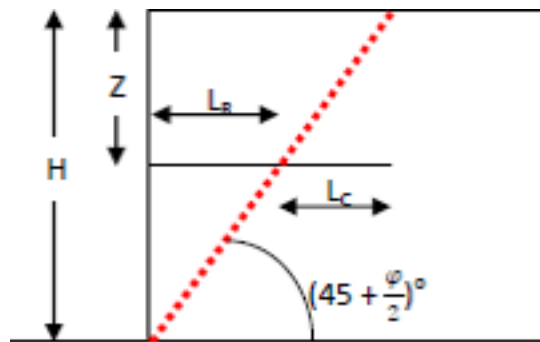
S_v : tebal dari lapisan perkuatann (m)

T_{all} : kuat tarik yang diizinkan dari bahan perkuatan (kN/m²)

σ_{hc} : tekanan tanah horizontal

S_f : angka aman (1,5)

Sudut longsor ($45 - \phi/2$) dapat digunakan untuk menganalisis panjang geotekstil dan bidang longsor, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Bidang Longsor dan Panjang Geotekstil

(Sumber: Suryolelono, 1993)

Selanjutnya, panjang geotekstil (L) akan dihitung berdasarkan panjang terpanjang geotekstil dari masing-masing zona, menggunakan hasil perhitungan jarak spasi antar geotekstil (S_v) di atas.

Selanjutnya menghitung tekanan tanah vertikal di Persamaan 3.15

$$\sigma_v = \gamma \cdot H_i \quad (3.15)$$

Dimana,

σ_v : tekanan tanah vertikal (kN/m^2)

γ : berat volume tanah (kN/m^3)

H_i : tinggi tanah ke-i dihitung dari permukaan (m)

Selanjutnya, panjang geotekstil di daerah longsor dihitung menggunakan Persamaan 3,16.

$$L_R = \left(\frac{H - Z_i}{\tan. (45 - \varphi/2)} \right) \quad (3.16)$$

Dimana,

L_R : panjang geotekstil daerah longsor yang aktif (m)

H : tinggi timbunan (m)

Z_i : tinggi tanah dihitung dari permukaan tanah (m)

Φ : sudut geser dalam ($^\circ$)

Untuk panjang geotekstil di daerah belakang longsor pada Persamaan 3.17

$$L_c = \frac{1}{\beta} \frac{T_{all}}{2(c + \sigma_v \tan \phi)} \quad (3.17)$$

Dimana,

L_c : panjang geotekstil yang menjadi angker (m)

β : koefisien *interface* tanah (dipakai 0,67)

T_{all} : kuat tarik geotekstil (kN/m)

c : kohesi (kN/m²)

σ_v : tekanan vertikal tanah (kN/m²)

ϕ : sudut geser dalam ($^\circ$)

Untuk mencari panjang total geotekstil pada Persamaan 3.18

$$L_{tot} = L_R + L_c \quad (3.18)$$

Dimana,

L_R : panjang geotekstil daerah bagian longsoran aktif (m)

L_c : panjang geotekstil sebagai angker (m)

Sedangkan mencari panjang *overlapping* (L_o) dilihat di persamaan

$$L_o = \frac{1}{\beta} \frac{T_{all}}{4(c + \sigma_v \tan \phi)} \geq 1 \text{ m} \quad (3.19)$$

Dimana

L_o : panjang *overlapping* geotextile (m)

β : koefisien interaksi tanah terhadap geotekstil (dipakai 0,67)

Tall : kuat tarik *geotextile* (kN/m),

c : kohesi (kN/m²)

σ_v : tekanan tanah vertikal (kN/m²)

ϕ : sudut geser dalam (°)

2. Stabilitas Eksternal *Geotextile*

Stabilitas eksternal dibagi atas 3 tipe diantaranya ada, stabilitas bahaya terhadap geser, bahaya guling, dan terhadap kuat dukung tanah.

a. Stabilitas bahaya geser

1. Gaya yang melawan

Dibawah ini merupakan Persamaan 3.20 untuk gaya yang melawan.

$$F = [C_g + \frac{W_{total}}{l_g} \cdot \tan \delta] I_g \quad (3.20)$$

Dimana

F : gaya yang melawan (kN)

C_g : kelekatan antara geotekstil dengan tanah dasar pondasi $\frac{2}{3} c$

W_{total}: total gaya pasif (kN)

δ : $\frac{2}{3} \phi$ (sudut gesek tanah dasar pondasi)

l_g : panjang geotekstil paling bawah (m)

2. Gaya yang mendorong

Berikut ini adalah Persamaan 3.21 yaitu gaya yang mendorong

$$E = E_a + E_q \quad (3.21)$$

Dimana,

E : gaya mendorong (kN)

Ea : gaya aktif karena tanah (kN)

Eq : gaya aktif karena beban (kN)

Untuk Persamaan 3.22 stabilitas terhadap geser

$$SF = \frac{EL}{E} > 1,5 \quad (3.22)$$

F : gaya yang melawan (kN)

E : gaya yang mendorong (kN)

b. Stabilitas bahaya guling

1. Gaya Aktif (Ea)

$$Ea = \frac{1}{2} H^2 \cdot \gamma \cdot Ka \quad (3.23)$$

Dimana,

Ka : koefisien tanah aktif

H : tinggi tanah timbunan

γ : berat volume tanah (kN/m³)

Perhitungan momen karena tanah dengan Persamaan 3.24 berikut

$$M_{Atanah} = Ea \cdot lengan \quad (3.24)$$

Dimana

M_{Atanah} : momen akibat tanah kepada titik A (kN.m)

Ea : gaya aktif karena tanah (kN)

Mencari gaya aktif akibat beban (Eq) dengan Persamaan 3.25 dibawah.

$$Eq = q \cdot H \cdot Ka \quad (3.25)$$

Selain itu, untuk menemukan lengan gaya aktif sebagai akibat dari beban pada Persamaan 3.26

$$\text{Lengan} = \frac{H}{2} \quad (3.26)$$

Dimana,

q : beban merata (kN/m)

H : tinggi timbunan (m)

Ka : koefisien tanah aktif

Maka momen akibat beban dapat dihitung pada Persamaan 3.27

$$MA_{\text{beban}} : \text{Eq. Lengan} \quad (3.27)$$

Dimana,

MA_{beban} : momen akibat beban terhadap titik A (kN.m)

Eq : gaya aktif akibat beban (kN)

2. Gaya Pasif

Berikut ini persamaan yang digunakan untuk menghitung gaya pasif pada Persamaan 3.28

$$M_p = W_i \cdot \text{lengan} \quad (3.28)$$

Dimana,

M_p: momen pasif (kN.m)

W_i : gaya pasif zona ke – i (kN)

Berikut Persamaan 3.29 untuk menghitung stabilitas guling

$$SF = \frac{\sum M_p}{\sum M_a} > 1,5 \quad (3.29)$$

Dimana,

SF : faktor aman

$\sum Mp$: jumlah momen pasif (kN.m)

$\sum Ma$: jumlah momen aktif (kN.m)

c. Stabilitas kuat dukung tanah

1. Kuat dukung ijin

Berikut ini Persamaan 3.30 untuk perhitungan kuat dukung ijin

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

Dimana,

σ_{ult} : kuat dukung ijin (kN/m²)

c : kohesi tanah (kN/m²)

N_c, N_q, N_γ : faktor daya dukung Terzaghi

γ : berat volume tanah (kN/m³)

L : panjang geotekstil (m)

2. Kuat dukung tanah yang terjadi

Berikut Persamaan 3.31 untuk perhitungan kuat dukung

$$\sigma_{terjadi} = H \cdot \gamma + q \tag{3.31}$$

Dimana

$\sigma_{terjadi}$: kuat dukung (kN/m²)

H : tinggi timbunan (m)

γ : berat volume tanah (kN/m³)

q : beban diatas tanah (kN/m)

maka untuk Persamaan 3.32 stabilitas timbunan terhadap kuat dukung tanah antara lain.

$$SF = \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{terjadi}} > 1,5 \quad (3.32)$$

Dimana,

SF : faktor aman kuat dukung tanah

σ_{ult} : kuat dukung ijin (kN/m²)

$\sigma_{terjadi}$: kuat dukung tanah (kN/m²)

3.9.6 Stabilitas Lereng Perkuatan Geotekstil Panjang Seragam

Analisis stabilitas timbunan dengan perkuatan geotekstil memperhitungkan stabilitas lereng internal dan eksternal timbunan. Penghitungan stabilitas internal dengan mempertimbangkan gaya internal menghasilkan panjang overlapping geotekstil dan panjang efektif yang diperlukan. Untuk menghitung koefisien tanah aktif, berikut ini adalah Persamaan 3.33.

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (3.33)$$

Dimana,

K_a : koefisien tanah aktif

ϕ : sudut geser

1. Stabilitas eksternal

Tegangan horisontal tanah yaitu tegangan tanah yang diakibatkan oleh adanya pergerakan tanah ke arah horizontal. Berikut merupakan Persamaan 3.34 menghitung tekanan tanah pada lapisan teratas.

$$\sigma_{hc} = q k_a - 2 c \sqrt{K_a} + K_a H \cdot \gamma b \quad (3.34)$$

Diakibatkan tekanan beban tidak mempengaruhi tanah di bawahnya lagi, persamaannya dapat dilihat pada Persamaan 3.35 berikut.

$$\sigma_{hc} = -2.c \sqrt{Ka} + Ka.H. \gamma b \quad (3.35)$$

Dimana,

. σ_{hc} = tekanan lateral tanah (kN/m²)

q = beban merata (kN/m)

H = tinggi lapisan tanah (m)

. γ = berat volume tanah (kN/m³)

Selanjutnya Persamaan 3.36 berikut dapat digunakan untuk menghitung jarak antar geotekstil.

$$S_v = \frac{T_{all}}{\sigma_{hc} SF} \quad (3.36)$$

Dimana,

S_v : jarak vertikal antara lapisan geotekstil (m)

T_{all} : kuat tarik ijin (kN/m)

. σ_{hc} : tekanan lateral tanah (kN/m²)

SF : faktor aman (dipakai 1,5)

Karena panjang geotekstil yang ideal harus mempertimbangkan stabilitasnya terhadap geser, guling, dan eksentritas. Berikut dibawah ini persamaannya.

a. Stabilitas terhadap geser

Berikut Persamaan 3.37 diberikan untuk menghitung panjang geotekstil dengan faktor aman 1,5.

$$L = \frac{SF [q.Ka.H + H^2\gamma b - 2C\sqrt{Ka}.H]}{(q + \gamma b.H) \tan \varphi} \quad (3.37)$$

Dimana,

L : panjang geotekstil (m)

SF : faktor keamanan (dipakai 1,5)

- q : beban luar (kN/m)
 K_a : koefisien tanah aktif,
 H : tinggi lapisan tanah (m)
 c : kohesi tanah (kN/m²)
 φ : sudut gesek dalam
 γb : berat volume tanah (kN/m³)

b. Stabilitas terhadap guling

Stabilitas guling bergantung pada keamanan tanah yang diperkuat oleh geotekstil, yang menahan momen yang dapat menyebabkan timbunan terguling. Gaya mendorong dan menahan. Panjang minimum geotekstil dengan faktor keamanan 1,5 ditemukan dengan Persamaan 3.38.

$$L^2 = \frac{SF \left[\frac{1}{2} \cdot q \cdot ka \cdot H^2 + \frac{1}{6} Ka \cdot H^3 \gamma b - c \sqrt{Ka} \cdot H^2 \right]}{\left(\frac{1}{2} \cdot q \cdot ka \cdot H^2 + \frac{1}{6} Ka \cdot \gamma b \cdot H \right)} \quad (3.38)$$

Dimana,

- L : panjang dari geotekstil (m)
 SF : faktor aman (1,5)
 q : beban di luar (kN/m)
 K_a : koefisien tanah aktif
 H : tinggi lapisan tanah (m)
 c : kohesi (kN/m²)
 γb : berat volume tanah (kN/m³)
- c. Stabilitas terhadap daya dukung

Hal yang dipengaruhi oleh gaya dan momen horizontal yang terjadi pada dinding penahan. Faktor daya dukung tanah terjadi ketika daya dukung tanah tidak dapat menahan beban. Untuk menghitung panjang minimum geotekstil, Persamaan 3.39, 3.40, dan 3.41 digunakan.

$$L \leq \frac{\sigma_{ult}}{H \cdot \gamma b + q} \quad (3.39)$$

$$q_{ult} = c.N_c + 0,5.L.\gamma_b.N_\gamma \quad (3.40)$$

dan

$$\sigma_{ult} = q_{ult} \cdot SF \quad (3.41)$$

Dimana,

L : panjang dari geotekstil (m)

SF : faktor aman

q : beban luar (kN/m)

H : tinggi lapisan tanah (m)

c : kohesi tanah (kN/m²)

γ_b : berat volume tanah (kN/m³)

$N_c N_\gamma$: faktor daya dukung Terzaghi

d. Stabilitas eksentrisitas.

$$\frac{1}{6} \geq \frac{SF \left[\frac{1}{2} q.K_a.H^2 + \frac{1}{2} K_a.H^3 \cdot \gamma - c\sqrt{K_a}.H \right]}{(q.L + \gamma.H.L)} \quad (3.42)$$

Dimana

L : panjang geotekstil (m)

SF : faktor keamanan (1,5)

q : beban luar (kN/m)

K_a : koefisien tanah aktif

H : tinggi lapisan tanah (m)

c : kohesi tanah (kN/m²)

ϕ : sudut gesek dalam

γ_b : berat volume tanah (kN/m³)

2. Stabilitas internal

a. Panjang overlapping

Untuk mengetahui panjang overlapping, panjang lipatan geotekstil (L_o) dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.43 di bawah ini.

$$L_o = \frac{\sigma_{hc}.S_v.SF}{2H.\gamma_b.\tan\phi} \geq 1 \text{ m} \quad (3.43)$$

Dimana,

L_o : panjang *overlapping* (m)

σ_{hc} : tekanan tanah lateral

S_v : jarak vertikal antara lapisan geotekstil (m)

SF : faktor keamanan

H : tinggi lapisan tanah (m)

γ_b : berat volume tanah (kN/m³)

ϕ : sudut gesek dalam

b. Panjang efektif

Merupakan panjang dari perkuatan geotekstil di belakang bidang longsor (L_e). Persamaan untuk (L_e) dapat ditemukan pada Persamaan 3.44 berikut.

$$L_e = \frac{SF \cdot S_v \cdot K_a \cdot \gamma_b \cdot H}{2H \cdot \gamma_b \cdot \tan \phi} \geq 0,5 \text{ m} \quad (3.44)$$

Dimana,

L_e : panjang efektif (m)

S_v : jarak vertikal antar lapisan geotekstil (m)

SF : faktor keamanan (dipakai 1,5)

K_a : koefisien tanah aktif

H : tinggi lapisan tanah (m)

γ_b : berat volume tanah (kN/m³)

ϕ : sudut gesek dalam

c. Panjang total

Berikut merupakan panjang dari total keseluruhan dapat dilihat pada Persamaan 3.45 berikut.

$$L_{tot} = S_v + L + L_o \quad (3.45)$$

Dimana,

Ltot : panjang total (m),

Sv : jarak vertikal antara lapisan geotekstil (m)

L : panjang min geotekstil

Lo : panjang *overlapping* (m)

3.10 Program Geoslope

GEO-SLOPE Office adalah kumpulan aplikasi yang dirancang untuk pemodelan geoteknik dan geo-lingkungan. Software ini menangani sumber daya *SLOPE/W*, *SEEP/W*, *SIGMA/W*, *QUAKE/W*, *TEMP/W*, dan *CTAN/W*. Sifat-sifatnya yang terintegrasi memungkinkan penggunaan hasil dari satu produk ke dalam produk lain.

Fitur ini sangat unik dan memungkinkannya digunakan baik oleh akademisi maupun industri untuk menyelesaikan berbagai macam masalah geoteknik dan geolingkungan, seperti penambangan, tanah longsor, dan pembangunan bendungan. *SLOPE/W* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menghitung faktor keamanan tanah dan kemiringan batuan. Ini dapat digunakan untuk menganalisis masalah sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan miring, kondisi tekan pori air, sifat tanah, dan beban terkonsentrasi. Selain itu, untuk analisis kesenjangan, *SLOPE/W* juga dapat digunakan dengan elemen tekan pori air yang terbatas, tegangan statis atau tegangan dinamik.

Dalam aplikasi CAD, Geoslope dapat digunakan untuk memodelkan masalah lereng dan menggambarannya pada layar komputer. Perhitungan dilakukan dengan memasukkan data material sifat tanah dan pengaturan analisis yang diperlukan. Setelah proses pengaturan dan penginputan analisis selesai, tahap verifikasi dilakukan untuk memastikan apakah Terjadi kesalahan saat memasukkan data. Selanjutnya, data yang telah dimodelkan dianalisis dengan *slope w solve*. Hasil analisis kemudian dapat ditampilkan dengan *slope w contour*. Ini menciptakan grafis bidang longsor secara keseluruhan, yang berbentuk lingkaran. Nilai faktor keamanan (SF) ditampilkan dalam bentuk diagram dan polygon yang dapat dilihat pada tiap pias bidang longsor.

Ada beberapa cara untuk menghitung faktor keamanan (SF), termasuk metode biasa, bishop, dan janbu, yang dapat dipilih sesuka anda. Metode ini digunakan untuk mengoperasikan program Geoslope, langkah-langkahnya sebagai berikut ini.

1. *Setting* Awal

Pengaturan awal untuk melakukan analisis dengan program Geoslope termasuk pengaturan kertas kerja, skala gambar, dan jarak grid. Ukuran kertas kerja adalah ukuran ruang yang diberikan untuk mendefinisikan masalah, dan skala gambar adalah perbandingan yang digunakan untuk menentukan ukuran lereng sebenarnya terhadap gambar di program. Untuk memudahkan penggambaran, grid diperlukan untuk menyesuaikan koordinat. Proses *setting* awal antara lain :

- a. mengatur kertas kerja Anda dengan mengklik menu utama set dan kemudian klik halaman,
- b. pilih skala gambar dari menu utama, dan
- c. mengatur jarak grid, dengan *set grid*.

2. Menyimpan data (*save*)

- a. pilih menu dibagian file,dan
- b. pilih *Save* simpan data yang telah diinput dengan nama “stabilitas lereng”, klik *save*.

3. Membuat Sketsa Gambar

Pemodelan lereng dimulai dengan membuat sketsa dari model sebagai representasi dari masalah yang ingin dianalisis. Kemudian, menuju menu utama, klik garis untuk menggambar model geometri lereng.

4. *Analysis Setting*

Dalam analisis stabilitas kelongoran lereng, penentuan pengaturan adalah tahap pertama. Prosesnya adalah sebagai berikut ini.

- a. Menemukan ID proyek: Klik *setting analisis* dari menu utama Key In. ID proyek dipakai untuk memberikan suatu judul.
- b. Untuk menentukan metode analisis, klik *tabsheet* metode pada pengaturan analisis. *Tabsheet* ini menampilkan berbagai metode untuk analisis stabilitas lereng. Klik *Bishop*, *Ordinary*, dan *Janbu* saja.

- c. Untuk menentukan bidang gelincir, pilih tab slip surface pada pengaturan analisis. Anda dapat mengatur pergerakan arah kelongsor di tab ini, baik dari kiri ke kanan maupun sebaliknya. Dengan memilih opsi Masuk dan Keluar, Anda dapat menentukan bidang longsor.

5. Mengidentifikasi Parameter Tanah

Material Mohr Coulomb digunakan sebagai input, sesuai dengan uraian umum pada langkah sebelumnya. Parameter yang diperlukan adalah Berat isi tanah, kohesi, dan sudut geser. Penyeragaman satuan untuk masing-masing parameter diperlukan sebelum input data dilakukan. Untuk menentukan parameter tanah, klik properti material di menu utama.

6. Memilih Parameter Tiap Lapis Tanah

Setelah parameter tanah ditetapkan, langkah selanjutnya adalah menentukan parameter setiap lapisan tanah. Ini dilakukan dalam dua tahap, yaitu:

- a. pada menu utama, pilih sketch, lalu pilih garis, Klik pada masing-masing lapisan tanah dan tarik pointer untuk membentuk lapisan tanah yang diinginkan, dan
- b. untuk menggambar sifat tanah, klik gambar lalu pilih area yang ingin Anda gambar, pilih titik pertama untuk menjadi titik acuan, kemudian buat garis mengelilingi lapisan tanah dan kembali ke titik pertama. Setelah Anda memilih tipe material, pilih jenis tanah yang ingin anda gambar.

7. Menentukan dan membuat gambar *Entry* dan *Exit* Bidang Longsor

Untuk menggambarkan Entry and Exit bidang longsor, klik slip surface dari menu utama dan pilih Entry and Exit.

8. Menggambar Beban Merata

Pada langkah pertama, untuk menggambar beban merata, klik draw. Kemudian, pilih garis tekanan isi beban yang ingin Anda gambar, dan kemudian mulai gambar.

9. Menentukan tipe jenis perkuatan tanahnya

10. *Checking* Data

Untuk menghindari kesalahan dalam proses pemasukan data, pemeriksaan data setelah data yang diperlukan untuk proses analisis dimodelkan. Jika tidak ada

kesalahan dalam tabsheet verifikasi (0 errors), maka masalah dapat diselesaikan. Untuk memeriksa data, klik verifikasi dari menu utama alat.

11. Solve The Problem

Tujuan menyelesaikan masalah (*solving the problem*) adalah untuk menghitung angka keamanan lereng berdasarkan data yang telah dimasukkan. Untuk menyelesaikan masalah, pilih *SOLVE* dari menu utama dan klik *Start* untuk memulai perhitungan. Menampilkan angka keamanan minimum dan jumlah slip lapisan selama proses perhitungan *SOLVE*.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini yaitu lereng longsor yang berada pada tepi jalan Provinsi Lenanguar-Lunyuk Sumbawa.

4.2 Lokasi Penelitian

Lokasi yang dianalisis berada pada Jalan Provinsi Lenanguar-Lunyuk Sumbawa daerah lereng longsor Stasiun 29+100. Untuk detail lokasi stasiunnya bisa dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian
(Sumber : Google Earth)

4.3 Peta Lokasi Potongan Melintang

Peta lokasi potongan melintang didapatkan gambaran potongan dari *Google Earth*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4. 2 Potongan Melintang Lereng
(Sumber : *Google Earth*)

4.4 Pengumpulan Data

Data sekunder digunakan untuk mencapai tujuan dan maksud penelitian adalah sebagai berikut ini.

1. Data penyelidikan tanah (Borlog).
2. Peta kontur lokasi.
3. Peta lokasi potongan melintang.
4. Data lalu lintas.
5. Data beban gempa.

4.5 Urutan Langkah Kerja

Urutan langkah kerja dalam penyusunan tugas akhir ini sebagai berikut.

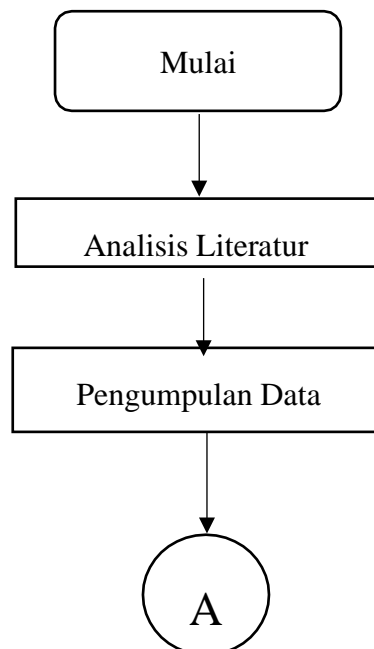
1. Meninjau literatur yang relevan dengan masalah penelitian.

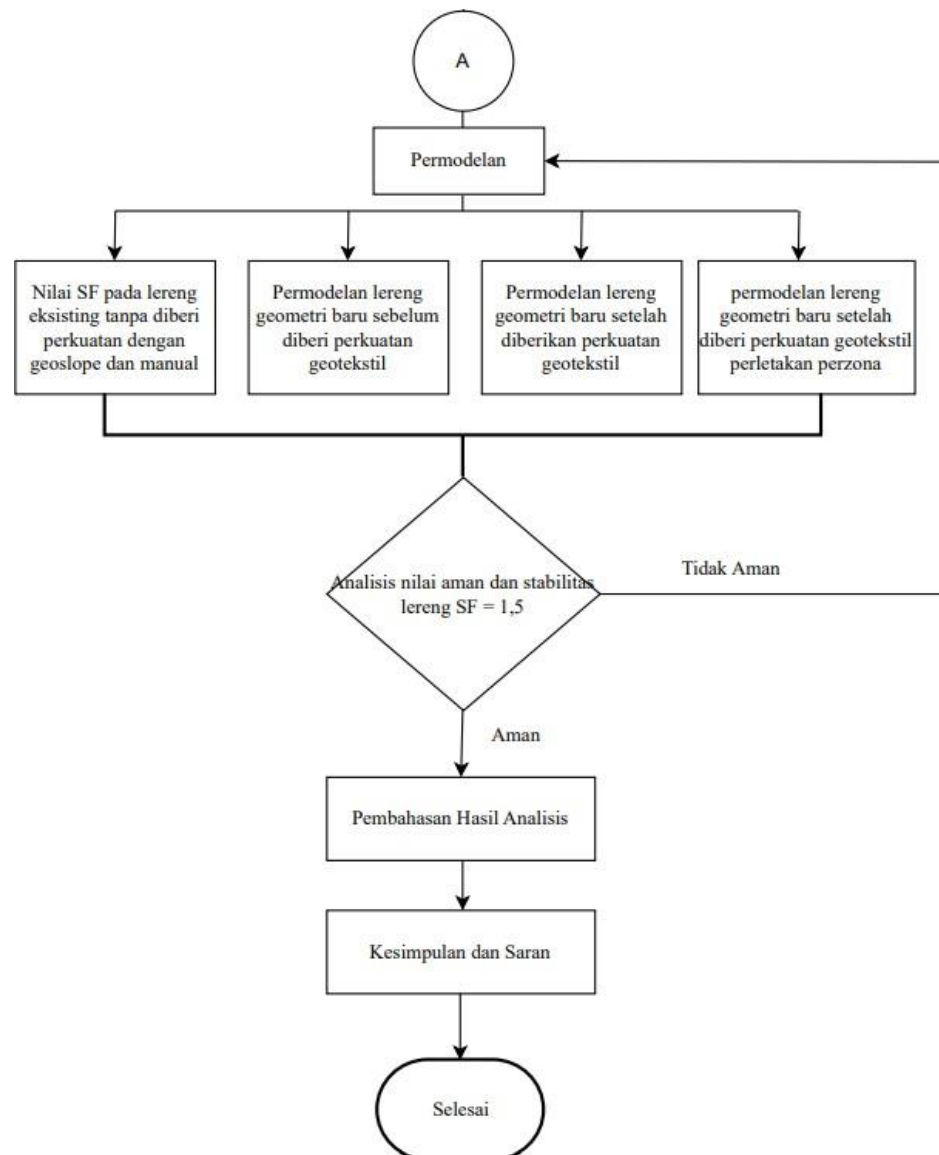
2. Mengumpulkan informasi dan sumber daya yang diperlukan.
3. Mengidentifikasi masalah stabilitas lereng saat ini.
4. Menggunakan Geoslope untuk merencanakan dan menghitung stabilitas lereng asli.
5. Menggunakan Geoslope untuk merencanakan dan menghitung stabilitas lereng geometri baru dan lereng yang diperkuat dengan geotekstil.
6. Apabila semua data dianalisis, maka kesimpulan dapat dibuat.

4.6 Bagan Alir

Bagan alir adalah sebuah diagram yang menggunakan suatu bentuk simbol untuk menunjukkan bagaimana suatu pekerjaan dijalankan. Dalam urutan ini, kotak menunjukkan langkah-langkah yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas, baik dari awal hingga akhir, dan tanda panah menghubungkan langkah-langkah tersebut secara berurutan.

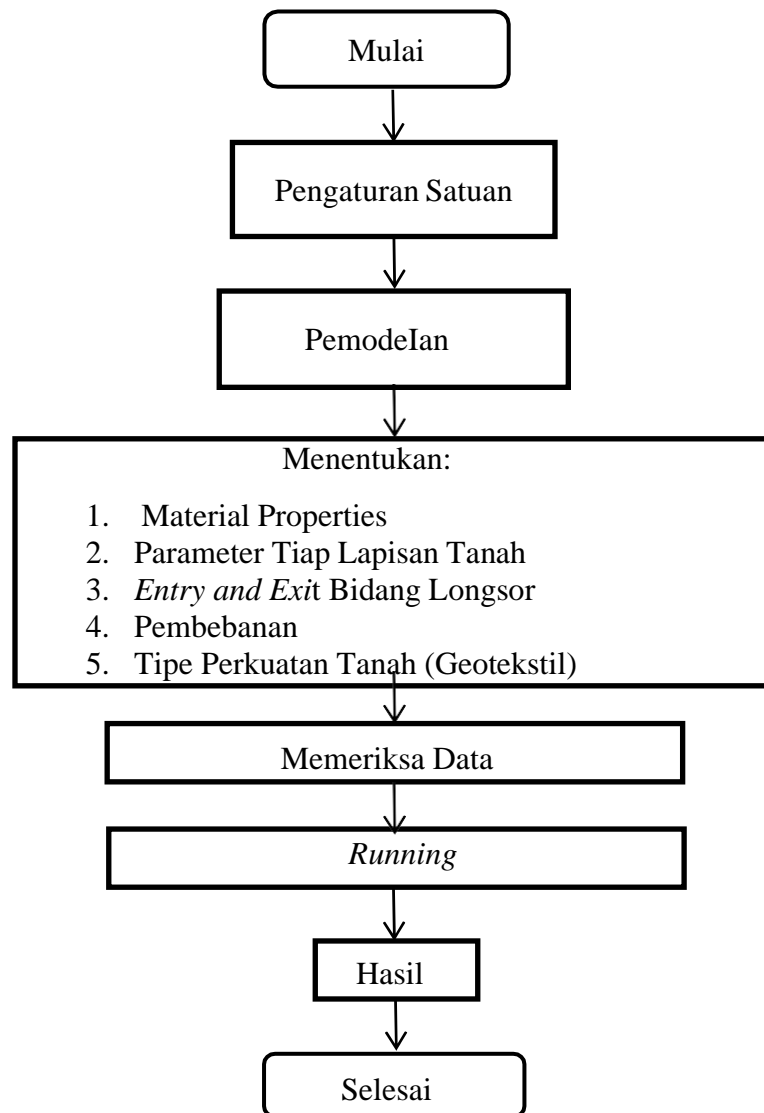
Gambar 4.3 di bawah ini menunjukkan bagan alir dari penelitian yang akan dilakukan.





Gambar 4. 3 Bagan Alir Penelitian

Gambar 4.4 menunjukkan bagan alir penggunaan program Geoslope yang akan dilakukan.



Gambar 4. 4 Bagan Alir Untuk Penggunaan Program Geoslope

4.7 Parameter Penelitian

Parameter tanah, yang merupakan input penting dalam analisis ini, diperoleh dari data sekunder dari Data Dinas PUPR Provinsi NTB. Berikut adalah parameter-parameter yang diperlukan untuk penelitian.

4.7.1 Beban Lalu Lintas

Jalan Lenangguar-Lunyuk Sumbawa adalah jalan provinsi yang memiliki fungsi sebagai kolektor sekunder. Diperkirakan ada sekitar 6000 kendaraan

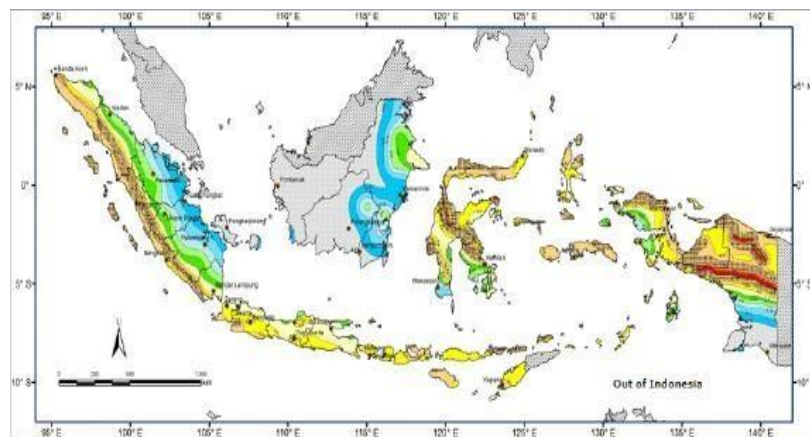
setiap hari di jalan ini. Tabel 4.1 berikut menunjukkan nilai beban kendaraan. Di mana beban yang digunakan adalah 10 kN/m^2 .

Tabel 4. 1 Beban LaJu Lintas

Fungsi	Sistem Jaringan	LHR	Beban LaJu Lintas (kN/m^2)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	>10000	15
		<10000	12
Sekunder	Arteri	>20000	15
		<20000	12
	Kolektor	>6000	12
		<6000	10
	Lokal	>500	10
		<500	10

4.7.2 Beban Gempa (*Seismic Load*)

Untuk menganalisis stabilitas lereng ini, beban gempa juga digunakan. Di Lenangguar-Lunyuk Sumbawa memiliki percepatan puncak gempa (PGA) antara 0,4 dan 0,5 g, seperti yang ditunjukkan pada peta zonasi gempa di bawah ini. Beban gempa yang digunakan untuk analisis ini adalah 0,2301 g, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.



KETERANGAN (PGA, MCE_G):



Dikembangkan oleh:
Tim Revisi Peta Gempa Indonesia-2010 bersama dengan Tim Pengembangan Peta Gerak Tanah Seismik dan Koefisien Risiko.
Dukung Oleh:
Kementerian Pekerjaan Umum (PIU) Institut Teknologi Bandung (ITB) Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Badan Meteorologi

PETA ZONASI GEMPA INDONESIA
JANUARI 2012
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
RONDY KURNIAWATI

Gambar 4. 5 Peta Zonasi Gempa

(Sumber: Rsa.ciptakarya.pu.go.id)

4.7.3 Data Geotekstil

Untuk analisis ini, geotekstil yang digunakan adalah jenis woven memiliki nilai kuat tarik maksimum 240 kN.

4.7.4 Data Tanah

Penelitian ini menggunakan data tanah dari Penelitian Data Dinas PUPR Provinsi NTB. Tipe tanah yang dikumpulkan adalah tanah N-SPT dengan lokasi pengambilan data pada BH-1 yang terletak di stasiun 29+100, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Data Tanah

Parameter	Satuan	Lempung Kerikil coklat hitam	Lempung kerikil coklat cerah	Batu Gamping
Kohesi	kPa	6,8	9,8	4,9
Sudut geser dalam	ϕ	29,74	23,20	32,74
Berat volume	kN/m ³	17,04	14,41	16,29

(Sumber: Dinas PUPR Prov NTB)

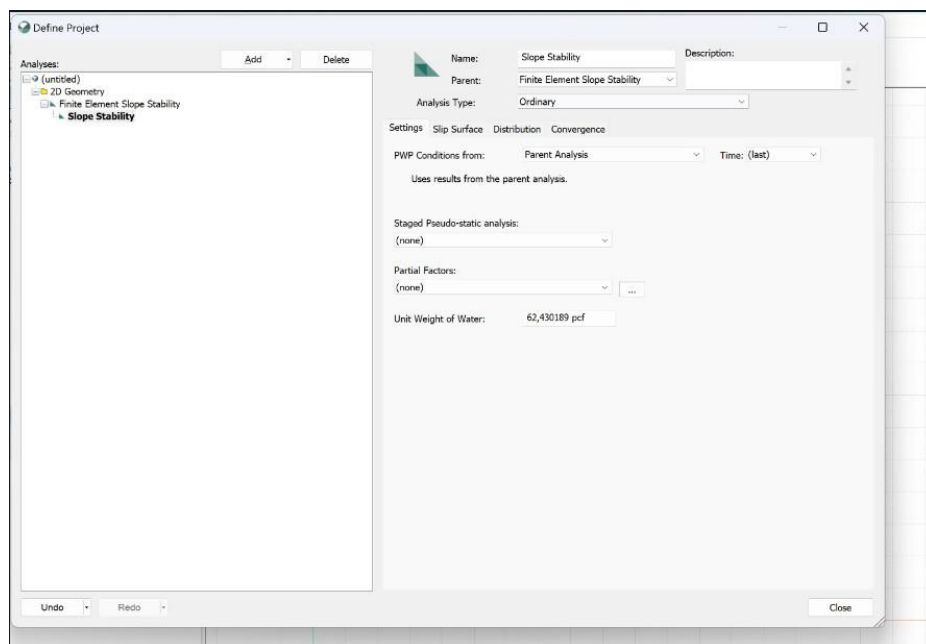
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Permodelan Menggunakan Geoslope 2023

Dalam penelitian ini, tahapan-tahap berikut menggunakan Geoslope antara lain :

1. Menentukan tipe metode analisisnya.

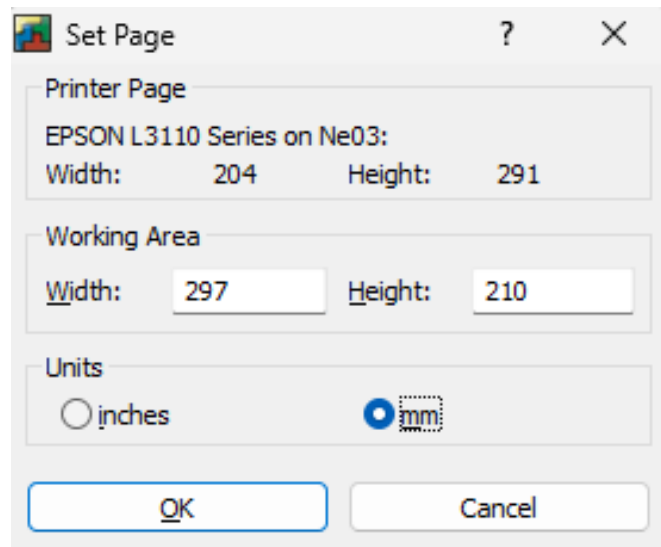
Gambar 5.1 berikut menunjukkan bahwa *Software Slope/W* memiliki berbagai macam metode analisis stabilitas lereng yang diperlukan lalu pilih tipe yang *Ordinary*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.1 dibawah ini.



Gambar 5. 1 Menentukan Tipe Metode Analisis

2. Mengatur kertas kerja

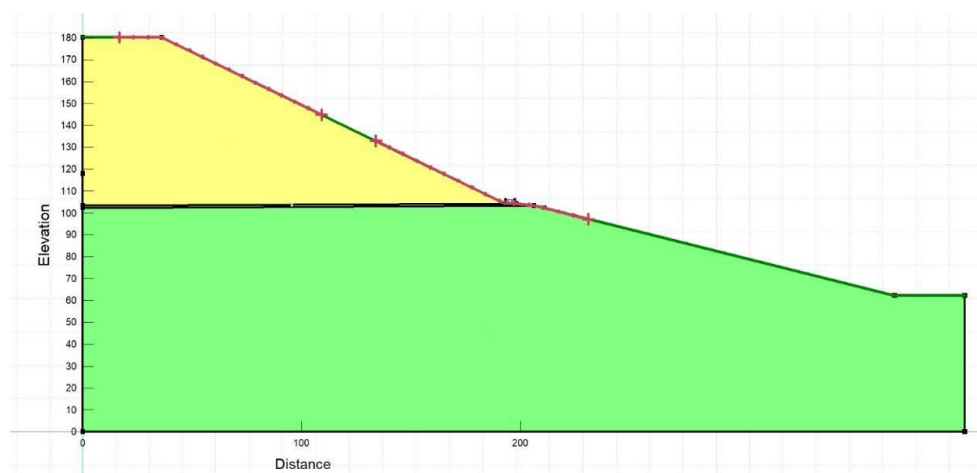
Pada bagian ini bertujuan untuk mengatur ukuran kertasnya digunakan untuk mencetak hasil analisis. Klik *Set* pada bagian *toolbar* lalu klik *page*, dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5. 2 Kertas Kerja

3. Membuat sketsa gambar lereng eksisting

Membuat gambar sesuai dengan gambar dari langkah pertama dalam membuat permodelan ini adalah menciptakan timbunan dengan perencanaan, dengan demikian langkah ini merupakan salah satu langkah yang sangat penting dan harus benar dalam pelaksanaan pembuatannya. Langkahnya yaitu tekan *Sketch Polyline* pada *toolbar*, lalu masukkan angka koordinat yang sudah disesuaikan dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.

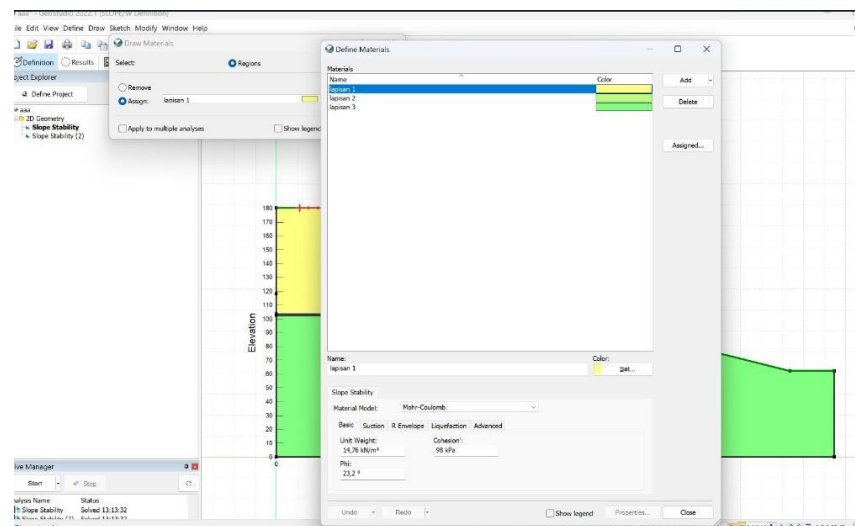


Gambar 5. 3 Permodelan Awal Lereng Eksisting

4. Mendefinisikan parameter tanah

Parameter tanah yang dimasukkan diantaranya adalah isi tanah (γ), kohesi (c) dan sudut geser nya (ϕ), sebelum memasukkan data tanah tersebut, sebaiknya perhatikan satuannya apakah sudah sama dengan yang ada di data. Cara memasukkannya sebagai berikut:

- Pilih *KeyIn* dibagian *toolbar*
- Lalu klik *materials*
- di *materials* klik *add*
- Untuk nama nya disesuaikan, dan pilih model materialnya yaitu *Mohr-Coloumb*, untuk lebih lanjut dapat dilihat pada Gambar 5.4 Berikut.



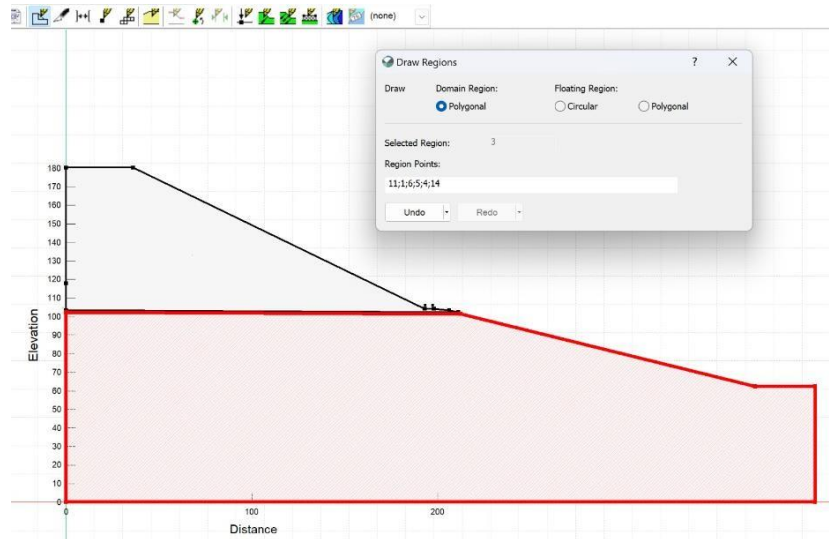
Gambar 5. 4 Pengaturan Memasukan Material

5. Membuat gambar batas lapisan tanah

Garis batas lapisan tanah perlu digambar sesuai dengan koordinat dari gambar lereng sebelumnya, untuk gambar bisa presisi dapat dibuat dengan cara memasukkan koordinat (X, Y), berikut Langkah-langkah untuk membuat gambar lapisan tanah antara lain :

- draw regions* pada *toolbar*
- masukan koordinatnya sesuai dengan angkanya dengan format (X, Y) dan bisa juga langsung dengan mouse lalu ikuti batasan dari lapisan tanah yang sudah digambar sebelumnya.

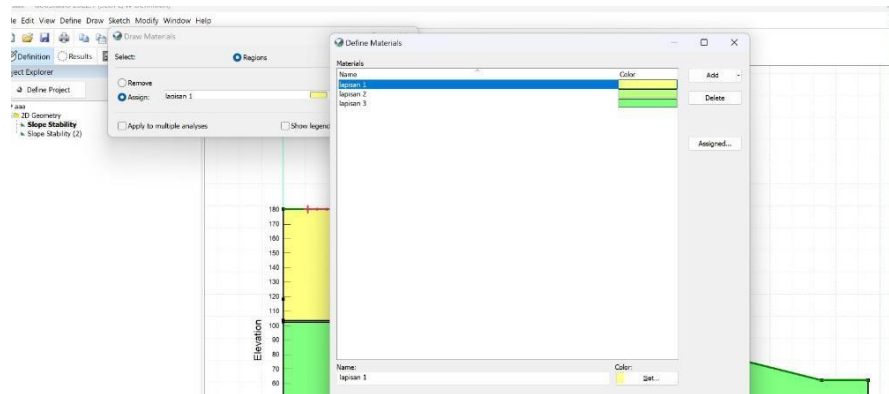
c. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut



Gambar 5. 5 Pengaturan Lapisan Tanah Lereng Eksisting

6. Memilih parameter untuk tanah

Lalu pilih karakteristik tanah sesuai dengan lapisannya, *Draw Materials*, lalu klik jenis material dan tinggal di *Key in*, untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.

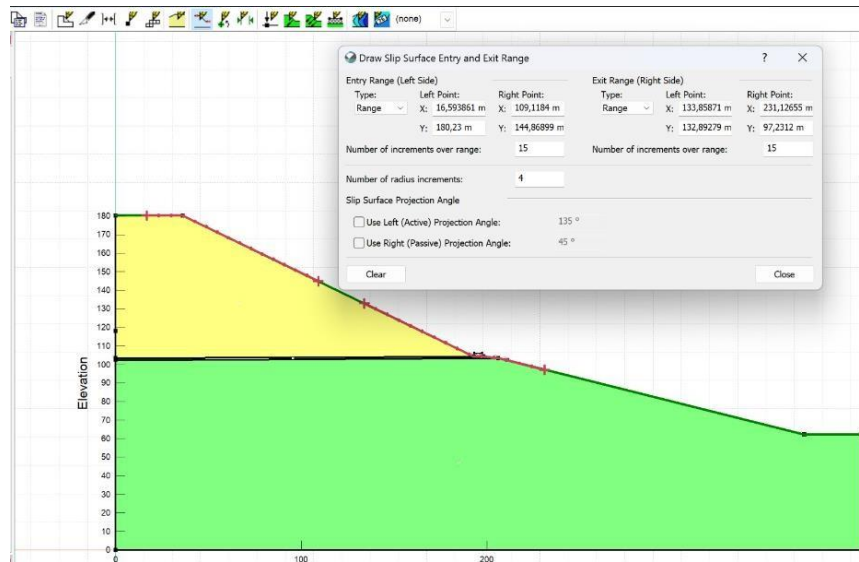


Gambar 5. 6 Key in Parameter Tanah Lereng Eksisting

7. Membuat gambar *Entry and Exit* bidang longsor

Penggambaran *entry and exit* ini merupakan langkah yang mengilustrasikan di bagian manakah longsor di lereng kita tersebut akan terjadi. Penggambarannya

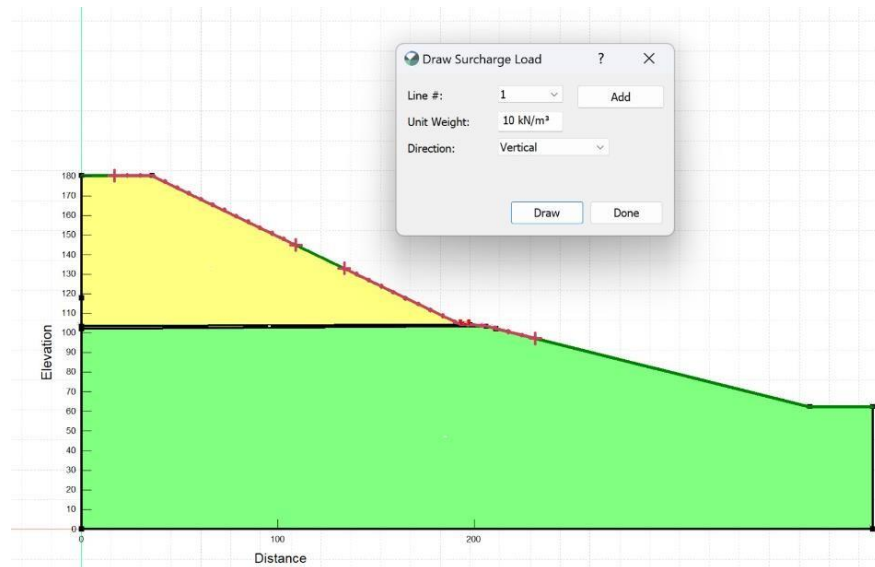
dengan cara klik *Key In* pada bagian *toolbar*, lalu pilih *Slip Surface*, lalu klik *Entry and Exit* dan gambar atau masukkan koordinatnya, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5. 7 Penggambaran Entry and Exit daerah longsor Lereng Eksisting

8. Menggambar beban merata

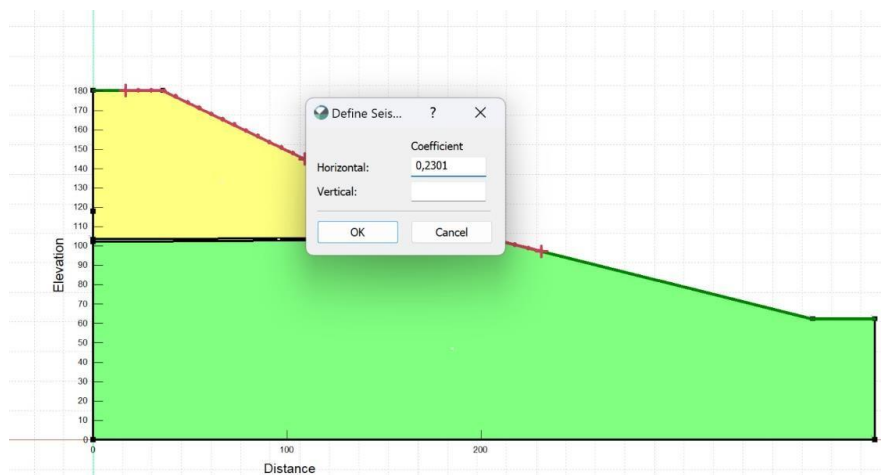
Pada penggambaran beban merata ini perlu dimasukkan berat isi bahan yang bekerja diatas timbunannya, lalu gambarlah sesuai dimensi yang direncanakan. Dengan klik *Keyin* pada *toolbar*, lalu pilih *Surcharge Loads*, lalu klik *add* dan masukkan besarnya sesuai data dan di gambar, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.8 di bawah ini.



Gambar 5. 8 KeyIn Beban Merata Lereng Eksisting

9. Input beban gempa (*seismic load*)

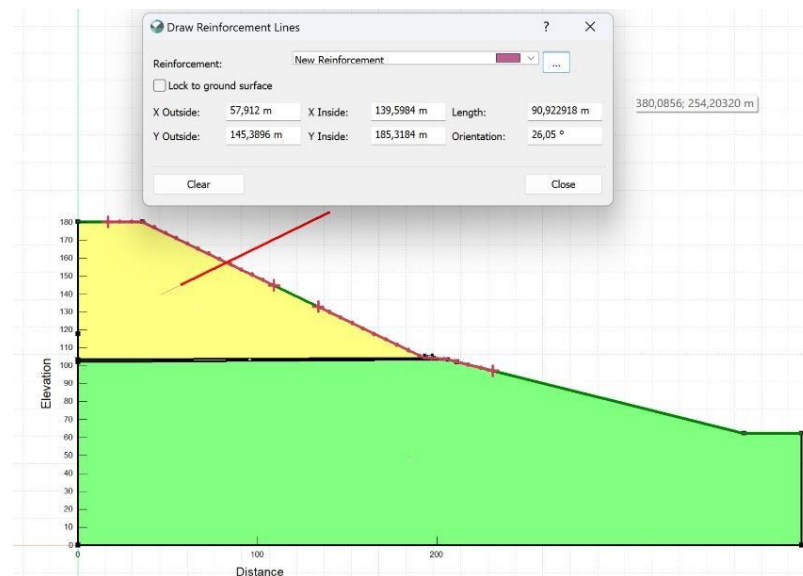
Beban gempa yang dimasukkan merupakan koefisien dari arah *vertical* dan juga *horizontal* untuk data pada penelitian ini didapat pada web Rsa Cipta Karya, klik *KeyIn* dibagian *Toolbar* lalu *Seismic Loads*, dan masukkan beban gempanya, untuk lebih lanjut dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5. 9 KeyIn Beban Gempa Lereng Eksisting

10. Membuat gambar perkuatan geotekstil

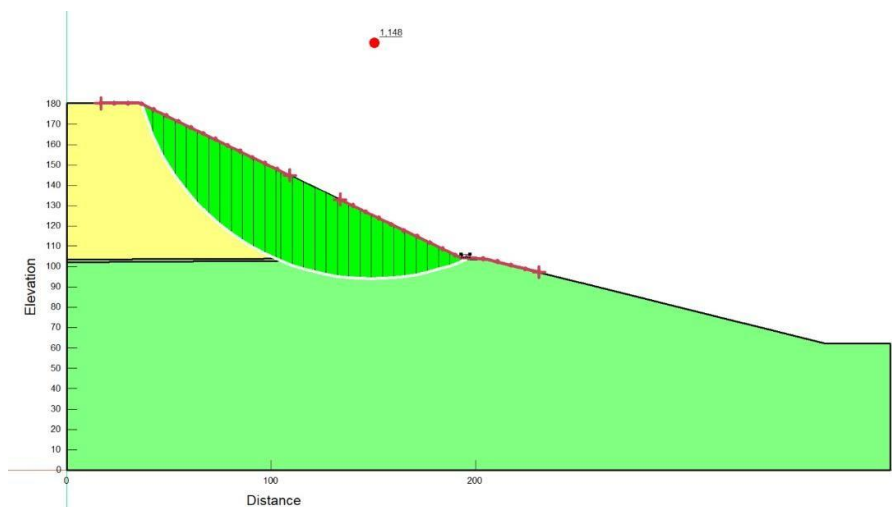
Menggambar Perkuatan, Data yang kuat tarik diperlukan untuk geotekstil dari produsen yang dipilih. yaitu PT Prima Geoteks Indo, dan selanjutnya tinggal input sesuai koordinatnya, dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5. 10 Keyin Perkuatan Geotekstil Lereng Eksisting

11. Hasil nilai SF

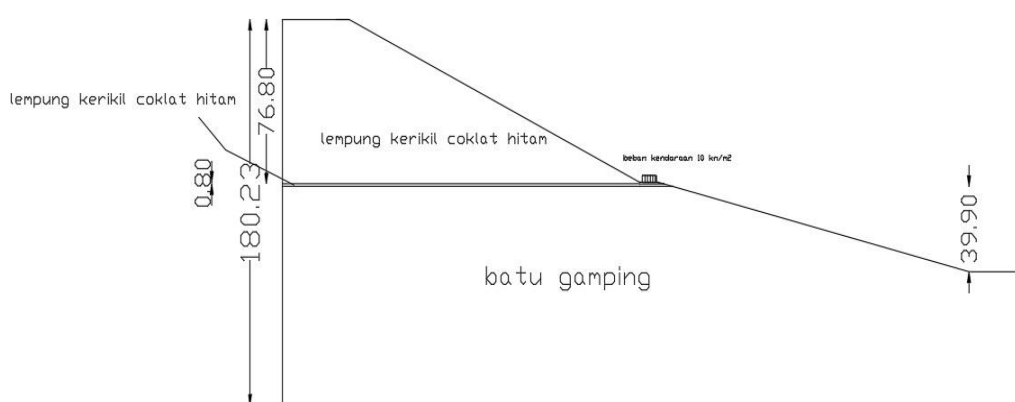
Untuk melihat hasil angka amannya dapat di *run* dengan klik *start* pada sebelah kiri menu *bar* pada bagian yang Bernama *Solve Manager*, lalu muncul nilai angka amannya (*Safety Factor*), untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5. 11 Hasil *Running* Nilai SF

5.2 Analisis Stabilitas Lereng

stabilitas lereng dilakukan untuk mendapatkan angka (*Safety Factor*) dimana nilai SF yang dicari yaitu nilai untuk memperoleh angka aman dari kestabilan lereng pada analisis ini, analisis yang digunakan adalah dengan *software* dan perhitungan manual yaitu dengan *Geoslope* dan Metode Fellenius, berikut Gambar 5.12 permodelan yang digunakan dalam analisis dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. 12 Penampang Melintang Lereng Eksisting

5.3 Data Parameter Yang Digunakan

Dari Analisis yang digunakan pada penelitian ini menggunakan Program *Geoslope* juga perhitungan secara manual menggunakan Metode *Fellenius* guna mencari nilai SF (*safety factor*) dari suatu lereng , kondisi tampilan di lapangan yang juga dipengaruhi oleh beban jalan raya,berikut merupakan data input yang digunakan pada analisis ini baik dengan manual maupun dengan *software geoslope*.

5.3.1 Data Tanah

Parameter tanah digunakan sebagai parameter sekunder dalam analisis berikut ini. Data tanah diperoleh dari Dinas PUPR Provinsi NTB, yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 Data Tanah.

5.3.2 Data Beban Lalu Lintas (*Traffic Load*)

Data lalu lintas dari suatu lereng harus dimasukkan jangan sampai terlewatkan, dimana pada bagian ini sangat mempengaruhi juga untuk nilai dari angka aman yang akan muncul pada saat dianalisis nantinya, data beban lalu lintas yang dipakai adalah data beban Jalan Lenangguar- Lunyuk Sumbawa adalah jalan provinsi dengan fungsi Kolektor sekunder. Diperkirakan ada sekitar 6000 kendaraan setiap hari di jalan ini. Tabel 4.1 di atas menunjukkan nilai beban kendaraan. Di mana beban adalah 10 kN/m^2 .

5.3.3 Data *Geotextile*

Data geotekstil yang digunakan untuk analisis ini adalah dari PT. Prima Geotex Indo, yang kuat tarik maksimumnya sebesar 240 kN/m . Data tersebut berasal dari PT. Prima Geotex Indo, yang dapat dilihat pada lampiran 5.

5.3.4 Data Gempa (*Seismic Load*)

Untuk analisis ini, data gempa digunakan secara dinamis. Gempa yang digunakan di lokasi penelitian di wilayah Lenangguar-Lunyuk Sumbawa memiliki percepatan puncak gempa (PGA) antara 0,4 dan 0,5 g. Beban gempa yang digunakan untuk analisis ini adalah 0,2301 g.

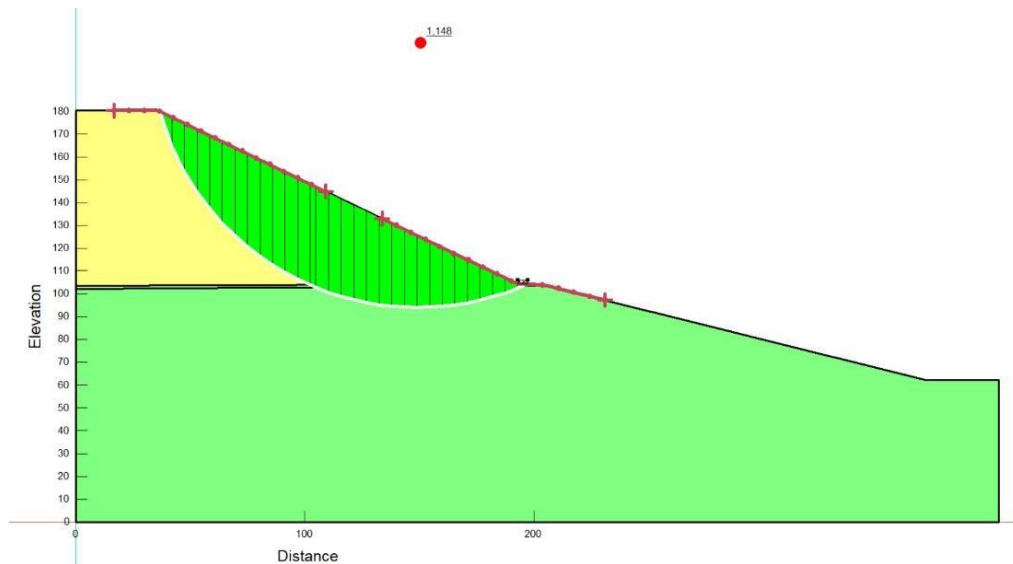
5.4 Analisis Stabilitas Lereng dengan Program *Geoslope* dan Perhitungan Manual

Analisis stabilitas lereng adalah proses menentukan apakah suatu lereng akan aman atau tidak dari kemungkinan longsor atau kegagalan struktur. Dapat melakukan analisis stabilitas lereng menggunakan perangkat lunak seperti GeoSlope atau dengan perhitungan manual.

5.4.1 Perhitungan Nilai SF menggunakan *Software Geoslope* dan tanpa Beban Gempa

Untuk mengetahui apakah lereng dapat menahan berat kendaraan atau tidak, analisis lereng tanpa beban gempa dilakukan pada Jalan Lenangguar Lunyuk Sumbawa Sta 29+200 menggunakan geoslope dan manual. Nilai SF yang diperoleh

pada lereng ini adalah $1,148 < 1,5$, yang menunjukkan bahwa lereng tersebut belum aman dari bahaya longsor.



Gambar 5. 13 Hasil Analisis Lereng Eksisting Tanpa Beban Gempa

5.4.2 Perhitungan Nilai SF menggunakan Aplikasi *Geoslope* dengan Beban Gempa

Kemudian menggunakan aplikasi Geoslope untuk melakukan analisis variasi beban gempa. Gambar 5.14 berikut ini menunjukkan hasil run geoslope dan gempa, yang menghasilkan nilai SF sebesar 1,000 di mana $1,000 < 1,5$, yang menunjukkan bahwa area tidak aman dari bahaya longsor. Hasil *run* lainnya dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut ini.

1. Berat Irisan Tanah (W_n)

$$W_i = \gamma \times A_i$$

Dimana,

$$W_i = \text{berat irisan ke-}i \text{ (kN)}$$

$$\gamma = \text{berat volume tanah (kN/m}^3\text{)}$$

$$A_i = \text{luas irisan}$$

$$W_1 = \gamma \times A_1 = (17,04 \times 730,05) = 12440,05 \text{ kN}$$

$$W_2 = \gamma \times A_2 = (17,04 \times 1223,6) = 20850,14 \text{ kN}$$

$$W_3 = \gamma \times A_3 = (17,04 \times 1216,35) + (14,41 \times 24,1) + (16,29 \times 93,3) \\ = 22593,74 \text{ kN}$$

$$W_4 = \gamma \times A_4 = (17,04 \times 948,7) + (14,41 \times 28,32) + (16,29 \times 288,14) \\ = 21267,74 \text{ kN}$$

2. Menghitung Radians

Untuk mengetahui besar dari suatu sudut radians, diperoleh dari bantuan Aplikasi Autocad

3. Perhitungan $\sin \alpha$

$$\text{Untuk perhitungan } \sin \alpha \ 1 = \sin (\text{Rad } 1) = \sin (50^\circ) = 0,766$$

4. Perhitungan $\cos \alpha$

$$\text{Untuk perhitungan } \cos \alpha \ 1 = \cos (\text{Rad } 1) = \cos (50^\circ) = 0,642$$

5. Perhitungan panjang ΔL_n

Untuk perhitungan ΔL_n digunakan bantuan program Autocad.

6. Perhitungan $W_n \cdot \sin \alpha$

$$W_n \ 1 = W_n \times \sin \alpha = 12440,05 \times 0,766 = 9529,63$$

7. Perhitungan $W_n \cdot \cos \alpha$

$$W_n \ 1 = W_n \times \cos \alpha = 12440,05 \times 0,642 = 7996,311$$

Perhitungan diatas merupakan salah satu contoh perhitungan untuk perhitungan yang pertama. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.1 dibawah ini.

Tabel 5. 1 Hasil Perhitungan Menggunakan Metode *Fellenius*

No	Wn	α°	Sin α	Cos α	ΔLn	Wn.sin α .n	Wn.sin α .n	SF
1	12440,0	50	0,766	0,6427	59,59	9529,63	7996,31	1,189
2	20850,1	39	0,629	0,7771	31,91	13121,42	16203,60	
3	22593,7	31	0,515	0,8571	16,53	11636,63	19366,61	
4	21267,7	25	0,422	0,9063	24,33	8988,13	19275,11	
5	21368,3	18	0,309	0,9510	23,65	6603,17	20322,47	
6	17225,6	11	0,190	0,981	24,13	3286,81	16909,21	
7	14230,4	5	0,087	0,9961	26,26	1240,26	14176,32	
Jumlah (Σ)					206,4	54406,08	114249,6	

Maka nilai angka keamanan yang didapatkan dari hasil analisis diatas adalah :

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\sum(C x L + \tan\theta x W \cos\alpha)}{\sum W \sin\alpha} \\
 &= \frac{(6,8 x 206,4) + (114249,7 x (\tan 29,74^\circ))}{54406,08} \\
 &= 1,189
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan metode Fellenius untuk menghitung angka keamanan secara manual tanpa menggunakan perkuatan, hasilnya adalah 1,189, yang tidak jauh berbeda dengan hasil dari program aplikasi Geoslope, yaitu 1,148

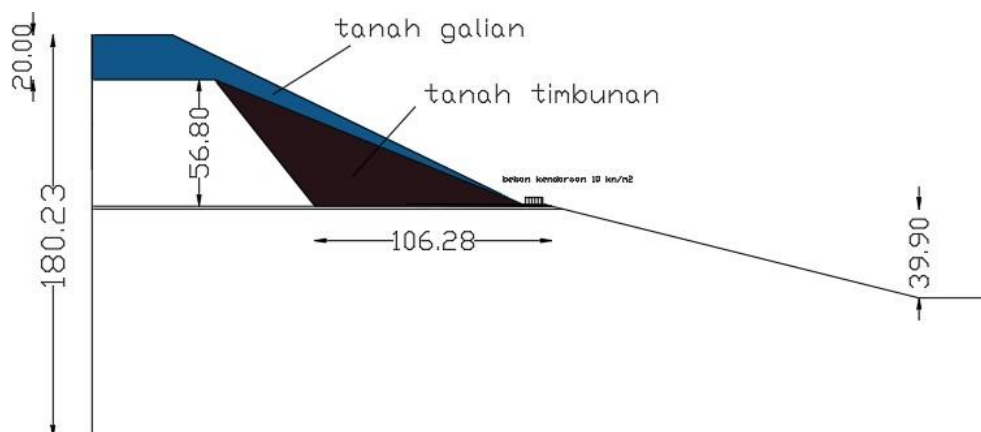
Setelah analisis perhitungan dilakukan secara manual dan dengan program Geoslope dengan metode Fellenius, hasil rekapitulasi hitungannya ditunjukkan pada Tabel 5.2 berikut :

Tabel 5. 2 Hasil Rekapitulasi Nilai SF

Metode	Lereng Eksisting Geoslope (tanpa beban gempa)	Lereng Eksisting Geoslope (dengan beban gempa)	Lereng Eksisting Manual (tanpa beban gempa)
Safety Factor	1,148	1,000	1,189

5.5 Analisis Pada Lereng Geometri Baru

Dalam lereng dengan Sta 29+200, tanah di bagian atas didominasi oleh tanah lempung, yang sangat peka terhadap air dan labil. Oleh karena itu, tanah di bagian atas ini diganti dan ditimbun dengan tanah yang dianggap lebih stabil untuk memperkuatnya. Gambar 5.16 Lereng Timbunan Tanah Baru



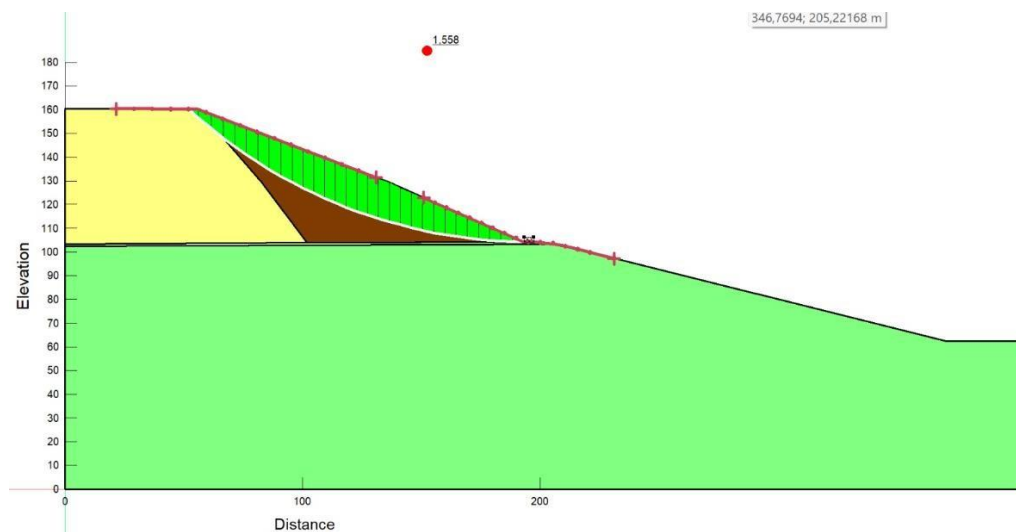
Gambar 5. 16 Permodelan Lereng Timbunan Tanah Baru

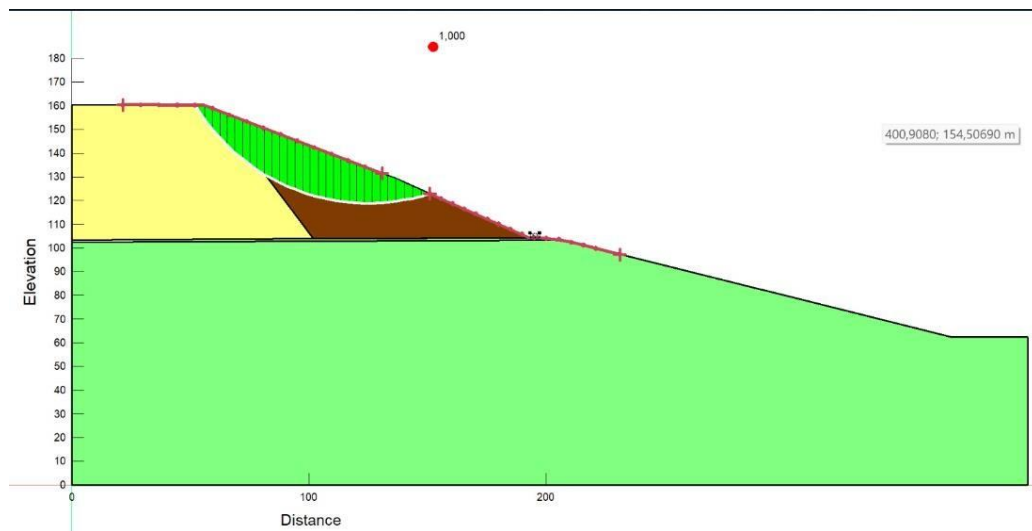
Proses perhitungan dilakukan dengan bantuan aplikasi Geoslope. Beban gempa untuk analisis ini sebesar 0,2301 g, dan geotekstil panjang per zona. Pada Tabel 5.3 Data parameter tanah ditampilkan dibawah ini.

Tabel 5. 3 Data Parameter Tanah Baru

Parameter	Satuan	Lempung Kerikil coklat hitam	Lempung kerikil coklat cerah	Batu Gamping	Pasir
Kohesi	kPa	6,8	9,8	4,6	12,748
Sudut geser dalam	ϕ	29,74	23,20	32,74	28
Berat volume	kN/m ³	17,04	14,41	16,29	16,918

Untuk selanjutnya setelah mendapatkan data tanah parameter baru maka ditentukan hasil analisis lereng timbunan barunya, didapatkan dari geoslope. Berikut merupakan hasil analisis lereng Geometri baru Gambar 5.17 tanpa beban gempa dan Gambar 5.18 dengan beban gempa :

**Gambar 5. 17 Hasil Analisis Lereng Geometri Baru Tanpa Beban Gempa**



Gambar 5. 18 Hasil Analisis Lereng Geometri Baru Dengan Beban Gempa

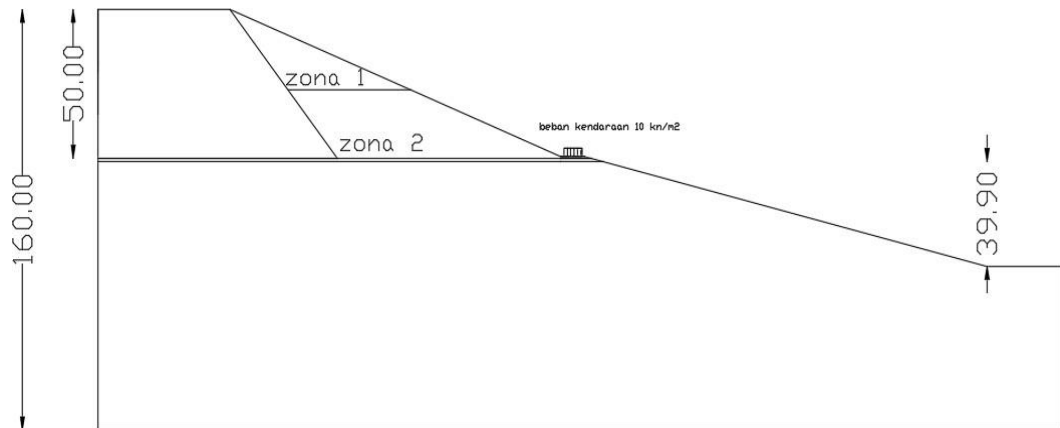
Hasil analisis menunjukkan bahwa lereng yang diubah memiliki nilai SF sebesar 1,558 tanpa beban gempa dan 1,000 dengan beban gempa. Oleh karena itu, tahap selanjutnya dari analisis adalah melakukan perhitungan kekuatan dengan geotekstil.

5.6 Perhitungan Geotekstil

Geotekstil dengan kuat tarik ultimit (T_{ult}) sebesar 240 kN/m digunakan dalam penelitian ini. Untuk perhitungannya panjang dari geotekstil dianalisis dengan mencari panjang perzona.

5.6.1 Geotekstil Panjang Per Zona

Perhitungan ini menggunakan lereng timbunan tegak vertikal untuk analisis. Untuk melakukan ini, zona tinggi timbunan sebesar 50 meter dibagi menjadi dua zona, sehingga tingginya masing-masing 25 meter. Gambar 5.19 membagi zona menunjukkan proses perhitungan geotekstil.



Gambar 5. 19 Pembagian Zona Geometri Baru

Menghitung koefisien tanah aktif

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2\left(45^\circ + \frac{-\phi}{2}\right) \\
 &= \tan^2\left(45^\circ + \frac{-28}{2}\right) \\
 &= 0,36
 \end{aligned}$$

1. Jarak vertical antar geotekstil

a. Analisis zona 1

$$\begin{aligned}
 H_1 &= 25 \text{ meter} \\
 \sigma_{hc1} &= q \cdot K_a + K_a \cdot H_1 \cdot \gamma_b \\
 &= 10 \cdot 0,36 + 0,36 \cdot 25 \cdot 16,918 \\
 &= 155,862 \text{ kN/m}^2 \\
 SF &= 1,5 \\
 S_{v1} &= \frac{T_{all}}{\sigma_{hc1} \cdot SF} \\
 &= \frac{240}{155,862 \cdot 1,5} \\
 &= 2,309 \text{ (pakai 3 m)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Banyak lapis dari geotekstil} &= \frac{H_1}{S_{v1}} \\
 &= \frac{25}{3} \\
 &= 8,3 \approx 8 \text{ lapis}
 \end{aligned}$$

b. Analisis zona 2

$$H1 = 50 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{hc1} &= q.K_a + K_a.H1.\gamma_b \\ &= 10.0,36 + 0,36 \cdot 50 \cdot 16,918 \\ &= 308,124 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$SF = 1,5$$

$$\begin{aligned}Sv1 &= \frac{T_{all}}{\sigma_{hc1}.SF} \\ &= \frac{240}{308,124 \cdot 1,5} \\ &= 1,876 \text{ (pakai 3 m)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H1}{Sv1} \\ &= \frac{50}{3} \\ &= 16 \text{ lapis}\end{aligned}$$

2. Panjang minimum geotekstil

Untuk panjang minimum geotekstil diambil panjang terbesar dari tiap zona, dimana nilai koefisien *interface* tanah terhadap geotekstil dipakai sebesar (β) = 0,67. Untuk contoh perhitungan dapat dilihat pada perhitungan zona 1

a. Geotekstil lapis 1

$$Z_1 = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{v1} &= \gamma_b.Z_1 \\ &= 16,918 \cdot 3 \\ &= 50,754 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_R &= \frac{H-Z_1}{\tan(45^\circ + \frac{\phi}{2})} \\ &= \frac{50-3}{\tan(45^\circ + \frac{28}{2})} \\ &= 28,240 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_C &= \frac{1}{\beta} \frac{T_{all}}{2(c + \sigma_v \tan \phi)} \\
 &= \frac{1}{0,67} \frac{240}{2(12,748 + 50,754 \cdot \tan 28^\circ)} \\
 &= 4,507 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{tot} &= L_R + L_C \\
 &= 28,240 + 4,507 \\
 &= 32,747 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Geotekstil lapis 2

$$\begin{aligned}
 Z_2 &= 6 \text{ m} \\
 \sigma_{v1} &= \gamma_b \cdot Z_2 \\
 &= 16,918 \cdot 6 \\
 &= 101,508 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_R &= \frac{H - Z_1}{\tan \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)} \\
 &= \frac{50 - 6}{\tan \left(45^\circ + \frac{28}{2} \right)} \\
 &= 26,437 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_C &= \frac{1}{\beta} \frac{T_{all}}{2(c + \sigma_v \tan \phi)} \\
 &= \frac{1}{0,67} \frac{240}{2(12,748 + 101,508 \cdot \tan 28^\circ)} \\
 &= 2,684 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{tot} &= L_R + L_C \\
 &= 26,437 + 2,684 \\
 &= 29,122 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan geotekstil lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Panjang Geotekstil Per Zona

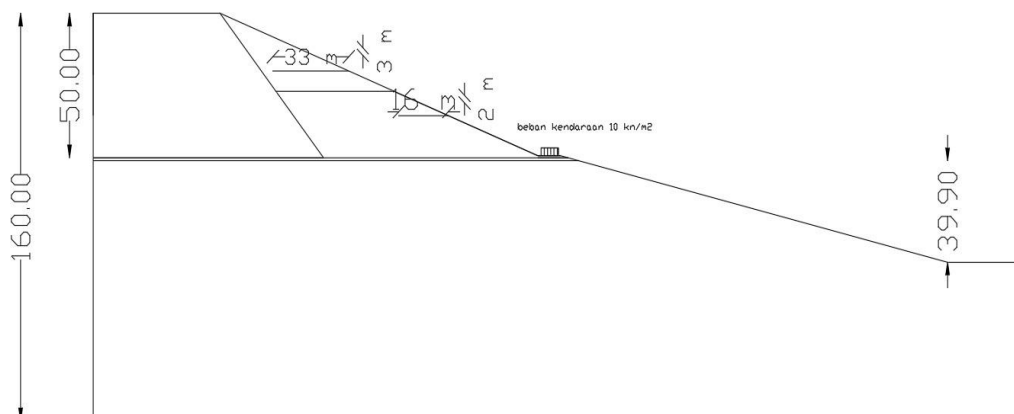
Zona	Lapis ke i	Z (m)	Sv pakai (m)	LR (m)	LC (m)	Ltot min (m)	Ltot pakai (m)
1	1	3	3	28,240	4,507	32,747	33
	2	6	3	26,437	2,684	29,122	
	3	9	3	24,635	1,911	26,546	
	8	24	3	15,622	0,783	16,405	
2	9	26	2	15,420	0,726	15,146	16
	10	28	2	13,218	0,676	13,895	
	11	30	2	12,017	0,633	12,650	
	25	48	2	1,2017	0,402	1,604	

3. Menghitung panjang *overlapping* geotekstil

Berikut ini perhitungan panjang *overlapping*

$$\begin{aligned}
 L_o &= \frac{1}{\beta^4(c+\sigma_v \tan \phi)} \frac{T_{all}}{\geq 1 \text{ m}} \\
 &= \frac{1}{0,67^4(12,748+50,754 \cdot \tan 28)} \frac{240}{\geq 1 \text{ m}} \\
 &= 2,253 \text{ m (pakai 2 m)}
 \end{aligned}$$

Gambar 5.20 adalah contoh penggambaran perletakan geotekstil.



Gambar 5. 20 Perletakan Geotekstil Panjang Per Zona Geometri Baru

4. Analisis Stabilitas Eksternal

Menurut analisis, ada tiga kategori stabilitas yaitu terhadap guling, stabilitas terhadap geser, dan stabilitas terhadap daya dukung.

a. Stabilitas terhadap guling

Berikut merupakan persamaan untuk perhitungan stabilitas guling

1. Gaya aktif

$$\begin{aligned} E_a &= \frac{1}{2} H^2 \cdot \gamma \cdot K_a \\ &= \frac{1}{2} 50^2 \cdot 16,918 \cdot 0,36 \\ &= 7613,1 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lengan} &= \frac{H}{3} \\ &= \frac{50}{3} \\ &= 16,66667 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen terhadap A} &= E_a \cdot \text{Lengan} \\ &= 7613,1 \cdot 16,66667 \\ &= 126885 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Gaya aktif akibat beban

$$\begin{aligned} E_q &= q \cdot H \cdot K_a \\ &= 10 \cdot 50 \cdot 0,36 \\ &= 180 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lengan} &= \frac{H}{2} \\ &= \frac{50}{2} \\ &= 25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen terhadap A} &= E_q \cdot \text{Lengan} \\ &= 180 \cdot 25 \\ &= 4500 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total momen aktif } (\Sigma M_A) &= M_{\text{Atanah}} + M_{\text{Abeban}} \\ &= 126885 + 4500 \\ &= 131385 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

2. Gaya pasif

Berikut merupakan contoh perhitungan gaya dan momen pasif pada zona 1

$$\begin{aligned} W &= L_1 \cdot H_1 \cdot \gamma \\ &= 33 \cdot 25 \cdot 16,918 \\ &= 13957,35 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lengan} &= \frac{L_1}{2} \\ &= \frac{33}{2} \\ &= 16,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= W_1 \cdot \text{Lengan} \\ &= 13957,35 \cdot 16,5 \\ &= 230296,28 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Untuk lebih lengkap dan jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.5 untuk rekapitulasi perhitungan momen pasif.

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Perhitungan Momen Pasif

Zona	Gaya (kN)		Lengan	Momen
1	W1	13957,35	16,5	230296,28
2	W2	13534,4	8	108275,2
Jumlah	W total	27491,75	24,5	338571,2

Jadi Perhitungan stabilitas terhadap guling adalah :

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\sum M_p}{\sum M_A} > 1,5 \\ &= 2,576 > 1,5 \text{ (AMAN)} \end{aligned}$$

b. Stabilitas terhadap geser

1. Gaya yang melawan

$$\begin{aligned}
 F &= [Cg + \frac{W_{total}}{lg} \cdot \tan \delta] lg \\
 &= [12,748 + \frac{27491,75}{16} \cdot \tan 28] 16 \\
 &= 15990,13 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Gaya yang mendorong

$$\begin{aligned}
 E &= E_a + E_q \\
 &= 7613,1 + 180 \\
 &= 7793,1 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jadi stabilitas terhadap gaya geser dapat dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{F}{E} > 1,5 \\
 &= \frac{15990,13}{7793,1} \\
 &= 2,051 > 1,5 \text{ (AMAN)}
 \end{aligned}$$

3. Stabilitas kuat dukung

Faktor daya dukung tanah menurut Terzaghi $\phi = 28$

Dengan melihat pada Tabel 3.3 faktor kapasitas dukung Terzaghi dengan sudut $\phi = 28$, maka akan didapatkan nilai sebagai berikut:

$$N_c = 31,61$$

$$N_q = 17,81$$

$$N_y = 15,15$$

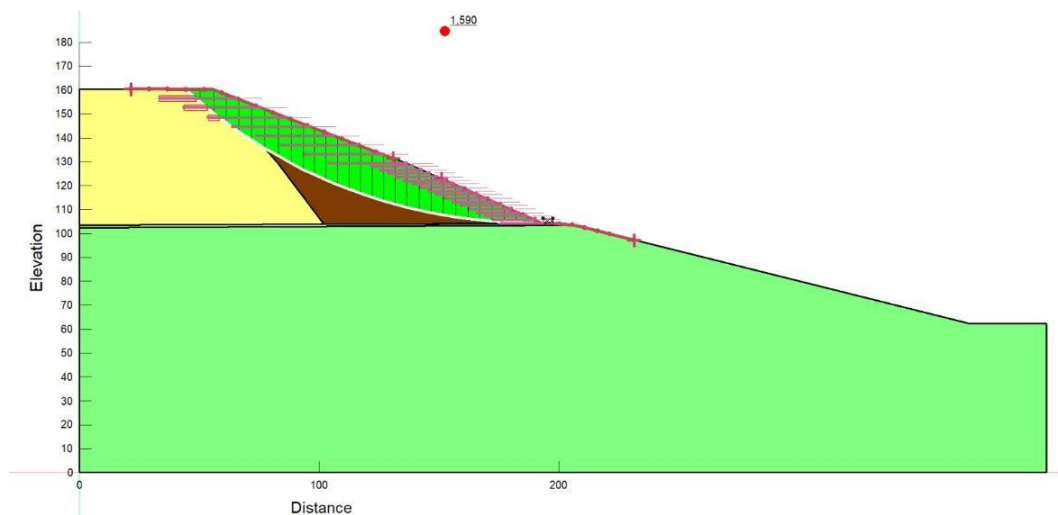
$$\begin{aligned}
 \sigma_{ult} &= c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot y \cdot L \cdot N_y \\
 &= 4810,14 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{terjadi} &= H \cdot y + q \\
 &= 855,9 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

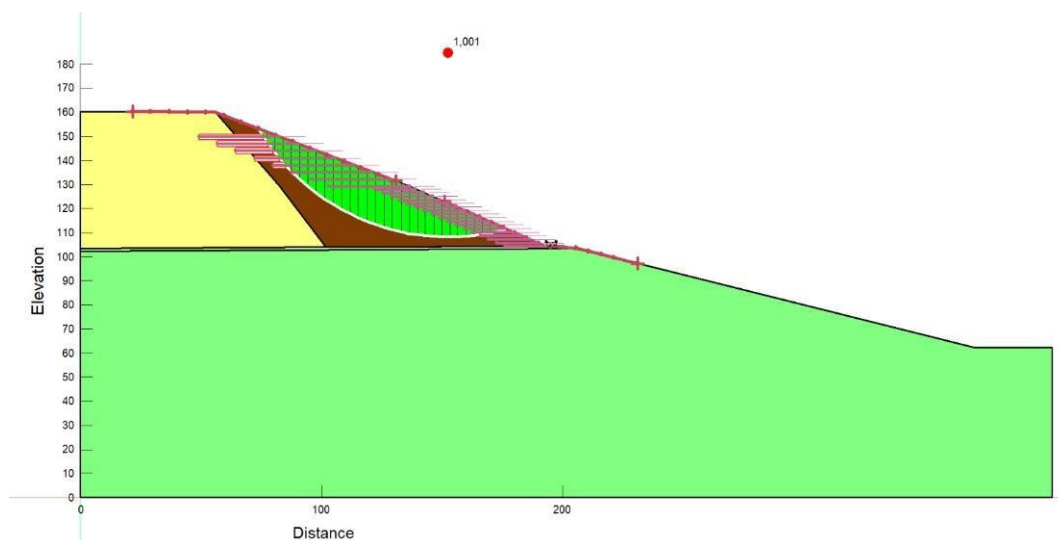
Oleh karena itu, untuk stabilitas terhadap kuat dukung adalah :

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{terjadi}} > 1,5 \\
 &= 5,619 > 1,5 \text{ (AMAN)}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis diatas maka di input ke dalam gambar pada program *geoslope* , dapat dilihat pada Gambar 5.21 dan 5.22 berikut.



Gambar 5. 21 Hasil Analisis Perkuatan Geotekstil Geometri Baru Dengan Variasi Panjang 33 m Untuk Zona 1 dan 16 m Untuk Zona 2 Tanpa Beban Gempa



Gambar 5. 22 Hasil Analisis Perkuatan Geotekstil Dengan Variasi Panjang 33 m Untuk Zona 1 dan 16 m Untuk Zona 2 Dengan Beban Gempa

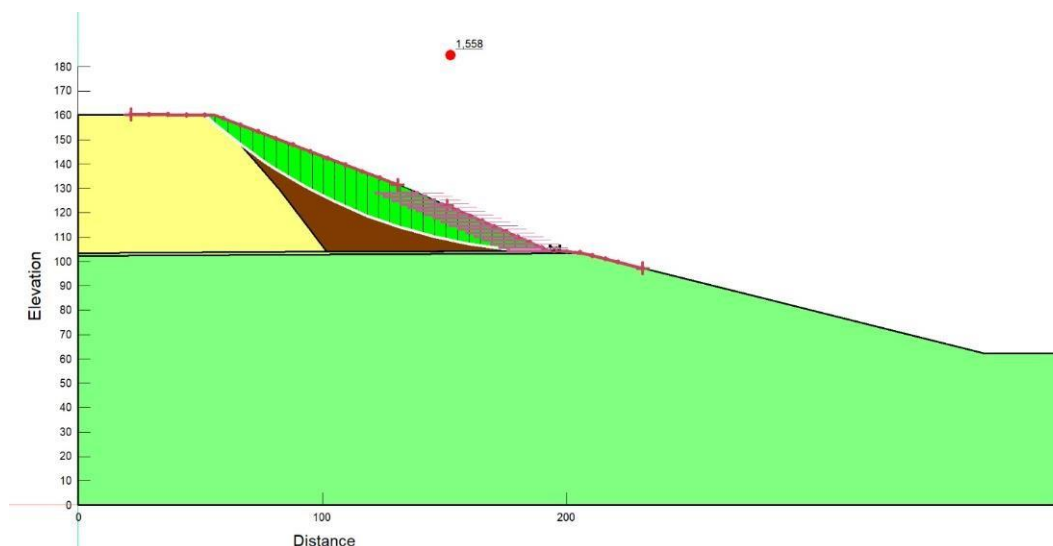
Setelah analisis perhitungan untuk geotekstil dengan panjang perzona dan seragam selesai, langkah selanjutnya adalah memasukkan hasil perhitungan yang telah dijelaskan pada halaman sebelumnya ke dalam aplikasi geoslope. Untuk analisis dengan program geoslope, patokan yang digunakan adalah jika lereng dalam kondisi tanpa beban gempa memiliki SF minimal 1,5, maka lereng tersebut dapat dinyatakan aman. Jika lereng yang dianalisis dengan bantuan program geoslope berada dalam kondisi dengan beban gempa memiliki SF minimal 1,1, maka lereng tersebut juga dapat dinyatakan aman.

Dari hasil analisis tersebut didapat hasil sebagai berikut.

1. Nilai SF untuk geotekstil panjang per zona tanpa beban gempa adalah 1,590.
2. Nilai SF untuk geotekstil panjang per zona dengan beban gempa adalah 1,001.

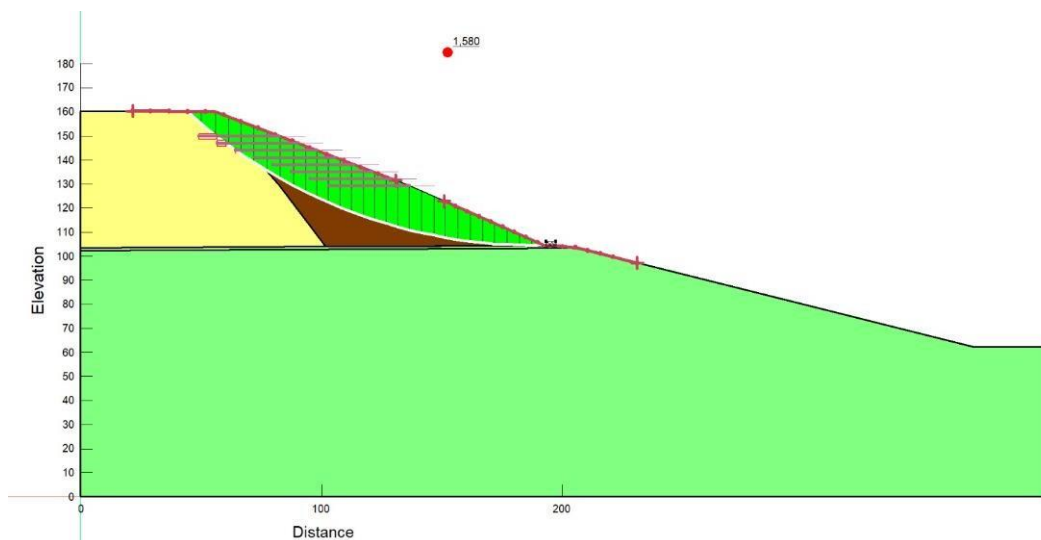
5.7 Analisis Stabilitas Lereng menggunakan Perkuatan Geotekstil Perletakan Panjang Per Zona Tanpa Beban Gempa

1. Stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil panjang per zona pada zona 2 di input.



Gambar 5. 23 Hasil Analisis Panjang Perzona Pada Zona 2 Panjang 16 m Geometri Baru Tanpa Beban Gempa

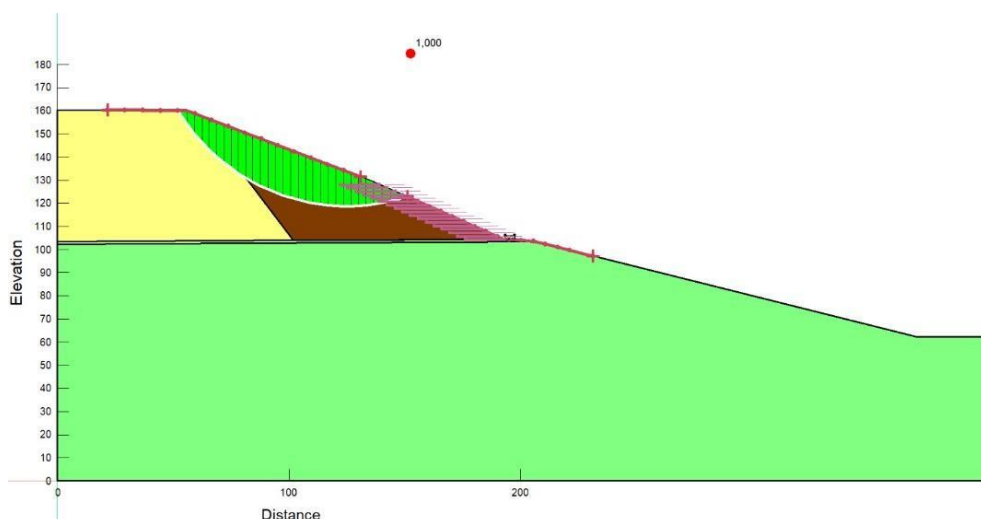
2. Stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil panjang per zona pada zona 1 di input



Gambar 5. 24 Hasil Analisis Panjang Perzona Pada Zona 1 Panjang 33 m Geometri Baru Tanpa Beban Gempa

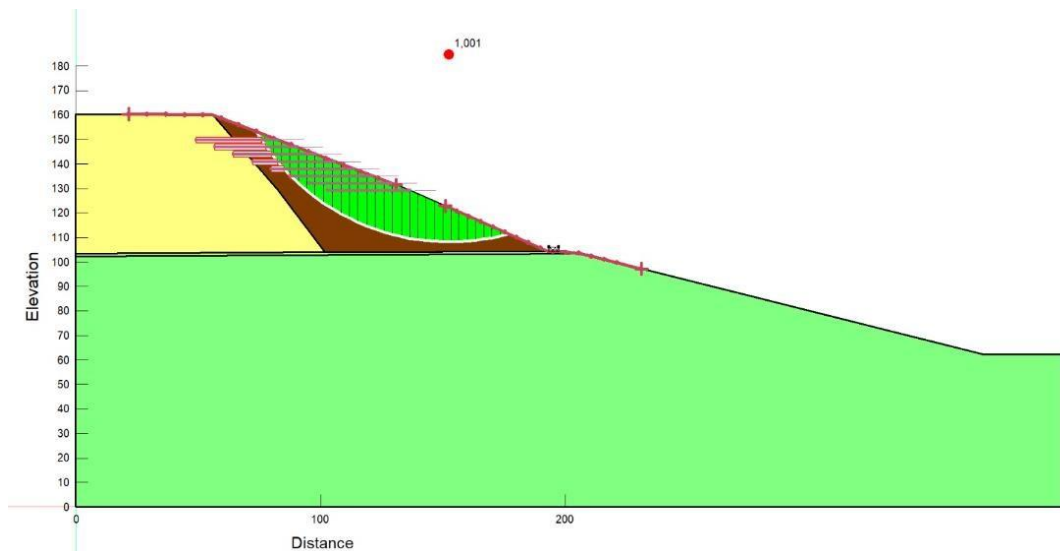
5.8 Analisis Stabilitas Lereng menggunakan Perkuatan Geotekstil Perletakan Panjang Seragam dengan Beban Gempa

1. Stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil panjang per zona pada zona 2 di input



Gambar 5. 25 Hasil Analisis Panjang Perzona Di Input Pada Zona 2 Panjang 16 m Geometri Baru Dengan Beban Gempa

2. Stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil panjang per zona pada zona 1 di input



Gambar 5. 26 Hasil Analisis Panjang Perzona Di Input Pada Zona 1 Panjang 33 m Geometri Baru Dengan Beban Gempa

Dari hasil analisis diatas maka didapatkan nilai angka keamanan (SF) adalah sebagai berikut.

1. SF sebesar 1,558 dihasilkan untuk stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil panjang per zona tanpa beban gempa di input pada zona 2.
2. SF sebesar 1,580 dihasilkan untuk stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil panjang per zona tanpa beban gempa di input pada zona 1.
3. Dengan perkuatan geotekstil panjang per zona dengan beban gempa di input pada zona 2, SF sebesar 1,000 diperoleh untuk stabilitas lereng.
4. Stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil panjang per zona dengan beban gempa di input pada zona 1 didapat SF sebesar 1,001

5.9 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, penelitian ini memeriksa nilai SF yang dihasilkan dari masing-masing variasi yang memberikan perkuatan pada perkuatan lereng eksisting kemudian dianalisis dengan bantuan aplikasi geoslope. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini termasuk membandingkan nilai SF dengan metode Fellenius dan dengan menggunakan Program Geoslope. Dimana nilai SF sebesar 1,189 diperoleh melalui perhitungan manual, lalu dengan aplikasi sebesar 1,148. Untuk nilai SF apabila sudah didapatkan model geometri lereng baru didapatkan SF sebesar 1,558 tanpa beban gempa untuk dengan beban gempa didapatkan nilai SF sebesar 1,000. Nilai SF sebesar 1,590 apabila tanpa dipengaruhi beban gempa sedangkan jika dipengaruhi beban gempa didapatkan nilai SF sebesar 1,001. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

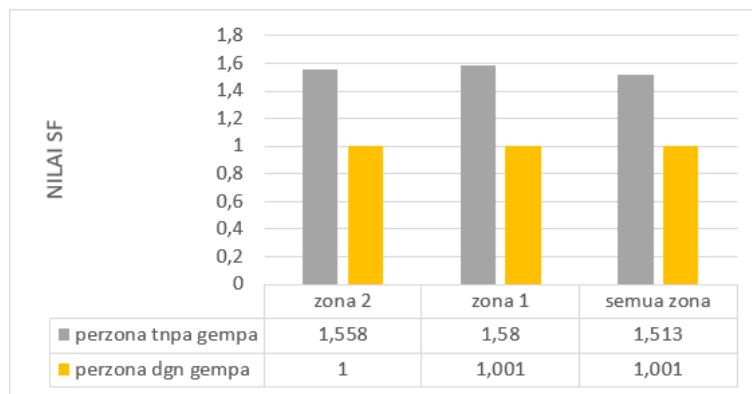
Tabel 5. 6 Rekapitulasi Nilai SF Perletakan Geotekstil Tiap Zona

Variasi	Panjang Per Zona			
	Tanpa Beban Gempa		Dengan Beban Gempa	
Zona	Nilai SF		Nilai SF	
2	1,558	Aman	1,000	Tidak
1	1,580	Aman	1,001	Tidak
Semua Zona	1,590	Aman	1,001	Tidak

Tabel rekapitulasi di atas menunjukkan nilai SF yang beragam dari variasi panjang geotekstil seragam dan per zona. Dimana dari tiap variasi tersebut didapatkan hasil nilai SF yang aman maupun tidak aman. Ditinjau secara keseluruhan nilai SF yang tidak aman diantaranya dari hasil analisis yang didapat yaitu lereng yang memakai beban gempa, sedangkan untuk yang tanpa beban gempa secara keseluruhan sudah aman, sedangkan apabila dengan beban gempa dan sudah ditambahkan perkuatan geotekstil masih belum aman.

Untuk membandingkan nilai SF pada lereng dan variasi perletakan per zona maka, untuk variasi perletakan per zona yang tanpa dipengaruhi beban gempa didapatkan nilai SF pada lereng zona 2 sebesar 1,558, sementara nilai SF zona 1 sebesar 1,580.

Dalam kondisi dengan beban gempa didapatkan nilai SF pada zona 2 sebesar 1,000 sedangkan untuk zona 1 didapatkan SF sebesar 1,001. Gambar 5.36 berikut menunjukkan perbandingan antara nilai SF dari masing-masing zona.



Gambar 5. 27 Grafik Perbandingan Nilai SF menggunakan Variasi Pemasangan Geotekstil Per Zona

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan perkuatan lereng menggunakan geotekstil didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai faktor keamanan yang didapatkan dari hasil analisis lereng eksisting menggunakan Program *Geoslope* sebesar $1,148 < 1,5$ (tanpa gempa), serta nilai faktor keamanan (SF) menggunakan metode *fellenius* didapatkan nilai sebesar $1,189 < 1,5$, oleh karena itu kedua metode tersebut dinyatakan bahwa lereng tersebut tidak aman.
2. Nilai faktor keamanan yang didapatkan dari hasil analisis lereng geometri baru hasil merubah kemiringan dan diberikan timbunan dengan parameter tanah baru dengan program *geoslope* didapatkan hasil sebesar 1,558 tanpa beban gempa, apabila dengan beban gempa didapatkan hasil SF sebesar 1,000.
3. Nilai SF pada lereng geometri baru setelah diberikan perkuatan apabila tidak dipengaruhi beban gempa didapatkan nilai SF sebesar 1,590 sedangkan jika dipengaruhi beban gempa didapatkan SF sebesar 1,001.
4. Perbandingan nilai SF pada lereng geometri baru setelah diberikan perletakan perkuatan perzona, untuk tanpa dipengaruhi beban gempa pada zona 1 dan 2 berturut-turut sebesar 1,580 dan 1,558 sedangkan dengan beban gempa pada zona 1 dan 2 berturut-turut sebesar 1,001 dan 1,000.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng yang telah dilakukan menggunakan program *geoslope* dengan perkuatan geotekstil seperti diatas, maka jenis perkuatan lain seperti *sheet pile*, *soil nailing*, dan dinding penahan tanah bisa

juga dijadikan alternatif sebagai perkuatan untuk mengatasi kelongsoran yang terjadi.

2. Analisis juga dapat dilakukan menggunakan program yang lain untuk mendapatkan hasil yang lebih baik maupun teliti seperti program *plaxis*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abramson, L. W., Thomas, S., Sharma, S., & Boyce, G. M. (1996). *Slope Stability and Stabilization Method*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Afrianti, A. (2020). Perbandingan Metode Fellenius dan Metode Bishop Menggunakan Software Rocscience Slide.
- Alfat, S., Zulmasri, L. O. M., Asfar, S., Rianse, M. S., & Eso, R. (2019). Slope stability analysis through variational slope geometry using Fellenius Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1242(1), 012020. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1242/1/012020>
- Arsy, Aisyah Anugerah. 2018. Analisis Stabilitas Timbunan Pada Konstruksi Badan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Fellenius. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2017. SNI 8460-2017 Persyaratan Perencanaan Geoteknik. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Bowles, J. E. (1989). *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah: Mekanika tanah*. Erlangga, Jakarta.
- Budhu, M. (2012). *Soil Mechanics And Foundations* (3rd ed.). Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.
- Chandra, A. A. (2021). Analisis Stabilitas Lereng Pada Ruas Jalan Abe-Arso Sta 3+700 Dengan Perkuatan Geotekstil. *Crane: Civil Engineering Research Journal*, 2(2), 50–60. <https://doi.org/10.34010/crane.v2i2.5236>
- Das, B. M. (1994). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)* (1st ed.). Penerbit Erlangga, Institut Teknologi 10 Nopember, Surabaya.
- Diaz, A.D (2021). Analisis Stabilitas Lereng Badan Jalan Dengan Timbunan Bertahap Dan Menggunakan Perkuatan Geotekstil. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Febry, K. (2021). Analisis Stabilitas Pada Tubuh Bendungan Dengan Irisan Fellenius Dan Debit Rembesan Dengan Metode *Casagrande* Menggunakan *Software Geostudio*. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

- Halim, I. k. (2020). Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Geotekstil Dengan Program *Plaxis. Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Hamdhan, M. d. (2019). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Woven Akibat Pengaruh Termal Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Sipil Itenas*.
- Hardiyatmo, H. (2008). *Teknik Pondasi 2* (4th ed.). PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta, Indonesia.
http://katalog.pustaka.unand.ac.id//index.php?p=show_detail&id=61183
- Hardiyatmo, H. C. (2006). *Mekanika Tanah 1* (4th ed.). Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2013). *Stabilisasi tanah untuk perkerasan jalan* (Cet.2). Yogyakarta Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2014). *Tanah Ekspansif Permasalahan dan Penanganan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
<https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=968512>
- <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>
- <https://www.google.com/earth/>
- Koerner, R. M. (2005). *Designing With Geosynthetics* (5th ed.). Upper Saddle River, New Jersey 07458.
- Lexy, Dua. (2021). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Lingga, A (2019). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program *Geoslope, Tugas Akhir*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Loga, M. r (2018). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan *Soil Nailing* Menggunakan Metode Perhitungan *Fellenius* dan *Taylor* Serta Program *Geoslope. Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

- Nizar, S. i (2020). Analisis Stabilitas Timbunan Tanah Menggunakan Perkuatan Geotekstil Dengan Program *PLAXIS* 8.6 Serta *Metode Fellenius*. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Pangular, D. (1985). *Petunjuk Penyelidikan dan Penanggulangan Gerakan Tanah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Balitbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Pradhana, R. (2018). *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil*. Daerah Istimewa Yogyakarta: Bantaran Sungai Code, Kecamatan Jetis.
- PT. PrimaGeotex Indo (2021). Technical Specification Geotextile Woven. Tangerang.
- Purba, N. A. H., Lukman, A., & Sarifah, J. (2021). Perbandingan Metode Mononobe Dan Metode *Van Breen* Untuk Pengukuran Intensitas Curah Hujan Terhadap Penampang Saluran Drainase. *Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara*, 16(2), 119–125.
- Rizqullah, P. G., & Yelvi, Y. (2022). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Tol Cibitung - Cilincing Seksi 2 STA 6+475). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 19(2), 145–156. <https://doi.org/10.30630/jirs.v19i2.836>
- Sihite, M. A. (2021). Analisis Stabilitas Lereng Pada Jalan Karolangkat Desa Telagah KM: 2+575 Dengan Menggunakan Metode Fellenius. *Universitas Darma Agung, Medan*, 10, 76–82.
- Suryolelono, K. B. (1993). *Teknik fondasi bagian I : fondasi telapak dan dinding penahan tanah*. Yogyakarta: NAFIRI.
<https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=352629>
- Terzaghi, K. dan Peck, R. B. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Jakarta: Erlangga.
- Verhoff, P. N. W. (1994). *Geologi Untuk Teknik Sipil*. Erlangga, Jakarta.
- Waruwu, R. R., Telaumbanua, A. A., & Endayanti, M. (2023). Analisis Stabilitas Lereng Di Desa Padang Mas Kecamatan Kabanjahe Kabupaten Karo

Menggunakan Metode Fellenius. *Universitas Darma Agung, Medan, 11*, 252–263.

Whitman R.V and Bailey W.A, 1969, Use of Computers for Slope Stability Analysis, *J. Soil Mech. Found. Div.*

Wicaksono, S. (2016). *Prototipe Rock Mass Bonding Untuk Lokasi Longsoran Batuan*. Pusjatan.

Yolanda. P (2017). Analisis Stabilitas Timbunan Diperkuat Geotekstil dan Diperkuat Dinding Penahan Tanah Gravitasi. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Lokasi Penelitian



Lampiran 3 Hasil Lab Data Tanah 1

Jenis Sampel : LONGSORAN LANGGUAR - LUNYUK / BH1
 Tgl Terima Sampel : 19/12/2022
 Tgl Uji Sampel : 20/12/2022

PEMERIKSAAN : BERAT ISI, ISI PORI, DERAJAT KEJENUHAN DLL

Contoh Nomor	0 - 0.8 m	0.8 - 2.0 m
Ring Nomor	M	K
Dalam M.T.		
Macam Tanah		
1 Berat Ring + Tanah Basah (gr)	190.06	191.4
2 Berat Ring	70.06	70.40
3 Berat Tanah Basah (1-2) (gr)	120.00	121.0
4 Berat Bahan Kering $\frac{(3) \times 100}{100+(10)}$ (gr)	113.09	95.6
5 Isi / Volume Ring (cm ³)	66.36	66.36
6 Isi Bahan Kering $\frac{4}{11}$ (cm ³)	43.58	37.68
7 Berat Bahan Kering per isi (Jd) gr/cm ³	1.704	1.441
8 Isi pori (5) - (6) (cm ³)	22.78	28.68
9 Angka pori (e) $\frac{(12)}{100 - (12)}$	0.52	0.76
10 Air dalam bahan kering (Kadar air = W) (%)	6.11	26.58
11 Berat Jenis (B.D)	2.595	2.537
12 Pori dari tanah basah (Kadar pori = n) $\frac{8}{5 \times 100}$	34.32	43.22
13 Berat isi basah (Jt) $\frac{3}{5}$	1.808	1.823
14 Derajat kejenuhan (Sr) $\frac{(3-4) \times 100}{(8)}$	30.32	88.58
15 Sudut Longsor (Ø)	-	23.20
16 Kohesi (C)	-	0.10

Catatan : Hasil pemeriksaan tersebut diatas hanya berlaku bagi contoh yang dikirim ke Balai Pengujian Material Konstruksi Dinas PU Provinsi NTB

Dikerjakan		Diperiksa	
Teknisi	Tanggal	Koordinator Teknis Lab. Tanah	Tanggal
Nama :		Nama : Lalu Mardani Azmi, ST	

Lampiran 4 Hasil Lab Data Tanah 2

No. Laboratorium : 178
 Jenis Sampel : LONGSORAN LENANGGUAR - LUNYUK / BH I
 Tgl Terima Sampel : 19/12/2022
 Tgl Uji Sampel : 20/12/2022

PEMERIKSAAN : BERAT ISI, ISI PORI, DERAJAT KEJENUHAN DLL

Contoh Nomor	2.0 - 20 m	
Ring Nomor	Y	
Dalam M.T.		
Macam Tanah		
1	Berat Ring + Tanah Basah (gr)	230,8
2	Berat Ring	99,20
3	Berat Tanah Basah (1-2) (gr)	131,6
4	Berat Bahan Kering $\frac{(3) \times 100}{100+(10)}$ (gr)	108,1
5	Isi / Volume Ring (cm ³)	66,96
6	Isi Bahan Kering $\frac{4}{11}$ (cm ³)	44,12
7	Berat Bahan Kering per isi (Jd) gr/cm ³	1,629
8	Isi pori (5) - (6) (cm ³)	22,24
9	Angka pori (e) $\frac{(12)}{100 - (12)}$	0,50
10	Air dalam bahan kering (Kadar air = W) (%)	21,76
11	Berat Jenis (B.D)	2,450
12	Pori dari tanah basah (Kadar pori = n) $\frac{8}{5 \times 100}$	33,51
13	Berat isi basah (Jt) $\frac{3}{5}$	1,983
14	Derajat kejenuhan $\frac{(3-4) \times 100}{(8)}$ (Sr)	105,75
15	Sudut Longsor (Ø)	32,74
16	Cohesi (C)	0,05

Catatan : Hasil pemeriksaan tersebut diatas hanya berlaku bagi contoh yang dikirim ke Balai Pengujian Material Konstruksi Dinas PU Provinsi NTB

Dikerjakan		Diperiksa	
Teknik	Tanggal	Koordinator Teknis Lab. Tanah	Tanggal

Lampiran 5 Data Geotekstil

ITEM	TEST METHODE	UNIT	150 Gr	200 Gr	250 Gr	300 Gr
PHYSICAL						
Mass	-	Gr/sqm	150	200	250	300
Thickness	-	mm	0.92 - 1.07	0.99 - 1.1	1.1 - 1.2	-
Polymer	-	-	PP	PP	PP	PP
Colour (Warna)	-	-	Hitam			
MECHANICAL						
Tensile Strength Machine Direction (Warp) Cross Machine Dir. (Weft)	ASTM D 4595	kN/m	30 30	37.4 34.1	48.25 45.13	69.34 60.6
Elongation Machine Direction (Warp) Cross Machine Dir. (Weft)	ASTM D 4595	%	21 20	41.4 34.1	19 18	18 17
Grab Tensile Machine Direction (Warp) Cross Machine Dir. (Weft)	ASTM D 4632	N	1023 948	1610 1170	1500 1300	2500 2000
Trapezoidal Tear Strength Machine Direction (Warp) Cross Machine Dir. (Weft)	ASTM D 4533	N	568 512	1030 612	950 900	1600 1500
Trapezoidal Tear Strength	ASTM D 4833	N	284	537	650	800
HYDRAULIC						
Effective Opening Size	ASTM D 4751	mm	0.3	0.383	0.05	0.0081
Flow Rate		l/sqm/sec	22	20	18	17
Permeability	ASTM D 4491	Cm/sec	-	0.0057	0.017	0.01
ENVIRONMENTAL						
Effect of Soil Alkalinity	-	-	nil	nil	nil	nil
Effect of Soil Acidity	-	-	nil	nil	nil	nil
Effect of U.V Light	-	-	nil	nil	nil	nil
DIMENSION						
Roll Width	-	m	4			
Roll Length	-	m	200	200	150	150
Roll Diameter	-	m	0.35	0.45	0.45	0.45