

**ANALISIS PENANGANAN LONGSORAN DENGAN
MENGUNAKAN GEOTEKSTIL PADA LERENG
JALANRING ROAD DI KOTA TARAAN,
KALIMANTAN UTARA**

SKRIPSI



Oleh :

SYAMRULLAH HASAN

201912001

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KALTARA
2026**

**ANALISIS PENANGANAN LONGSORAN DENGAN
MENGUNAKAN GEOTEKSTIL PADA LERENG
JALAN RING ROAD DI KOTA TARAAN,
KALIMANTAN UTARA**

SKRIPSI



Oleh :

SYAMRULLAH HASAN

201912001

**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KALTARA**

2026

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**ANALISIS PENANGANAN LONGSORAN DENGAN MENGGUNAKAN
GEOTEKSTIL PADA LERENG JALAN RING ROAD DI KOTA
TARAKAN KALIMANTAN UTARA**

Yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kaltara, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Kaltara maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Tanjung Selor, 26 Januari 2026



Syamrullah Hasan

201912001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

ANALISIS PENANGANAN LONGSORAN DENGAN MENGGUNAKAN GEOTEKSTIL PADA LERENG JALAN RING ROAD DI KOTA TARAKAN KALIMANTAN UTARA

Disusun oleh:

SYAMRULLAH HASAN

Tanjung Selor, 26 Januari 2026
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing,



Ir. Fuad Harwadi, S.T., M.T
NIDN. 11.280171.01

Dosen Penguji I,



Ir. Rachel Zandra Singal, S.T., M.T
NIDN. 11.031079.01

Dosen Penguji II,



Adi Lazuardi Perdana, S.T., M.T
NIDN. 11.040579.03

Menyetujui:

Ketua Jurusan Teknik Sipil,



Ir. Rachel Zandra Singal, S.T., M.T
NIDN. 11.031079.01

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik Sipil,



Ir. Enny Harvianti, S.T., M.T
NIDN. 11.220786.02

Syamrullah Hasan 201912001 Jurusan Teknik Sipil	Dosen Pembimbing Ir. Fuad Harwadi, S.T., M.T., NIDN 11.280171.01
ANALISIS PENANGANAN LONGSORAN DENGAN MENGGUNAKAN GEOTEKSTIL PADA LERENG JALAN RING ROAD DI KOTA TARAKAN, KALIMANTAN UTARA	
ABSTRAK <p> Dengan adanya longsor pada ruas jalan ring road pada tahun 2022, untuk mencegah maka dilakukan tindakan <i>Survey</i> dan mengambil sampel tanah untuk diuji di laboratorium supaya mendapatkan parameter tanah. Penyebab terjadinya kelongsoran karena kondisi lereng dengan kemiringan yang curam sehingga diperlukan sebuah perkuatan lereng, salah satunya yaitu dengan perkuatan geotekstil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai angka keamanan eksisting stabilitas tebing jalan menggunakan perhitungan manual dan program GeoStudio dan nilai angka keamanan stabilitas tebing jalan yang dilakukan perkuatan dengan geotekstil pada Ring Road di Kota Tarakan. Analisis dengan perhitungan manual dilakukan sesuai dengan perencanaan geotekstil eksisting yaitu: Stabilitas internal, Stabilitas eksternal dan Stabilitas terhadap kelongsoran (dengan perkuatan dan tanpa perkuatan). Sedangkan analisis stabilitas penanganan lonsoran menggunakan aplikasi <i>Geostudio</i> 2025 dengan program <i>SLOPE/W</i> pada kondisi sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil. Nilai Angka Keamanan (<i>Safety Factor</i>) berdasarkan perhitungan manual dengan menggunakan metode <i>Fellenius</i> didapat nilai $SF\ 1,140 < 1,5$ dinyatakan tidak aman. Jika dilakukan analisis menggunakan program Geostudio, metode <i>SLOPE/W</i> dengan analisis <i>Fellenius / Ordinary</i> (pemilihan jika di dalam program Geostudio), didapat nilai $SF\ 1,207 < 1,5$ dinyatakan tidak aman. Adapun Nilai Angka Keamanan (<i>Safety Factor</i>) berdasarkan analisis menggunakan program Geostudio dengan metode yang sama dan ditambahkan perkuatan geotekstil berdasarkan perhitungan manual, didapat nilai $SF\ 1,599 > 1,5$ dimana nilai ini tanpa beban gempa dan dinyatakan aman. </p>	
Kata Kunci : Longsoran, Ring Road, Perkuatan Geotekstil.	

Syamrullah Hasan 201912001 Jurusan Teknik Sipil	Dosen Pembimbing Ir. Fuad Harwadi, S.T., M.T., NIDN 11.280171.01
ANALYSIS OF LANDSLIDE MIGITATION USIANG GEOTEXTILES ON RING ROAD SLOPE IN TARAKAN CITY NORTH KALIMANTAN	
ABSTRACT <p>With the occurrence of landslides on the ring road section in 2022 to prevent it, a survey was carried out and soil investigation were taken for testing in the laboratory to obtain soil parameters. The cause of the landslide was due to the condition of the slope with a steep slope so that slope reinforcement was needed, one of which was geotextile reinforcement. This study aims to determine the value of the existing safety factor for road slope stability using manual calculations and the GeoStudio program and the value of the safety factor for road slope stability that was reinforced with geotextiles on the Ring Road in Tarakan City. Analysis with manual calculations was carried out in accordance with the existing geotextile planning, namely: Internal stability, External stability and Stability against landslides (with reinforcement and without reinforcement). While the stability analysis of landslide handling used the Geostudio 2025 application with the SLOPE / W program in conditions before and after being given geotextile reinforcement. The Safety Factor value based on manual calculations using the Fellenius method obtained an SF value of $1.140 < 1.5$ was declared unsafe. If the analysis is carried out using the Geostudio program, the SLOPE/W method with Fellenius/Ordinary analysis (selection if in the Geostudio program), the SF value of $1.207 < 1.5$ was declared unsafe. The Safety Factor Value based on the analysis using the Geostudio program with the same method and added geotextile reinforcement based on manual calculations, the SF value is $1.599 > 1.5$ where this value without earthquake load and was declared safe.</p>	
Keywords: Landslide, Ring Road, Geotextile Reinforcement.	

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan Rahmat-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi sebagai tugas akhir yang berjudul “ANALISIS PENANGANAN LONGSORAN DENGAN MENGGUNAKAN GEOTEKSTIL PADA LERENG JALAN RING ROAD DI KOTA TARAKAN, KALIMANTAN UTARA” tepat pada waktunya.

Skripsi ini disusun berdasarkan apa yang telah saya dapatkan dari berbagai macam sumber referensi maupun hasil bimbingan bersama pembimbing skripsi saya.

Dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari keterlibatan beberapa pihak yang telah meluangkan waktu dan dalam kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada yang kami hormati.

1. Bapak Dr. Didi Ardiansyah, S.TP., M.M selaku rektor Universitas Kaltara atas kepemimpinan, kebijaksanaan, serta dukungan yang telah diberikan dalam penyelenggaraan pendidikan dan pengembangan akademik. Berkat fasilitas dan lingkungan akademik kondusif, penulis dapat menyelesaikan proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini dengan baik.
2. Saya juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Ir. Enny Harviyanti, S.T., M.T., Selaku Dekan Fakultas Teknik atas dukungan, arahan, serta kebijakan yang telah diberikan selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini. Berkat bimbingan dan fasilitas yang diberikan penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
3. Ibu Ir. Rachel Zandra Singal, S.T., M.T., Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil sekaligus Dosen Pembimbing Akademik, dalam hal ini juga menjadi Dosen Penguji 1 yang telah membantu memberikan saran dalam penyusunan skripsi ini.
4. Kedua Orang Tua saya yang telah mendukung dan memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini.

5. Bapak Ir. Fuad Harwadi, S.T., M.T., Selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Adi Iazuardi Perdana, S.T., M.T., Selaku Dosen Penguji 2 yang telah memberikan saran untuk penyusunan skripsi ini.
7. Istri dan Anak saya yang telah membantu dan memberikan motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
8. Seluruh teman Dinas PUPR Kaltara dan teman jurusan Fakultas Teknik Sipil yang turut mendukung dan memberi semangat dalam penyusunan skripsi ini.
9. Dosen Dan Staf Administrasi Fakultas Teknik.

Dengan segala keterbatasan yang ada, sangat disadari bahwa penulisan ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan sehingga dapat melengkapi dan menyempurnakan penulisan ini, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak

Tanjung Selor, 26 Januari 2026



Syamrullah Hasan
201912001

DAFTAR ISI

COVER

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tanah.....	6
2.1.1 Definisi Tanah	6
2.1.2 Klasifikasi Tanah	7
2.2 Longsoran dan Lereng	13
2.2.1 Longsoran.....	13
2.2.2 Lereng	17
2.2.3 Faktor Keamanan pada Lereng	23
2.2.4 Analisis Stabilitas Lereng	24
2.3 Kriteria Pembebanan	29
2.4 Jenis Dinding Penahan Tanah	29
2.5 Tekanan Tanah Lateral	31

2.5.1	Tekanan Tanah Aktif	32
2.5.2	Tekanan Tanah Pasif	32
2.6	Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan Tanah	32
2.6.1	Stabilitas Terhadap Penggeseran	32
2.6.2	Stabilitas Terhadap Penggulingan	32
2.7	Analisa Kestabilan Lereng	33
2.8	Geotekstil	33
2.8.1	Definisi Geotekstil	33
2.8.2	Jenis-Jenis Geotekstil	34
2.8.3	Geotekstil untuk Perkuatan Lereng.....	35
2.8.4	Perancangan Perkuatan Lereng	37
2.9	Program Geostudio	39
2.9.1	Pendahuluan	39
2.9.2	Slope / W	39
2.9.3	Proses Perhitungan Slope/W	42
2.10	Penelitian Terdahulu	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		46
3.1	Objek Penelitian	46
3.2	Lokasi Penelitian	46
3.3	Tahap Pengumpulan Data	46
3.4	Analisis Perhitungan	47
3.4.1	Analisis Perhitungan Manual	47
3.4.2	Analisis Perhitungan dengan Program Geostudio ...	47
3.4.3	Analisis Perkuatan dengan Geotekstil Menggunakan Program Geostudio	55
3.5	Diagram Alir Penelitian	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		59
4.1	Data Tofografi Eksisting	59
4.2	Data Tanah	63
4.3	Data Beban Lalu Lintas.....	67
4.4	Geotekstil.....	69

4.5	Analisis SF Eksisting Metode Manual	69
4.6	Analisis SF Eksisting Menggunakan Program Geostudio....	72
4.7	Analisis Perkuatan dengan Geotekstil Cara Manual	73
4.8	Analisis Perkuatan dengan Geotekstil Menggunakan Program Geostudion	81
4.9	Pembahasan	82
4.9.1	Hubungan Sifat Fisik Tanah Asli Terhadap Stabilitas Tanah	82
4.9.2	Hubungan Antara Perkuatan Geotekstil Terhadap Stabilitas Tanah	83
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		84
5.1	Kesimpulan	84
5.2	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA		86
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		
LAMPIRAN-LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Plastisitas Klasifikasi Tanah AASHTO	9
Gambar 2.2	Diagram Face Tanah	18
Gambar 2.3	Permodelan dengan Metode Fellenius	26
Gambar 2.4	Geotekstil Woven	34
Gambar 2.5	Geotekstil Non Woven	35
Gambar 2.6	Peletakan Geotekstil Untuk Memperkuat Lereng Timbunan	36
Gambar 2.7	Aplikasi Lereng Tanah Bertulang	37
Gambar 2.8	Keruntuhan Intern, Ekstern dan Komposit	38
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian	45
Gambar 3.2	Halaman Awal Geostudio 2025	47
Gambar 3.3	Pemilihan Kertas Kerja Geostudio 2025	47
Gambar 3.4	SLOPE/W dengan Ompsi Limit Equilibrium Geostudio 2025.....	48
Gambar 3.5	SLOPE/W dengan Metode Analisis Ordinary Geostudio 2025	48
Gambar 3.6	Sketsa Garis di Geostudio 2025	49
Gambar 3.7	Hasil Sketsa Timbunan Sesuai deangan Gambar Perencanaan Eksisting di Geostudio 2025	49
Gambar 3.8	Menu Define dan Materials Geostudio 2025	50
Gambar 3.9	Berat isi Tanah, Kohesi, dan Sudut Geser Geostudio 2025	50
Gambar 3.10	Menentukan Parameter Tanah di Geostudio 2025	51
Gambar 3.11	Entry dan Exit di Geostudio 2025	52
Gambar 3.12	Klik Koordinat Sesuai dengan Gambar perencanaan Eksisting di Geostudio 2025	52
Gambar 3.13	Surcharge Loads di Geostudio 2025	53
Gambar 3.14	Hasil Nilai SF di Geostudio 2025	53
Gambar 3.15	Hasil Nilai SF di Geostudio 2025	53

Gambar 3.16	Pembagian Zona Timbunan	54
Gambar 3.17	Bidang Longsor untuk Menentukan Panjang Geotekstil ...	56
Gambar 3.18	Nilai SF dengan Perkuatan Geotekstil	57
Gambar 4.1	Data Kontur	60
Gambar 4.2	Long Section Topografi	61
Gambar 4.3	Data Topografi pada STA 1 + 745.....	62
Gambar 4.4	Ilustrasi Tanah pada Likasi Penanganan Longsoran	63
Gambar 4.5	Data Penyelidikan Tanah	66
Gambar 4.6	Gambar Perencanaan Potongan Melintang Jalan	67
Gambar 4.7	Prinsip Pemasangan Geotekstil Pada Perencanaan Eksisting.....	69
Gambar 4.8	Pemodelan dengan Metode Fellenius	70
Gambar 4.9	Hasil Nilai SF di Geostudio 2025	73
Gambar 4.10	Pembagian Zona Timbunan	74
Gambar 4.11	Bidang Longsor untuk Menentukan Panjang Geotekstil ...	77
Gambar 4.12	Nilai SF dengan Perkuatan Geotekstil	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Tanah AASHTO.....	9
Tabel 2.2	Sistem Klasifikasi USCS.....	11
Tabel 2.3	Klasifikasi Tanah USCS.....	12
Tabel 2.4	Nilai Faktor Keamanan Untuk Lereng Tanah.....	24
Tabel 2.5	Perhitungan Manual menggunakan Metode Fellenius	28
Tabel 4.1	Data Parameter Tanah Hasil Uji Laboratorium.....	63
Tabel 4.2	Beban Lalu Lintas	68
Tabel 4.3	Perhitungan Manual Menggunakan Metode Fellenius.....	71
Tabel 4.4	Kisaran Nilai Sifat-sifat Indeks dan Mekanis Tanah.....	74
Tabel 4.5	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Panjang Geotekstil.....	78

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi di Indonesia berkembang dengan sangat baik dan semakin meningkat menyebabkan naiknya kebutuhan lahan untuk pengguna jalan. Hal ini mendorong manusia untuk memanfaatkan setiap lahan dengan sebaik mungkin, salah satunya di kawasan perbukitan dan berlereng yang topografinya cenderung beragam. Infrastruktur jalan adalah salah satu komponen utama dalam pembangunan sebuah negara. Keberadaan jalan dapat membantu mempercepat proses distribusi dan pemerataan di berbagai daerah. Infrastruktur jalan berperan sebagai tulang punggung dalam sistem transportasi darat suatu negara. Melalui pembangunan dan perawatan yang tepat, infrastruktur jalan dapat menghubungkan berbagai kota dan wilayah di seluruh penjuru Indonesia dengan mudah. Hal ini juga memberikan akses yang lebih baik bagi masyarakat untuk bepergian, mengoptimalkan mobilitas barang dan orang, serta meningkatkan konektivitas antar daerah. Selain itu, infrastruktur jalan juga memiliki dampak ekonomi yang signifikan.

Ketersediaan infrastruktur diperlukan untuk mewujudkan Nawacita dengan membangun konektivitas guna meningkatkan daya saing, membangun dari pinggiran, mendukung ketahanan pangan dan air, serta meningkatkan kualitas hidup masyarakat pada kawasan. Jalan raya adalah salah satu prasarana transportasi yang akan mempercepat pertumbuhan dan pengembangan suatu daerah serta akan membuka hubungan sosial, ekonomi dan budaya antar daerah. Peningkatan taraf hidup dan jumlah penduduk akan berdampak pada kondisi jalan raya tersebut. Undang-undang Republik Indonesia No. 38 tahun 2004 Tentang Prasarana Jalan, disebutkan bahwa jalan mempunyai peranan penting dalam mewujudkan perkembangan kehidupan bangsa. Hal itu disebabkan penting dan strategisnya fungsi jalan untuk mendorong distribusi barang dan jasa sekaligus mobilitas penduduk. Ketersediaan jalan adalah prasyarat mutlak bagi masuknya investasi ke suatu wilayah, karena fungsi utama jalan raya adalah sebagai

prasarana untuk melayani pergerakan lalu lintas manusia dan barang secara aman, nyaman, cepat dan ekonomis menuntut adanya jalan raya yang memenuhi persyaratan tertentu. Namun untuk mewujudkan transportasi yang aman, nyaman, dan memiliki konstruksi yang awet pada daerah lereng, diperlukan sebuah analisis terhadap setiap tingkat keamanan lereng dalam perencanaan.

Jalan merupakan fasilitas umum yang sangat diperlukan oleh masyarakat. Berbagai aktivitas masyarakat tidak pernah terlepas dari jalan untuk akses transportasi dan mobilisasi. Oleh karena itu jalan harus memiliki tingkat keamanan dan kenyamanan yang baik. Disamping aspek perkerasan, jalan juga harus dibuat pada daerah yang aman lokasi pembuatannya.

Berdasarkan kondisi geografis, tentu saja banyak jalan dapat dibuat pada daerah topografi yang baik, salah satunya adalah ruas jalan Kota Tarakan. Ruas jalan tersebut sebagian besar sisi sampingnya adalah lereng curam sehingga ada titik jalan yang mengalami longsor dan sangat berbahaya. Oleh karena itu, sangat penting untuk memperhatikan faktor dikelilingi bukit dan lereng, hal itu menyebabkan terjadi longsor di daerah tersebut. Seperti pada Jalan Juata Laut - Binalatung mengakibatkan terkikisnya bahu jalan yang dapat memutus akses jalan di titik tersebut, karena ruas jalan Juata Laut merupakan akses penghubung antar Jalan Kota Tarakan. Ruas jalan ini merupakan jalan kolektor provinsi yang sangat vital fungsinya sebagai jalur alternatif yang menghubungkan konektivitas pusat-pusat kegiatan Kota Tarakan.

Selanjutnya, tingkat keamanan suatu lereng dipengaruhi oleh beberapa faktor. Diantaranya adalah faktor kemiringan dan beban yang bekerja di atasnya. Kondisi lereng dengan beban yang besar dan kemiringan yang curam dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran. Hal ini tentunya sangat membahayakan bangunan dan pengguna jalan di sekitar lereng sehingga diperlukan sebuah penguatan lereng. Mempertimbangkan pentingnya jalur Ruas Jalan Juata Laut Kota Tarakan, maka pemerintah provinsi Kalimantan Utara melalui Dinas PUPR PERKIM selalu mengawasi, memelihara, dan berusaha mengoptimalkan tingkat layanan jalan baik itu dari segi fungsional maupun struktur jalan. Dengan adanya

longsor pada ruas jalan tersebut pada tahun 2022 maka Dinas PUPR PERKIM bermaksud untuk melakukan tindakan *Survey* lokasi dan mengambil sampel tanah untuk diuji di laboratorium untuk mendapatkan parameter tanah.

Dengan pertimbangan berbagai persyaratan di atas dan dengan meninjau langsung dimana terjadinya longsor di lapangan, maka dapat memilih geotekstil yang sesuai.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas tentang penanganan longsor dengan menggunakan geotekstil pada Ruas Jalan Kota Tarakan timbul masalah antara lain:

1. Bagaimana nilai angka keamanan eksisting stabilitas lereng jalan pada *ring road* di Kota Tarakan menggunakan perhitungan manual dan program GeoStudio?
2. Bagaimana nilai angka keamanan stabilitas lereng jalan pada *ring road* di Kota Tarakan yang dilakukan perkuatan dengan geotekstil?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

1. Mengetahui nilai angka keamanan eksisting stabilitas lereng jalan pada *ring road* di Kota Tarakan menggunakan perhitungan manual dan program GeoStudio;
2. Mengetahui nilai angka keamanan stabilitas lereng jalan pada *ring road* di Kota Tarakan yang dilakukan perkuatan dengan geotekstil.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak terlalu luas tinjauannya dan tidak menyimpang dari rumusan masalah yang ditetapkan, maka perlu adanya pembatasan terhadap masalah yang ditinjau, Batasan-batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Ring Road* yang dimaksud dalam penelitian ini adalah ruas jalan Juata Laut – Binalatung;

2. Tidak memperhitungkan anggaran biaya;
3. Perhitungan dilakukan dengan perhitungan manual dan program bantu GeoStudio 2025;
4. Data Topografi dan Geoteknik menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Konsultan perencanaan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari penelitian ini dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Umum

- a. Menambah pengetahuan tentang stabilitas lereng;
- b. Mendapatkan gambaran tentang visualisasi kelongsoran lereng dalam bentuk dua dimensi;
- c. Untuk literatur bagi mahasiswa yang meneliti judul yang sama

2. Khusus

- a. Untuk mengetahui tentang program bantuan geostudio.
- b. Menambah pengetahuan tentang stabilitas lereng dengan menggunakan geotekstil.

1.6 Sistematika Penulisan

Proposal ini dibagi dalam lima bab, dengan susunan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penulisan proposal, yaitu tentang pentingnya analisa stabilitas penanganan longsoran pada *Ring Road* Tarakan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka penanganan longsoran dengan menggunakan geotekstil. Selanjutnya pembahasan mengenai tanah, longsoran dan lereng yang berisi tentang penjelasan faktor keamanan pada lereng, dari bab ini juga dijelaskan mengenai analisa kestabilan lereng, geotekstil dan program GeoStudio.

BAB III : METODOLOGI

Bab ini membahas tentang pendekatan penelitian yang dirangkum pada diagram alir serta teknik pengumpulan data.

BAB IV : PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang proses analisis penanganan longsor dengan menggunakan Geostudio. Bab ini juga berisi penjelasan nilai angka keamanan eksisting stabilitas tebing jalan pada *ring road* Tarakan menggunakan perhitungan manual dan program GeoStudio 2025 dan nilai angka keamanan stabilitas tebing jalan pada *ring road* Tarakan yang dilakukan perkuatan dengan geotekstil.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diambil dari hasil penanganan longsor menggunakan Geotekstil, serta perbandingan hasil analisis stabilitas penanganan longsor pada *Ring Road* Tarakan dengan perkuatan geotekstil menggunakan perhitungan manual dan dengan menggunakan program Geostudio 2025.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

2.1.1 Definsi Tanah

Tanah merupakan lapisan teratas lapisan bumi. Tanah memiliki ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda antara tanah di suatu lokasi dengan lokasi yang lain. Menurut Dokuchaev (1870) dalam Fauziek & Suhendra (2018), Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Tingkat perubahan terlihat pada komposisi, struktur dan warna hasil pelapukan.

Menurut Das & Sobhan (2006), dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruangruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Menurut Hardiyatmo (1992) dalam Apriliyandi (2017), tanah adalah ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap-ngendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya.

Menurut Bowles (1989) dalam Fauziek & Suhendra (2018), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

- a. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
- b. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
- c. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).

- d. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
- e. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
- f. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang “diam” yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

2.1.2 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah pengelompokan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan karakteristiknya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakainya (Das, 1995). Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989 dalam Syaputri dkk., 2015).

Dalam ilmu mekanika tanah terdapat dua sistem klasifikasi yang umum dikelompokkan . kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas Atterberg, sistem-sistem tersebut adalah :

2.1.2.1 Sistem Klasifikasi *American Association of State Highway and Transportation Official* (AASHTO)

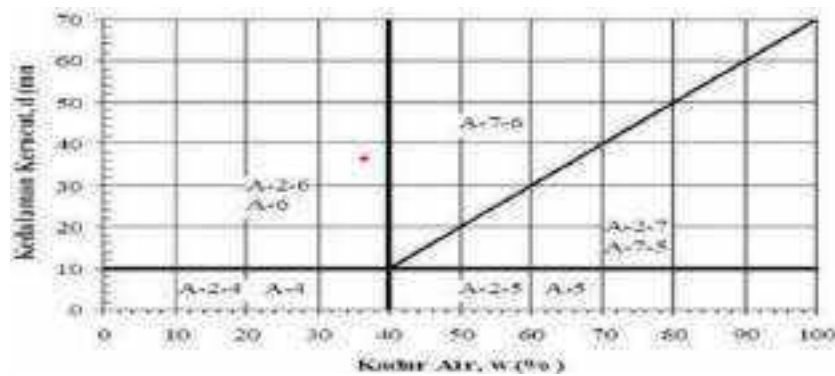
Sistem ini dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administrasion Classification System*. Sistem ini telah mengalami beberapa perbaikan, yang berlaku saat ini adalah yang diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* pada tahun 1945 (*American Society for Testing and Materials* (ASTM) Standar No. D-3282, AASHTO model M105).

Sistem klasifikasi AASHTO bermanfaat untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*). Karena sistem ini ditujukan untuk pekerjaan jalan tersebut, maka penggunaan sistem ini dalam prakteknya harus dipertimbangkan terhadap maksud dan tujuan aslinya. Sistem ini membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai dengan A-7. A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir di mana 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah di mana lebih dari 35 % butirannya tanah lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5 A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Adapun sistem klasifikasi AASHTO ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut :Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini :

1) Ukuran Butir Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm). Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm). Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

2) Plastisitas

Plastisitas merupakan kemampuan tanah menyesuaikan perubahan bentuk pada volume konstan tanpa retak – retak atau remuk. Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Tingkat keplastisan suatu tanah umumnya ditunjukkan dari nilai indeks plastisitas, yaitu selisih nilai batas cair dan batas plastis suatu tanah. Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih .



Sumber : AASHTO

Gambar 2.1. Grafik Plastisitas untuk Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

3) Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan dalam sampel tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentase tanah yang dikeluarkan harus dicatat.

Apabila dalam sistem klasifikasi AASHTO dipakai untuk mengklasifikasi tanah, maka data dari uji di cocokan dengan angkaangka yang diberikan dalam Tabel 2.1 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai (Das, 1995).

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir (35 atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)							Tanah lianas-lempung (lebih dari 35 % dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5* A-7-6*
Analisis ayakan (% lolos)											
No. 10	≤ 50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
No. 40	≤ 30	≤ 50	≤ 51	—	—	—	—	—	—	—	—
No. 200	≤ 35	≤ 35	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 batas atas (LL)	—	—	—	≤ 41	≥ 41	≤ 41	≥ 41	≤ 40	≤ 41	≤ 40	≥ 41
Indeks elastisitas (PI)	≤ 6	—	NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berbatu atau berlempung				Tanah berbatu		Tanah berlempung	
Perilaku sebagai bahan dasar tanah	Berkas sekam pasir baik							sedang sampai jelek			

Keterangan :
 * Untuk A-7-5, PI ≤ LL - 30
 ** Untuk A-7-6, PI > LL - 30

Sumber : Das, 1995

2.1.2.2 Sistem Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System* (USCS)

Klasifikasi ini pada awalnya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942, untuk digunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang (Das, 1995). Pada sistem ini pada garis besarnya membedakan tanah atas tiga kelompok besar, yaitu :

- 1) Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), kurang dari 50% lolos saringan No. 200, yaitu tanah berkerikil dan berpasir. Simbol kelompok ini dimulai dari huruf awal G untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil dan S untuk pasir (*Sand*) atau tanah berpasir.
- 2) Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), lebih dari 50 % lolos saringan No. 200, yaitu tanah berlanau dan berlempung. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau anorganik, C untuk lempung anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik. Simbol Pt digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi.
- 3) Tanah organik (*Gambut/Humus*), secara laboratorium dapat ditentukan jika perbedaan batas cair tanah contoh yang belum dioven dengan yang telah dioven sebesar > 25%. Simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi adalah W – untuk gradasi baik (*Wells graded*), P – gradasi buruk (*poorly graded*), L – plastisitas tinggi (*low plasticity*) dan H – plastistas tinggi (*high plasticity*).

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam klasifikasi USCS sebagai berikut :

- 1) Persentase lolos ayakan No. 200 dan lolos ayakan No. 4.
- 2) Koefisien keseragaman (*Cu*) dan koefisien gradasi (*Cc*).
- 3) Batas cair (*LL*) dan indeks plastisitas (*PI*)

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS)

Divisi Utama		Simbol	Nama Utama	Kriteria Klasifikasi			
Tanah berbutiran kasar: 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50% > 2.0 mm saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan prosesasi butiran halus : Kuning dari 5% lolos saringan No. 200 : GM, GP, SW, SP ; Lebih dari 12% lolos saringan No. 200 : GM, GC, SM, SC, 5% - 12% lolos saringan No. 200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3		
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW		
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau		Batas-batas <i>Aterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas <i>Aterberg</i> berada didaerah arsis dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		Batas-batas <i>Aterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$		
	Pasir 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (Batas pasir)	SW		Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	
			SP		Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
		Pasir dengan butiran halus	SM		Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Aterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas <i>Aterberg</i> berada didaerah arsis dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			SC		Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	Batas-batas <i>Aterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$	
Tanah berbutiran halus 50% atau lebih lolos saringan No. 200	Lanau dan lempung lebih cair < 50% Lanau dan lempung lebih padat > 50%	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutiran halus dan kasar. Batas <i>Aterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsis berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.			
		CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clay</i>)				
		OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah				
		MH	Lanau anorganik atau pasir halus distomae, atau lanau distomae, lanau yang elastis				
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)				
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi				
	Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		

Sumber : Harvi Christodou, 1996

Sumber : Hary Christady, 1996

Sumber: Hary Christady (1996)

Adapun menurut Bowles (1991) dalam Songko (2025), kelompok tanah utama pada sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) diperlihatkan pada Tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System* (USCS)

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik Gradasi buruk	W P
Pasir	S	Berlanau Berlempung	M C
Lanau	M		
Lempung	C	LL < 50 %	L
Organik	O	LL > 50 %	H
Gambut	Pt		

Sumber : Bowles, 1991

Keterangan :

G = Untuk kerikil (*Gravel*) atau tanah berkerikil (*Gravelly Soil*)

S = Untuk pasir (*Sand*) atau tanah berpasir (*Sandy soil*)

M = Untuk lanau anorganik (*Inorganic silt*)

C = Untuk lempung inorganik (*inorganic clay*)

O = Untuk lanau dan lempung organik (*organic*)

Pt = Untuk gambut (*peat*) dan tanah dengan kandungan organik tinggi

W = Untuk gradasi baik (*well graded*)

P = Gradasi buruk (*poorly graded*)

L = Plastisitas rendah (*low plasticity*)

H = Plastisitas tinggi (*high plasticity*)

LL = Batas Cair (*Liquid Limit*)

2.2 Longsor dan Lereng

2.2.1 Longsor

2.2.1.1 Teori dan Definisi Tanah Longsor

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah atau material laporan bergerak ke bawah atau keluar lereng. Secara geologis tanah longsor adalah suatu peristiwa geologi dimana terjadi pergerakan tanah seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah (Nandi, 2007). Longsor adalah peristiwa berpindahnya massa tanah atau batuan dari kedudukan semula secara miring, terlepas dari massa yang stabil karena pengaruh gaya gravitasi, dengan pola gerakan yang dapat berupa rotasi maupun translasi (SNI 8460:2017, 2017).

Yota Pentawan dalam skripsinya dari Universitas Lampung, Brook dkk. (1991) dalam Bokko (2019) mengatakan bahwa tanah longsor adalah salah satu bentuk dari gerak massa tanah, batuan, dan runtuh batuan/tanah yang terjadi seketika yang bergerak menuju lereng bawah yang dikendalikan oleh gaya gravitasi dan meluncur dari atas suatu lapisan kedap yang jenuh air (bidang luncur). Oleh karena itu tanah longsor dapat juga dikatakan sebagai bentuk erosi.

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari pada gaya penahan. Gaya penahan pada umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan daya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, beban serta berat jenis batuan (Tonda, 2024). Proses terjadinya tanah longsor dapat di jelaskan sebagai berikut, air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan luar lereng (Ramdan, 2020). Menurut pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa longsor merupakan suatu gerakan tanah yang gugur kebawah.

2.2.1.2 Proses Terjadinya Tanah Longsor

Dalam SNI 8460:2017, longsor dipahami sebagai bentuk kegagalan lereng yang terjadi ketika keseimbangan antara gaya penahan dan gaya penggerak pada massa tanah atau batuan tidak lagi terpenuhi. Proses terjadinya longsor diawali oleh kondisi lereng yang secara alami berada dalam keadaan hampir seimbang, di mana kekuatan geser tanah atau batuan masih mampu menahan tegangan geser yang bekerja pada bidang gelincir potensial. Namun, keseimbangan ini dapat terganggu oleh berbagai faktor pemicu.

Proses terjadinya tanah longsor adalah sebuah peristiwa perpindahan material pembentuk lereng yang berupa batuan atau tanah yang bergeser atau bergerak turun ke bawah yang terjadi karena kondisi lahan yang tidak seimbang atau terkena tekanan dari atas seperti hujan deras (Goma dkk., 2022). Berikut adalah proses terjadinya *longsor* yang sering terjadi di beberapa wilayah di Indonesia :

- a. Proses Meresapnya Air ke Tanah – Proses pertama terjadinya tanah *longsor* adalah proses resapan air hujan ke dalam tanah. Dimana peristiwa meresapnya air ini nantinya akan mempengaruhi beban dalam tanah yang nantinya tanah akan berada diambang batas maksimal dalam menampung air.
- b. Perubahan Tekstur Tanah – Yang dimaksud disini adalah apabila air yang secara terus menerus menerjang tanah sampai suatu ketika dapat menembus ke bagian tanah yang kedap air serta berperan sebagai bidang penggelincir maka tanah akan menjadi licin. Tanah yang licin inilah nantinya akan mengalami pergerakan yang amat cepat menuju ke bawah apabila hujan deras terjadi.
- c. Tanah Mengalami Pelapukan – Tanah yang berada di permukaan akan mengalami pelapukan, begitu juga struktur lapisan tanah yang berada di bawahnya, begitu sampai dasar dari tanah. Pada peristiwa pelapukan inilah yang nantinya akan menyebabkan tanah bergerak mengikuti lereng dan kemudian keluar lereng sehingga terjadilah tanah longsor.

2.2.1.2 Faktor Penyebab Terjadinya Tanah Longsor

Tanah longsor dipengaruhi oleh dua kelompok faktor utama, yakni faktor pengontrol dan faktor pemicu. Faktor pengontrol mencakup berbagai kondisi yang melekat pada material lereng itu sendiri, seperti keadaan geologi, tingkat kemiringan lereng, litologi, serta keberadaan sesar dan kekar pada batuan. Sementara itu, faktor pemicu merujuk pada unsur-unsur yang secara langsung mendorong terjadinya pergerakan material, antara lain curah hujan, gempa bumi, erosi pada kaki lereng, dan aktivitas manusia (Naryanto dkk., 2019).

Surono dalam Rahayu (2016), menjelaskan faktor penyebab terjadinya tanah longsor pada dasarnya dipicu oleh dua kelompok utama, yaitu faktor alam dan faktor yang berasal dari aktivitas manusia.

a. Faktor Alam

1. Geomorfologi

Geomorfologi berkaitan dengan karakteristik, kondisi, dan bentuk permukaan bumi. Secara umum, wilayah perbukitan atau pegunungan yang memiliki kemiringan lereng curam cenderung lebih rentan mengalami longsor, karena gaya gravitasi bekerja lebih besar pada lereng yang terjal.

2. Geologi

Geologi merujuk pada struktur batuan penyusun lereng. Faktor-faktor yang memengaruhi kondisi geologi meliputi sifat fisik tanah dan batuan, ketebalan lapisan tanah hasil pelapukan, serta keberadaan patahan. Zona patahan merupakan area yang relatif lemah karena kekuatan batumannya telah berkurang. Kondisi ini menyebabkan banyaknya retakan yang memudahkan air meresap ke dalam massa tanah dan batuan, sehingga meningkatkan potensi terjadinya longsor.

3. Keairan

Curah hujan dengan intensitas tinggi merupakan salah satu faktor pemicu terjadinya longsor. Selain itu, penggunaan air dalam jumlah besar pada lahan persawahan di lereng terjal, proses erosi yang mengikis tubuh

lereng, serta abrasi gelombang laut yang menghantam tebing pantai juga kerap menyebabkan terjadinya longsor.

4. Vegetasi penutup

Keberadaan pepohonan besar pada lereng yang terjal dapat berperan dalam menahan terjadinya longsor, karena akar-akarnya kuat dan mampu menembus lapisan tanah atau batuan yang berada pada bidang gelincir. Sebaliknya, penebangan pohon-pohon di lereng justru dapat memicu longsor, karena sistem perakaran menjadi dangkal dan kestabilan lereng menurun.

b. Ulah Manusia

1. Penambahan beban pada lereng, misalnya dengan membangun rumah atau bangunan di kawasan lereng.
2. Pemotongan lereng, seperti kegiatan penambangan dan pembangunan jalan.
3. Getaran yang berasal dari lalu lintas, mesin, maupun runtuhnya lereng.
4. Pengelolaan tata lahan, seperti penebangan pohon.

2.2.1.4 Klasifikasi Pergerakan Tanah (Longsor)

Untuk memberikan definisi longsor perlu penjelasan keduanya. Gerakan tanah ialah perpindahan massa tanah atau batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Gerakan tanah mencakup gerak rayapan dan aliran maupun longsor.

Klasifikasi yang diberikan oleh *HWRBLC, Highway Research Board Landslide Committee (1978)*, mengacu kepada Varnes (1978) yang berdasarkan kepada:

- a. material yang nampak,
- b. kecepatan perpindahan material yang bergerak,
- c. susunan massa yang berpindah,
- d. jenis material dan gerakannya.

Berdasarkan definisi dan klasifikasi (Varnes, 1978; Tabel 2.3.), maka

disimpulkan bahwa gerakan tanah (mass movement) adalah gerakan perpindahan atau gerakan lereng dari bagian atas atau perpindahan massa tanah maupun batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula.

Longsor (*landslide*) merupakan bagian dari gerakan tanah, jenisnya terdiri atas jatuhan (*fall*), jungkiran (*topple*), luncuran (*slide*), nendatan (*slump*), aliran (*flow*), gerak horisontal atau bentangan lateral (*lateral spread*), rayapan (*creep*) dan longsor majemuk.

2.2.2 Lereng

2.2.2.1 Teori dan Definisi Lereng

Definisi lereng berdasarkan SNI 8460:2017 persyaratan perancangan geoteknik yaitu lereng alam terbentuk akibat kegiatan alam (erosi, gerakan tektonik, dan sebagainya). Material yang membentuk lereng memiliki kecenderungan tergelincir akibat beratnya sendiri dan gaya-gaya luar yang ditahan oleh kuat geser tanah dari material tersebut. Gangguan terhadap kestabilan terjadi bilamana tahanan geser tanah tidak dapat mengimbangi gaya-gaya yang menyebabkan gelincir pada bidang longsor.

Lereng alam yang telah stabil selama bertahun-tahun dapat saja mengalami longsor akibat hal-hal berikut:

- a. kenaikan tekanan air pori (akibat naiknya muka air tanah) karena hujan yang berkepanjangan, pembangunan dan pengisian waduk, gangguan pada sistem drainase, dan lain-lain.
- b. penurunan kuat geser tanah secara progresif akibat deformasi sepanjang bidang yang berpotensi longsor
- c. proses pelapukan; akibat pelapukan batuan dapat mengalami mengalami degradasi
- d. gempa; efek gempa menyebabkan inersia dalam arah getaran gempa menyebabkan lereng tidak stabil
- e. gangguan luar akibat pemotongan atau timbunan baru. Aspek penting dari stabilitas lereng alam, yaitu:

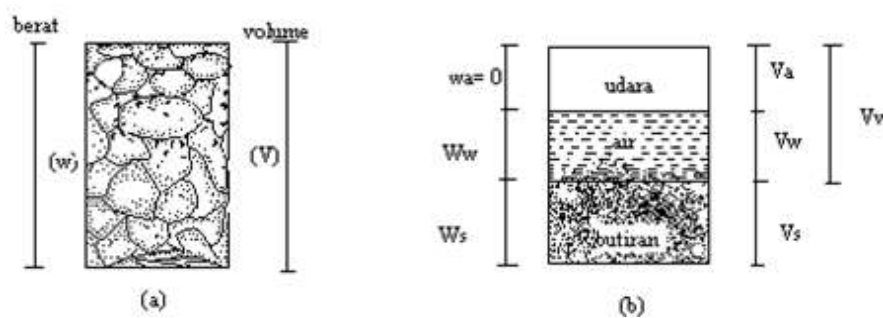
1. Kondisi geologi
2. Kondisi topografi
3. Kemiringan lereng
4. Jenis lapisan tanah
5. Kuat geser
6. Aliran air bawah permukaan
7. Kecepatan pelapukan
8. Gangguan Lalu Lintas

2.2.2.2 Klasifikasi Lereng

Kelongsoran dapat terjadi pada setiap macam lereng, akibat berat tanah sendiri, ditambah dengan pengaruh yang besar dari rembesan air tanah, serta gaya lain dari luar lereng.

Wesley (1977) membagi lereng menjadi 3 macam ditinjau dari segi terbentuknya dalam skripsi Restu Arga Winanda Universitas Lampung, yaitu :

- a. Lereng alam, yaitu lereng yang terbentuk akibat kegiatan alam, seperti erosi, gerakan tektonik dan sebagainya.
- b. Lereng yang dibuat manusia, akibat penggalian atau pemotongan pada tanah asli.
- c. Lereng timbunan tanah, seperti urugan untuk jalan raya (Winanda, 2017).



Gambar 2.2 Diagram Face Tanah

Klasifikasi lereng berdasarkan SNI 8460:2017 membagi 2 macam yaitu lereng alam dan lereng buatan manusia.

a. Lereng Alam

Lereng alam terbentuk akibat alam (erosi, gerakan tektonik, dan sebagainya). Material yang membentuk lereng memiliki kecenderungan tergelincir akibat beratnya sendiri dan gaya-gaya luar yang ditahan oleh kuat geser tanah dan material tersebut. Gangguan terhadap kestabilan terjadi bilamana tahanan geser tanah tidak dapat mengimbangi gaya-gaya yang menyebabkan gelincir pada bidang longsor.

b. Lereng Buatan Manusia

Lereng dibagi menjadi 2 macam yaitu lereng galian dan lereng timbunan.

1. Lereng Galian

Lereng galian terbentuk akibat kegiatan penggalian atau pemotongan pada tanah asli. Perancangan pemotongan lereng galian yang dimaksud adalah usaha untuk membuat suatu lereng dengan kemiringan tertentu yang cukup aman dan ekonomis. Stabilitas pemotongan ditentukan oleh kondisi geologi, sifat teknis tanah, tekanan air akibat rembesan, dan cara pemotongan.

Aspek penting dari stabilitas lereng galian, yaitu:

- a. Kuat geser pada bagian galian;
- b. Berat isi tanah;
- c. Tinggi lereng;
- d. Kemiringan lereng;
- e. Tekanan air pori.

2. Lereng Timbunan (*embankment*)

Lereng timbunan pada umumnya digunakan untuk badan jalan raya, jalan kereta api, dan bendungan tanah. Sifat teknis lereng timbunan dipengaruhi oleh jenis tanah, cara penimbunan dan derajat kepadatan tanah. Analisis secara terpisah harus dilakukan pada lereng timbunan, yaitu pada kondisi

jangka pendek (saat penimbunan selesai), kondisi jangka panjang, kondisi penurunan muka air seketika (*sudden draw-down*), dan gangguan gempa.

Faktor-faktor yang menyebabkan ketidakstabilan lereng timbunan, yaitu:

1. Terjadinya *overstressing* pada fondasi timbunan tanah kohesif setelah masa konstruksi;
2. Penurunan muka air cepat dan erosi buluh;
3. Gaya – gaya dinamis.

2.2.2.3 Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

a. Berat Volume Tanah (γ)

Dalam tanah yang jenuh juga terdapat dua bagian yaitu bagian padat atau butiran dan air pori. Dalam keadaan tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian yaitu bagian dalam (butiran), pori-pori udara dan air pori.

b. Kohesif (C)

Kohesi adalah gaya tarik menarik antara partikel dalam batuan, dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Kohesi batuan akan semakin besar jika kekuatan gesernya makin besar. Nilai kohesi (c) diperoleh dari pengujian laboratorium yaitu pengujian kuat geser langsung (*direct shear strength test*) dan pengujian *triaxial* (*triaxial test*).

Tanah-tanah kohesi, umum mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- 1) Kuat geser rendah
- 2) Bila basah bersifat plastis dan muda mampat (muda turun)
- 3) Menyusut bila kering dan mengembang bila basah
- 4) Berkurang kuat gesernya, bila kadar air bertambah
- 5) Berkurang kuat gesernya bila, struktur tanahnya terganggu
- 6) Berubah volumenya dengan bertambahnya waktu akibat rangkak (*creep*) pada beban yang konstan
- 7) Merupakan material kedap air

- 8) Material yang jelek untuk tanah urug, Karena menghasilkan tekanan lateral yang tinggi

c. Sudut Geser Dalam Tanah (ϕ)

Sudut geser dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser di dalam material tanah atau batuan. Sudut geser dalam adalah sudut rekahan yang dibentuk jika suatu material dikenai tegangan atau gaya terhadapnya yang melebihi tegangan gesernya. Semakin besar sudut geser dalam suatu material maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya (Haris dkk., 2018).

Sedangkan sudut geser dalam tanah secara sederhana dapat kita lihat saat kita ambil sejumlah pasir dan kita tuang di atas permukaan, pasir tersebut akan membentuk sudut tertentu dengan permukaan. Inilah makna fisik dari sudut geser tanah pada kondisi tanpa tegangan pengekan. Dalam bahasa Inggris: *natural angle of repose*.

d. Struktur Geologi

Dalam geologi dikenal 3 jenis struktur yang dijumpai pada batuan sebagai produk dari gaya-gaya yang bekerja pada batuan, yaitu: (1). Kekar (*fractures*) dan Rekahan (*cracks*); (2). Perlipatan (*folding*); dan (3). Patahan/Sesar (*faulting*). Ketiga jenis struktur tersebut dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis unsur struktur, yaitu:

1) Kekar (*Fractures*)

Kekar adalah struktur retakan/rekahan terbentuk pada batuan akibat suatu gaya yang bekerja pada batuan tersebut dan belum mengalami pergeseran.

2) Lipatan (*Folds*)

Lipatan adalah deformasi lapisan batuan yang terjadi akibat dari gaya tegasan sehingga batuan bergerak dari kedudukan semula membentuk lengkungan. Berdasarkan bentuk lengkungannya lipatan dapat dibagi dua, yaitu lipatan sinklin dan lipatan antiklin. Lipatan *Sinklin* adalah bentuk lipatan yang cekung ke arah atas, sedangkan lipatan antiklin adalah lipatan yang cembung ke arah atas.

3) Patahan atau Sesar (*Faults*)

Patahan atau sesar adalah struktur rekahan yang telah mengalami pergeseran. Umumnya disertai oleh struktur yang lain seperti lipatan, rekahan dsb. Sesar dapat dibagi kedalam beberapa jenis atau tipe tergantung pada arah relatif pergeserannya. Selama patahan atau sesar dianggap sebagai suatu bidang datar, maka konsep jurus dan kemiringan juga dapat dipakai, dengan demikian jurus dan kemiringan dari suatu bidang sesar dapat diukur dan ditentukan

d. Geometri Lereng

Ada tiga komponen utama dari suatu lereng tambang yaitu : konfigurasi jenjang, sudut antar jenjang, dan sudut lereng. Lereng yang terlalu tinggi menjadi lebih tidak stabil sehingga cenderung mudah longsor daripada lereng yang tidak terlalu tinggi pada batuan yang sama.. Makin besar kemiringan lereng atau tingkat kecuramannya semakin besar maka semakin mungkin terjadinya kelongsoran.

e. Tinggi Muka Air Tanah

Air tanah adalah semua air yang terdapat pada lapisan pengandung air (*akuifer*) di bawah permukaan tanah, termasuk mata air yang muncul di permukaantanah. Air yang berhasil meresap ke bawah tanah akan terus bergerak ke bawah sampai dia mencapai lapisan tanah atau batuan yang jarak antar butirannya sangat- sangat sempit yang tidak memungkinkan bagi air untuk melewatinya. Lapisan ini disebut lapisan *aquitard* dan bersifat *impermeabel*. Air yang datang kemudian akan menambah volume air yang mengisi rongga-rongga antar butiran dan akan tersimpan disana.

Penambahan volume air akan berhenti seiring dengan berhentinya hujan. Air yang tersimpan di bawah tanah itu disebut air tanah. Sementara air yang tidak bisa diserap dan berada di permukaan tanah disebut air permukaan.

Permukaan air tanah disebut *water table*, sementara lapisan tanah yang terisi air tanah disebut zona saturasi air. Model aliran air tanah itu sendiri akan dimulai pada daerah resapan air tanah atau sering juga disebut sebagai daerah imbuhan air tanah (*recharge zone*).

Dalam perjalanannya aliran air tanah ini seringkali melewati suatu lapisan akifer yang di atasnya memiliki lapisan penutup yang bersifat kedap air (*impermeabel*). Hal ini mengakibatkan perubahan tekanan antara air tanah yang berada di bawah lapisan penutup dan air tanah yang berada di atasnya. Perubahan tekanan inilah yang didefinisikan sebagai air tanah tertekan (*confined aquifer*) dan airtanah bebas (*unconfined aquifer*).

f. Iklim

Iklim mempengaruhi terjadinya longsor, meliputi cuaca dan curah hujan di daerah tersebut dimana semakin tinggi tingkat curah hujan pada kawasan miring maka akan semakin besar resiko terjadinya tanah longsor, apalagi jika tidak adanya penutup vegetasi yang berfungsi sebagai penahan tanah dan penyerap air topografi meliputi tingkat kecuraman suatu tempat juga akan berpengaruh terhadap ukuran daya dorong ke bawah, semakin curam maka akan semakin besar gaya potensialnya karena dipengaruhi oleh gravitasi.

g. Gaya Luar

Pada umumnya Longsoran atau gerakan tanah disebabkan oleh adanya gangguan. Gangguan yang dimaksudkan adalah terjadinya suatu peristiwa yang akhirnya berakibat terjadi Longsoran atau gerakan tanah. Peristiwa yang dapat menyebabkan terjadinya gerakan tanah menjadi gangguan luar. Peristiwa yang menyebabkan terjadinya gerakan tanah dari gangguan luar adalah sebagai berikut:

- 1) Pembebanan tambahan, terutama disebabkan oleh aktivitas manusia, misalnya adanya bangunan atau timbunan di atas tebing;
- 2) Hilangnya penahan lateral: Dapat disebabkan antara lain oleh pengikisan (erosi sungai, pantai), aktivitas manusia (penggalian);
- 3) Hilangnya tumbuhan penutup.

2.2.3 Faktor Keamanan Pada Lereng

Dasar Analisa Kestabilan Lereng didasarkan pada konsep cara analisa keseimbangan batas, yaitu dengan menghitung besarnya kekuatan geser yang diperlukan untuk mempertahankan kestabilan lereng dan dibandingkan dengan

kekuatan geser yang menyebabkan kelongsoran. Dari perbandingan yang ada diatas akan mendapatkan faktor keamanan (FK) yang merupakan nilai kestabilan lereng. Di bawah ini akan ditunjukkan nilai-nilai kestabilan suatu lereng yang dikeluarkan oleh SNI 8460:2017 persyaratan perancangan geoteknik yang ditunjukan pada Tabel 2.4 :

Tabel 2. 4 Nilai Faktor Keamanan Untuk Lereng Tanah

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

2.2.4 Analisis Stabilitas Lereng

Pada permukaan tanah yang tidak horizontal atau miring, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini, disebut analisis stabilitas lereng. Analisis ini sering digunakan dalam perancangan-perancangan bangunan seperti jalan kereta api, bandara, bendungan,

urugan tanah, saluran, dan lain-lain. Umumnya, analisis stabilitas lereng dilakukan untuk mengecek keamanan dari alam, lereng galian, dan lereng urugan tanah (Hardiyatmo, 2014).

Analisis stabilitas lereng tidak mudah, karena terdapat banyak faktor yang sangat mempengaruhi hasil hitungan. Faktor-faktor tersebut, misalnya kondisi tanah yang berlapis-lapis, kondisi tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah dan lain-lainnya. Penyebab longsor lereng terdiri dari akibat pengaruh dalam, dan pengaruh luar. Pengaruh luar, yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dengan tanpa adanya perubahan kuat geser tanah. Contohnya, akibat perbuatan manusia mempertajam kemiringan tebing atau memperdalam galian tanah dan erosi sungai. Pengaruh dalam, yaitu longsor yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi. Contoh yang umum untuk kondisi ini adalah pengaruh bertambahnya tekanan air pori di dalam lereng, (Hardiyatmo, 2014). Kelongsoran lereng alam dapat terjadi dari hal-hal sebagai berikut.

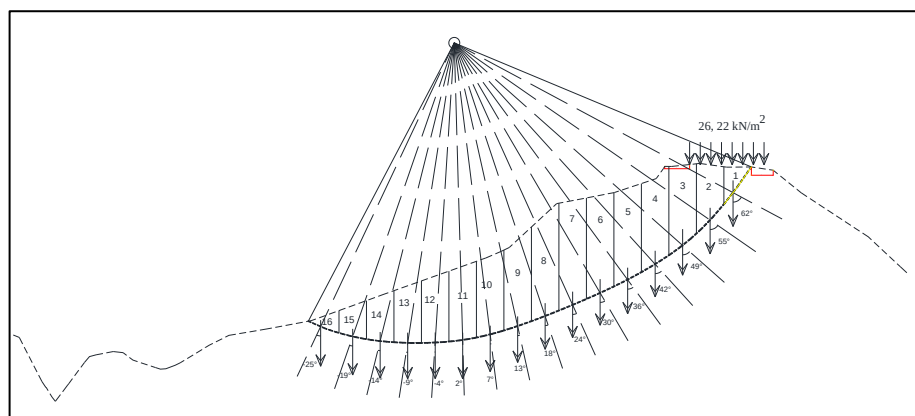
- a) Penambahan beban pada lereng. Tambahan beban lereng dapat berupa bangunan baru, tambahan beban oleh air yang masuk ke pori-pori tanah maupun yang menggenangi di permukaan tanah dan beban dinamis oleh tumbuh-tumbuhan yang tertiuap angin dan lain-lain.
- b) Penggalan atau pemotongan tanah pada kaki lereng.
- c) Penggalan yang mempertajam kemiringan lereng.
- d) Perubahan posisi muka air secara cepat.
- e) Kenaikan tekanan lateral oleh air.
- f) Gempa bumi atau getaran berlebihan.
- g) Penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng oleh akibat kenaikan kadar air, kenaikan tekanan pori, tekanan rembesan oleh genangan air didalam tanah, tanah pada lereng mengandung lempung yang mudah kembang susut dan lain-lain.

2.2.4.1 Metode Fellenius

Ada beberapa metode untuk menganalisis kestabilan lereng, yang paling umum digunakan ialah metode irisan yang dicetuskan oleh (Fellenius, 1939). Metode ini banyak digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng yang tersusun oleh tanah, dan bidang gelincirnya berbentuk busur (*arc-failure*).

Tipe longsoran terbagi kedalam 3 bagian berdasarkan kepada posisi bidang gelincirnya, yaitu longsoran kaki lereng (*toe failure*), longsoran muka lereng (*face failure*), dan longsoran dasar lereng (*base failure*). Longsoran kaki lereng umumnya terjadi pada lereng yang relatif agak curam ($>45^\circ$) dan tanah penyusunnya relatif mempunyai nilai sudut geser dalam yang besar ($>30^\circ$). Longsoran muka lereng biasa terjadi pada lereng yang mempunyai lapisan keras (*hard layer*), dimana ketinggian lapisan keras ini melebihi ketinggian kaki lerengnya, sehingga lapisan lunak yang berada diatas lapisan keras berbahaya untuk longsor. Longsoran dasar lereng biasa terjadi pada lereng yang tersusun oleh tanah lempung, atau bisa juga terjadi pada lereng yang tersusun oleh beberapa lapisan lunak (*soft seams*).

Pemodelan analisis ini dengan menggunakan bantuan *software* Autocad. Perhitungan yang digunakan dalam analisis ini adalah Metode Fellenius. Adapun ilustrasi pemodelannya sesuai dengan Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Pemodelan dengan Metode Fellenius (sumber : Olah Data, 2025)

1. Perhitungan berat irisan tanah

Luas per pias didapatkan dengan bantuan program Autocad 2026.

$$W_i = \gamma \times A_i \dots\dots\dots (2.1)$$

Untuk irisan yang terdapat beban lalu lintas di atasnya, maka berat irisan dapat diperhitungkan dengan rumus berikut ini.

$$W_i = (\gamma \times A_i) + (q \times L) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana q merupakan besarnya beban lalu lintas dan L merupakan lebar irisan yang terkena beban (m).

Berikut ini merupakan perhitungan berat irisan 1 sampai 16 (tanpa perkuatan) dengan kondisi tanah eksisting.

$$W_1 = (\gamma \times A_1) + (q \times L) =$$

$$W_2 = (\gamma \times A_2) + (q \times L) =$$

$$W_3 = (\gamma \times A_3) + (q \times L) =$$

$$W_4 = (\gamma \times A_4) + (q \times L) =$$

$$W_5 = (\gamma \times A_5) + (q \times L) =$$

$$W_6 = (\gamma \times A_6) + (q \times L) =$$

$$W_7 = (\gamma \times A_7) + (q \times L) =$$

$$W_8 = (\gamma \times A_8) + (q \times L) =$$

$$W_9 = (\gamma \times A_9) + (q \times L) =$$

$$W_{10} = (\gamma \times A_{10}) + (q \times L) =$$

$$W_{11} = (\gamma \times A_{11}) + (q \times L) =$$

$$W_{12} = (\gamma \times A_{12}) + (q \times L) =$$

$$W_{13} = (\gamma \times A_{13}) + (q \times L) =$$

$$W_{14} = (\gamma \times A_{14}) + (q \times L) =$$

$$W_{15} = (\gamma \times A_{15}) + (q \times L) =$$

$$W_{16} = (\gamma \times A_{16}) + (q \times L) =$$

2. Menentukan besarnya sudut dari pusat irisan ke titik berat (θ_i)

3. Menentukan panjang garis longsor tiap irisan (α_i).

Untuk selengkapnya hasil dari perhitungan di atas dapat dilihat pada Tabel 2.5 sebagai berikut.

Tabel 2.5 Perhitungan Manual Menggunakan Metode Fellenius

No. Irisan	W (kN)	θ (°)	c (kN/m ²)	α (m)	c α . l m (kN)	W sin θ (kN)	N = W Cos θ (kN)	c α + N tan ϕ (kN)
1	126,376	62	10,900	3,375	36,788	111,590	59,271	54,509
2	185,031	55	10,900	2,291	24,972	151,541	106,208	56,728
3	206,262	49	10,900	2,549	27,784	155,728	135,308	68,241
4	211,650	42	10,900	2,347	25,582	141,594	157,256	72,602
5	220,481	36	10,900	2,254	24,569	129,643	178,369	77,901
6	235,438	30	10,900	2,197	23,947	117,719	203,889	84,910
7	251,639	24	10,900	2,169	23,642	102,417	229,998	92,412
8	245,315	18	10,900	2,144	23,370	75,802	233,294	93,125
9	208,579	13	10,900	2,111	23,010	46,930	203,156	83,754
10	188,908	7	10,900	2,066	22,519	23,047	187,586	78,608
11	177,537	2	10,900	2,022	22,040	6,214	177,359	75,070
12	160,256	-4	10,900	2,003	21,833	-11,218	159,936	69,654
13	137,398	-9	10,900	2,001	21,811	-21,434	135,749	62,400
14	109,328	-14	10,900	2,014	21,953	-26,457	106,048	53,661
15	74,119	-19	10,900	2,052	22,367	-24,163	70,117	43,332
16	30,561	-25	10,900	2,388	26,029	-12,927	27,688	34,308
JUMLAH (Σ)						966,025		1101,213

Menurut Suryolelono, (1993), apabila menggunakan *Ordinary Slices Method* dan/atau *Fellenius*, maka menggunakan faktor keamanan dari perhitungan tersebut di atas adalah:

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca + N_i \tan \phi)}{\sum_{i=1}^{i=n} (W_i \sin \theta_i)} \dots\dots\dots (2.3)$$

2.3 Kriteria Pembebanan

SNI 8460: 2017 analisis stabilitas lereng harus mempertimbangkan beban hidup (*live load*), mati (*dead load*) dan gempa sesuai peruntukan lereng galian dan timbunan. Beban tambahan (*surcharge load*) $26,22 \text{ kN/m}^2$ harus diterapkan untuk memperhitungkan beban yang bekerja pada permukaan atas lereng yaitu beban perkerasan $11,11 \text{ kN/m}^2$ dan beban kendaraan 15 kN/m^2

2.4 Jenis Dinding Penahan Tanah

Menurut bahan konstruksi, dinding penahan tanah dibagi menjadi dinding penahan dari pasangan batu, dinding penahan dari beton (dengan/ tanpa tulangan) dan dinding penahan yang tersusun dari balok beton pracetak (*precast*).

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif pada struktur dinding sehingga struktur cenderung akan terguling atau akan tergeser (Tanjung, 2016). Dinding penahan tanah berfungsi untuk menyokong tanah serta mencegahnya dari bahaya kelongsoran. Baik akibat beban air hujan, berat tanah itu sendiri maupun akibat beban yang bekerja di atasnya (Tanjung, 2016).

Berdasarkan bentuk konstruksinya, dan caranya menahan tanah, dinding penahan dapat dibedakan sebagai berikut :

- a. dinding *Gravitasi*;
- b. dinding semi *Gravitasi*;
- c. dinding *Kantilever*;
- d. dinding *Counterfort*;
- e. dinding Krib;
- f. dinding tanah bertulang (*reinforced earth wall*).

Adapun jenis dinding penahan tanah dengan Berdasarkan cara untuk mencapai stabilitasnya, maka dinding penahan tanah dapat digolongkan dalam

beberapa jenis yaitu dinding gravitasi, dinding kantilever, dinding *counterfort*, dinding *buttress*. Beberapa jenis dinding penahan tanah antara lain :

a. Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi (*gravity wall*)

Dinding ini dibuat dari beton tidak bertulang atau pasangan batu, terkadang pada dinding jenis ini dipasang tulangan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan akibat perubahan temperature (Tanjung, 2016).

b. Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever (*cantilever retaining wall*)

Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit tapak (heel). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantiliver, yaitu bagian dinding vertikal (stem), tumit tapak dan ujung kaki tapak (toe). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6 – 7 meter (Tanjung, 2016).

c. Dinding Penahan Tanah Tipe *Counterfort*

Dinding ini terdiri dari dinding beton bertulang tipis yang di bagian dalam dinding pada jarak tertentu didukung oleh pelat/dinding vertikal yang disebut *counterfort* (dinding penguat). Ruang di atas pelat pondasi diisi dengan tanah urug. Apabila tekanan tanah aktif pada dinding vertikal cukup besar, maka bagian dinding vertikal dan tumit perlu disatukan. *Counterfort* berfungsi sebagai pengikat tarik dinding vertikal dan ditempatkan pada bagian timbunan dengan interval jarak tertentu. Dinding *counterfort* akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter (Tanjung, 2016).

d. Dinding Penahan Tanah Tipe *Buttress*

Dinding *buttress* hampir sama dengan dinding *counterfort*, hanya bedanya bagian *counterfort* diletakkan di depan dinding. Dalam hal ini, struktur *counterfort* berfungsi memikul tegangan tekan. Pada dinding ini, bagian tumit 10 lebih pendek dari pada bagian kaki. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit tapak. Dinding ini dibangun 7 pada sisi dinding di bawah tertekan untuk memperkecil gaya irisan yang bekerja pada dinding memanjang dan pelat lantai. Dinding ini lebih

ekonomis untuk ketinggian lebih dari 7 meter. Kelemahan dari dinding ini adalah penahannya yang lebih sulit daripada jenis lainnya dan pemadatan dengan cara rolling pada tanah di bagian belakang adalah jauh lebih sulit (Tanjung, 2016).

2.5 Tekanan Tanah Lateral

Merancang dinding penahan tanah diperlukan pengetahuan mengenai tekanan tanah. Untuk menentukan tekanan tanah lateral maka diperlukan koefisien tekanan tanah. Dimana dalam menentukan koefisien tekanan tanah berbeda-beda, Tekanan dalam tanah terdiri dari tekanan tanah horizontal (lateral) dan vertikal. Tekanan tanah horizontal merupakan tekanan yang mendorong tanah ke samping sedangkan tekanan tanah vertikal merupakan tekanan tanah yang arahnya tegak lurus ke dalam dalam tanah dan dapat berupa berat sendiri dinding penahan tanah tersebut. Besar dan distribusi tekanan tanah pada dinding penahan tanah sangat bergantung pada regangan lateral tanah relatif terhadap dinding. Dalam beberapa hal, hitungan tekanan tanah lateral ini didasarkan pada kondisi regangan. Jika analisa tidak sesuai dengan apa yang sebenarnya terjadi, maka dapat mengakibatkan kesalahan perancangan. Untuk itu, pengertian tentang hubungan regangan lateral dengan tekanan tanah pada dinding sangat dibutuhkan. Tekanan tanah yang terjadi dapat dibedakan menjadi 3 keadaan yaitu :

1. Tekanan tanah dalam keadaan diam, dinding dan tanah urug di belakangnya pada kondisi diam, sehingga tanah pada kedudukan ini masih dalam keadaan elastis.
2. Tekanan tanah aktif, tekanan tanah lateral minimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menjauhi tanah di belakangnya.
3. Tekanan tanah pasif, tekanan tanah lateral maksimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menekan tanah urug.

2.5.1 Tekanan Tanah Aktif

Menurut Hardiyatmo (2003) tekanan tanah aktif adalah tekanan yang terjadi pada dinding penahan yang mengalami keluluhan atau bergerak ke arah luar dari tanah urugan di belakangnya, sehingga menyebabkan tanah urug akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya, sedangkan nilai banding tekanan horisontal dan tekanan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif atau K_a . Nilai tekanan aktif lebih kecil dari nilai tekanan saat diam. Gerakan dinding tanah menjauhi tanah urugan menghilangkan pertahanan di belakang dinding. Jadi tekanan tanah aktif adalah gaya yang cenderung mengurangi keseimbangan dinding penahan tanahnya.

Berikut perhitungan Koefisien Tekanan Tanah Aktif.

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

2.5.2 Tekanan Tanah Pasif

Menurut Hardiyatmo (2003), tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang terjadi saat gaya mendorong dinding penahan tanah ke arah tanah urugannya, sedangkan nilai banding tekan horisontal dan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif atau K_p . Nilai tekanan pasif lebih besar dari nilai tekanan tanah saat diam dan nilai tekanan aktif. Tekanan tanah pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah pada gerakan struktur penahan terhadap tanah urugannya, yaitu tanah harus menahan gerakan dinding penahan tanah sebelum mengalami keruntuhan.

2.6 Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan Tanah

2.6.1 Stabilitas Terhadap Penggeseran

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

1. gesekan antara tanah dengan dasar pondasi;
2. tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan terdapat tanah timbunan.

2.6.2 Stabilitas Terhadap Penggulingan

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan tanah, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat pondasi. Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat pondasi.

2.7 Analisa Kestabilan Lereng

Analisa kestabilan lereng dengan menggunakan program GeoStudio 2025. Program ini bertujuan untuk memudahkan analisis stabilitas lereng, yaitu dalam menentukan titik-titik kritis keruntuhan lereng dan safety factor (angka keamanan) dari lereng tersebut. Sehingga apabila didapat angka keamanan yang rendah ($SF < 1$), dapat direncanakan suatu dinding penahan lereng yang tepat untuk kondisi lereng tersebut.

2.8 Geotekstil

2.8.1 Definisi Geotekstil

Menurut buku Geosintetik Untuk Jalan Raya edisi ke-2 yang diterbitkan oleh Hardiyatmo (2013), geotekstil adalah material lembaran yang dibuat dari bahan tekstil polymeric, bersifat lolos air, yang dapat berbentuk bahan nir-anyam (*non woven*), rajutan atau anyaman (*woven*) yang digunakan dalam kontak dengan tanah/batu dan/atau material geoteknik yang lain di dalam aplikasi teknik sipil. Geotekstil umumnya dibuat dari polimer polypropylene (beberapa dibuat dari *polyester* atau *polyethylene*), yang dibuat dalam bentuk fiber-fiber atau benang-benang, dan akhirnya dipakai untuk membuat lembaran kain anyam (*woven*) atau nir-anyam (*non woven*). Ketika kain tekstil ini diletakkan didalam tanah, maka disebut geotekstil.

Pada umumnya, kata kain (*fabric*) dan geotekstil (*geotextile*) dapat saling ditukarkan. Di Indonesia, umumnya kain dari bahan polymer yang dipakai untuk aplikasi proyek pembangunan ini sering disebut geotekstil. Karena tipe geotekstil yang sangat banyak, maka aplikasi harus mempertimbangkan fungsi dari material

ini terhadap macam struktur yang akan dirancang. Menurut SNI 8460:2017, 2017, Geotekstil digunakan sebagai lapis separasi yang harus dapat berfungsi sebagai pencegah terjadinya pencampuran antara tanah dasar dengan agregat penutupnya (lapis fondasi bawah, lapis fondasi, timbunan pilihan dan sebagainya).

2.8.2 Jenis-Jenis Geotekstil

Secara umum, dua jenis geotextile yang umum digunakan dalam infrastruktur diantaranya:

a. Geotextile Woven

Geotextile yang ditenun biasanya terbuat dari Polypropylene polymer (PP), tetapi ada juga yang dibuat dari Polyester (PET). Bentuknya adalah lembaran serat yang ditenun menggunakan teknologi modern. Karena itu, woven geotextile, yang berbentuk tidak teranyam dan menyerupai kain, memiliki kekuatan tarik yang kuat dan tahan terhadap sinar ultra violet, sesuai dengan standar ASTM.

Material ini digunakan untuk alas timbunan material pada perkuatan lapisan tanah dasar untuk memisahkan, menyaring dan memperkuat Subgrade pada perkerasan jalan raya, bandara, terminal, pelabuhan dan dapat juga diaplikasikan untuk perkerasan berbagai infrastruktur lainnya. Geotextile woven berfungsi sebagai material untuk perkuatan tanah dasar yang lunak. Aplikasinya material ini sebagai alas timbunan untuk perkuatan dan stabilisasi tanah dasar atau perkuatan Subgrade sekaligus menyalurkan beban secara merata yang ada diatasnya. Adapun jenis Geotextile woven dapat dilihat pada gambar 2.4.



Sumber: Cv. Mutu Utama Geoteknik, 2023

Gambar 2.4. Geotextile Woven

b. Geotextile Non Woven

Nama lain untuk geotextile non-woven adalah kain filter. Bentuknya hampir mirip dengan geotextile yang dilipat, dimana memiliki bentuk lembaran tetapi dibuat dengan punch needle dan dipanaskan daripada anyaman. Selain itu, bahan utama yang digunakan untuk membuat geotextile non-woven masih sama. Beberapa yang dijual di pasar terbuat dari polimer poliesther (PET) atau polipropilen (PP). Pada dasarnya, geotextile woven dan non woven melakukan fungsi yang sama, hanya saja caranya digunakan bergantung pada jenis tanah dan tujuan pembangunan. Geotextile Non Woven berfungsi sebagai media pemisah antara dua lapisan material yang berbeda (separator). Material ini juga digunakan untuk filtrasi pada lapisan struktur tanah seperti proyek konstruksi jalan dan sistem drainase dan filtrasi lainnya. Selain digunakan untuk separasi, filtrasi dan drainase, material geotextile ini juga banyak digunakan untuk membuat vertical garden. Jenis Geotextile Non woven dapat dilihat pada gambar 2.5.



Sumber: Cv. Mutu Utama Geoteknik, 2023

Gambar 2.5. Geotextile Non Woven

2.8.3 Geotekstil Untuk Perkuatan Lereng

Geotekstil dapat dipasang dengan panjang yang sama, atau berbeda-beda. Secara tipikal, umumnya geotekstil yang dipakai panjangnya sama, namun geotekstil juga bias dipasang selang-seling dengan panjang berbeda. Geotekstil yang lebih pendek berfungsi untuk penulangan sekunder. Tulangan lebih pendek ini berguna untuk mengatasi problem tingkat kepadatan tanah di bagian pinggir

lereng timbunan yang biasanya sulit memenuhi syarat. Selain itu, tulangan sekunder ini juga berguna untuk mengurangi longsoran.

Fungsi lain geotekstil yang diletakkan di pinggir timbunan adalah untuk memberikan tahanan lateral saat pemadatan dan stabilitas permukaan. Kenaikan tahanan lateral memungkinkan tanah urug dapat dipadatkan dengan kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tidak ada tulangan. Perkuatan lereng juga memungkinkan alat pemadat bekerja di bagian pinggir aman. Selain itu, tulangan juga mereduksi erosi lereng dan pelunakan akibat air hujan. Beberapa tipe pemasangan geotekstil untuk perkuatan lereng timbunan dengan kemiringan landai ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Sumber: Hardiyatmo. 2013

Gambar 2.6 Peletakan Geotekstil Untuk Memperkuat Lereng Timbunan

Aplikasi geotekstil untuk lereng lereng landai, yang umumnya meliputi:

- a. pembangunan timbunan jalan raya baru,
- b. sebagai alternatif untuk pengganti dinding penahan,
- c. pelebaran jalan di area timbunan,
- d. perbaikan lereng yang longsor,
- e. pembangunan jalan sementara untuk pelebaran,
- f. pembangunan tanggul permanen dan bangunan pengendali banjir sementara,
- g. pembangunan timbunan dengan tanah berbutir halus yang basah, dan
- h. penstabil lereng hulu dan hilir bendungan, dan menambah tingginya.

Berikut adalah Gambar aplikasi lereng tanah bertulang dilihat pada Gambar 2.7.



Sumber: Elias et al., 2001 dalam Hardiyatmo., 2013

Gambar 2.7 Aplikasi Lereng Tanah Bertulang (*Reifored Soil Slope, Rss*)

2.8.4 Perancangan Perkuatan Lereng

Syarat perancangan lereng diperkuat dengan tulangan pada prinsipnya sama dengan lereng tanpa tulangan, yaitu faktor aman harus memenuhi, baik dalam kondisi jangka pendek maupun jangka panjang untuk semua kemungkinan model keruntuhan. Dalam perancangan, struktur timbunan dianggap sebagai struktur permanen bila umur rancangan lebih besar dari 3 tahun. Perancangan lereng timbunan dianggap kritis bila (Elias et al., 2001 dalam Hardiyatmo, 2013).

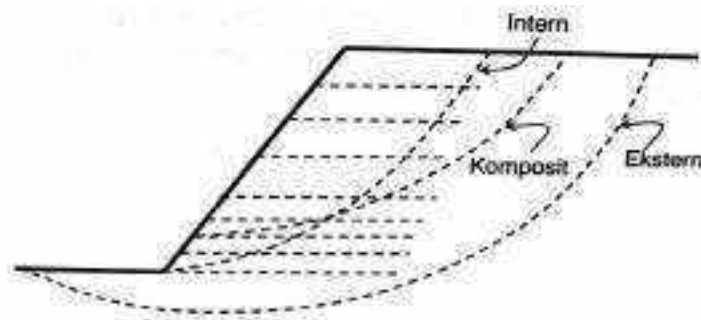
- akibat dari runtuhnya lereng mengakibatkan korban atau kerusakan pemukiman yang signifikan,
- terdapat gaya tarik termobilisasi dalam tulangan pada umur rancangan (design life) struktur, dan
- keruntuhan tulangan mengakibatkan runtuhnya struktur.

Lereng bertulang umumnya dianalisis dengan menggunakan metoda stabilitas lereng yang didasarkan teori keseimbangan batas. Model-model keruntuhan

lereng bertulang, dapat dibagi menjadi 3 tipe (Berg et al., 1989 dalam Hardiyatmo 2013), yaitu:

1. keruntuhan intern, yaitu keruntuhan timbunan dengan bidang longsor yang melewati elemen-elemen tulangan,
2. keruntuhan ekstern, yaitu keruntuhan timbunan dengan bidang longsor yang melewati bagian belakang dan di bawah zona tanah bertulang, dan
3. keruntuhan komposit, yaitu dengan bidang runtuh lewat di belakang dan di dalam zona tanah bertulang.

Berikut adalah Gambar tipe-tipe keruntuhan dapat dilihat pada Gambar 2.8



Sumber: Berg et al., 1989 dalam Hardiyatmo., 2013

Gambar 2.8 Keruntuhan Intern, Ekstern, Dan Komposit

Pada umumnya, hitungan faktor aman lereng bertulang dihitung berdasarkan analisis stabilitas lereng tanah tak bertulang klasik. Faktor aman lereng tak bertulang (SFU), didefinisikan pada Persamaan di bawah ini:

$$SFu = \frac{\text{Momen menahan (Mr)}}{\text{Momen menggerakkan (Md)}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Faktor aman lereng bertulang (SFR) ditentukan dengan menambahkan faktor aman lereng tak bertulang dengan pengaruh tahanan momen oleh tulangan, dapat dilihat pada Persamaan di bawah ini.

$$SFr = SFu + \frac{T_s \cdot Y}{Md} \dots\dots\dots(2.6)$$

Ts = jumlah gaya tarik per meter lebar tulangan yang tersedia untuk seluruh lapisan tulangan

y = lengan momen gaya tarik tulangan (Ts) terhadap pusat lingkaran longsor O.

Selanjutnya untuk menghitung kuat tarik geotekstil yang digunakan adalah sebesar 100kN/m adalah sebagai berikut:

Analisis Zona 1

$$\sigma_{hc1} = q \cdot K_a + K_a \cdot H1 \cdot \gamma b \dots\dots\dots (2.7)$$

$$Sv1 = \frac{T_{all}}{\sigma_{hc1} \cdot SF} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\text{Banyak lapis geotekstil} = \frac{H1}{Sv1} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

Sv = Jarak tulangan arah vertikal (m)

T_{all} = Kuat tarik geotekstil allowable (t/m²)

SF = Faktor Aman

σ_{hc1} = Tekanan Horizontal rata-rata pada lipatan (kN/m²)

q = Beban Merata (kN/m²)

2.9 Program Geostudio

2.9.1 Pendahuluan

Geostudio adalah software yang terintegrasi untuk menganalisis stabilitas lereng, aliran air tanah, perubahan suhu, deformasi, dan gempa pada tanah dan batuan. Software ini mampu memodelkan kondisi kompleks seperti lapisan tanah yang kompleks, tekanan air pori yang tidak beraturan, dan berbagai model kuat geser tanah. Selain itu GeoStudio juga sering disebut dengan perangkat lunak numerik untuk analisis geoteknik yang dikembangkan oleh GeoSlope International Ltd. dan digunakan untuk analisis stabilitas lereng, aliran air tanah, dan tegangan-deformasi. Terdapat berbagai modul seperti SLOPE/W dan SEEP/W yang memungkinkan evaluasi dan simulasi dalam proyek teknik sipil. GeoStudio memiliki antarmuka intuitif dan banyak digunakan di industri serta akademisi.

2.9.2 Slope/W

Menurut Geostudio International yang terdapat didalam e-book Stability Modeling With SLOPE/W 2007, Geoslope Office adalah sebuah paket aplikasi untuk pemodelan geoteknik dan geo-lingkungan. Software ini melingkupi SLOPE/ W, SEEP / W, SIGMA / W, QUAKE/ W, TEMP / W, dan CTRAN / W. Yang sifatnya terintegrasi sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu produk ke dalam produk yang lain. Ini unik dan fitur yang kuat sangat memperluas jenis masalah yang dapat dianalisis dan memberikan fleksibilitas untuk memperoleh modul seperti yang dibutuhkan untuk proyek yang berbeda.

- a. SLOPE / W merupakan produk perangkat lunak untuk menghitung faktor keamanan tanah dan kemiringan batuan. Dengan SLOPE / W, kita dapat menganalisis masalah baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan yang miring, kondisi tekanan pori-air, sifat tanah dan beban terkonsentrasi. Kita dapat menggunakan elemen tekanan pori air yang terbatas, tegangan statis, atau tekanan dinamik pada analisis kestabilan lereng. Anda juga dapat melakukan analisis probabilistik.
- b. SEEP / W adalah salah satu software yang digunakan untuk menganalisis rembesan air tanah, masalah kelebihan disipasi tekanan pori-air, dengan SEEP / W, kita dapat mempertimbangkan analisis mulai dari masalah tingkat kejenuhan yang tetap sampai yang tidak jenuh, tergantung dari masalah itu terjadi.
- c. SIGMA / W adalah salah satu software yang digunakan untuk menganalisis tekanan geoteknik dan masalah-masalah deformasi. Dengan SIGMA / W, kita dapat mempertimbangkan analisis mulai dari masalah deformasi sederhana hingga masalah tekanan-efektif lanjutan secara bertahap dengan menggunakan model konstitutif tanah seperti linier-elastis, anisotropik linier-elastis, nonlinier-elastis (hiperbolik), elastis-plastik atau Cam-clay.

- d. QUAKE / W adalah salah satu software yang digunakan untuk menganalisis gerakan dinamis dari struktur bumi hingga menyebabkan gempa bumi. QUAKE / W sangat cocok sekali untuk menganalisis perilaku dinamis dari bendungan timbunan tanah, tanah dan kemiringan batuan, daerah di sekitar tanah horizontal dengan potensi tekanan pori-air yang berlebih akibat gempa bumi.
- e. TEMP / W adalah salah satu software yang digunakan untuk menganalisis masalah panas bumi. Software ini dapat menganalisis masalah konduksi tingkat panas yang tetap . Kita dapat mengontrol tingkat di mana panas diserap atau dibebaskan selama fase perubahan . Kondisi batas termal dapat ditentukan dari memasukkan data iklim, dan kondisi batas disediakan untuk thermosyphons dan pipa pembekuan.
- f. CTRAN / W adalah salah satu software yang dalam penggunaannya berhubungan dengan SEEP / W untuk pemodelan transportasi kontaminasi. CTRAN / W dapat menganalisa masalah yang sederhana seperti pergerakan partikel dalam gerakan air atau serumit menganalisis proses yang melibatkan difusi, dispersi, adsorpsi, peluruhan radioaktif dan perbedaan massa jenis.
- g. VADOSE / W adalah salah satu software yang berhubungan dengan lingkungan, permukaan tanah, zona vadose dan daerah air tanah lokal. Software ini dapat menganalisa masalah batas fluks seperti:
 - 1. rancangan dan memonitor performa satu atau lebih lapisan yang menutupi tambang dan fasilitas limbah rumah,
 - 2. menentukan iklim yang mengontrol distribusi tekanan pori-air pada lereng untuk digunakan dalam analisis stabilitas, dan
 - 3. menentukan infiltrasi, evaporasi dan transpirasi dari proyek-proyek pertanian atau irigasi.
- h. Seep3D digunakan untuk pemodelan 3D dari air tanah yang jenuh atau tidak jenuh. Dengan menggunakan Seep3D, kita dapat memperluas analisis aliran air tanah regional dengan menyertakan geometri struktur tertentu seperti waduk dan bendungan, hambatan arus cut off, rembesan

saluran air atau sumur, gabungan aliran dari samping dan bawah lereng, dan infiltrasi dan aliran dalam sistem penghalang limbah.

2.9.3 Proses Perhitungan Slope/W

Proses SLOPE/W 2025 dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu:

1. Tahapan permodelan

Tahap ini merupakan tahapan permodelan kondisi stabilitas penanganan longsoran dengan ketinggian eksisting 14,76 m.

2. Tahapan Analisis

Tahap ini merupakan tahapan analisis stabilitas penanganan longsoran menggunakan aplikasi *Geostudio* 2025 dengan program *SLOPE/W* pada kondisi sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil.

a. Permodelan *SLOPE/W* 2025

Hal pertama yang perlu diatur yaitu *Define Analysis* yang diperuntukkan untuk menentukan pengaturan dalam menganalisis stabilitas kelongsoran. Dengan cara sebagai berikut.

- 1) Menentukan metode analisis
- 2) Membuat sketsa gambar
- 3) Mendefinisikan parameter tanah
- 4) Menentukan parameter tanah tiap lapisan
- 5) Menggambar *Entry and Exit* bidang longsor
- 6) Mengaplikasikan beban merata (*Surcharge Loads*)
- 7) Menghitung angka aman

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan antara lain :

- a. Septian (2016), Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah dan Geotekstil pada Ruas Jalan Lintas Liwa – Simpang Gunung Kemala KM. 268+550.

Kondisi lereng yang curam pada tepi jalan lintas Liwa – Simpang gunung Kemala KM.268+550 secara umum mengalami kelongsoran disebabkan karena, berdasarkan data sondir, kondisi tanah yang tergolong memiliki sifat mekanis tanah yang rendah. Selain itu juga dikarenakan intensitas hujan yang besar dan tidak adanya saluran drainase yang baik mengakibatkan tanah jenuh air dan menimbulkan tekanan lateral tanah yang besar, sehingga kelongsoran sangat mudah terjadi.

Hasil analisis stabilitas lereng eksisting dengan program *SLOPE/W* menunjukkan kondisi tidak stabil karena dari hasil analisa diperoleh nilai angka keamanan 0,400 untuk kondisi 1 (tanah basah) dan 0,419 untuk kondisi 2 (tanah kering), sehingga diperlukan adanya perkuatan pada lereng tersebut. Dari hasil analisis stabilitas lereng yang diperkuat geotekstil dengan kemiringan 60o menggunakan *SLOPE/W* diperoleh nilai angka keamanan yang lebih besar dibandingkan dengan kemiringan 90o sebesar 1,341 untuk kondisi 1 dan 1,522 untuk kondisi 2, sehingga desain perkuatan tersebut aman dan mampu menahan kelongsoran. Untuk analisis stabilitas dinding penahan kantilever pun dilakukan dengan cara manual karena program *SLOPE/W* tidak menyediakan fasilitas untuk menghitung stabilitas tersebut. Pada analisis ini didapatkan hasil sebagai berikut: stabilitas guling sebesar 2,2346, stabilitas geser 6,0643 dan daya dukung sebesar 3,1828. Sehingga dinding penahan tanah kantilever dalam kondisi aman dan mampu menahan kelongsoran.

- b. Chasanah (2012), Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geoslope.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kemiringan lereng, panjang geotekstil, dan jarak antar geotekstil (S_v) terhadap angka keamanan lereng yang dilakukan dengan membandingkan dua perhitungan yaitu perhitungan manual, dan program Geoslope. Adapun hasil dari penelitian ini yaitu perbandingan rata-rata selisih SF menggunakan hitungan manual dan program Geoslope dan solusi peningkatan nilai SF dengan menghemat geotekstil sesuai besaran bidang longsornya dengan menggunakan program

Geoslope.

- c. Arnia (2019), Analisis Kelongsoran Pengaruh Tinggi Muka Air Tanah Dan Kemiringan Lereng Menggunakan Software Geoslope/W V.12 (Studi Kasus Di Lereng Guntur Macan Lombok Barat)

Analisa dilakukan dengan membuat permodelan menggunakan software Geostudio V.12 (SLOP/W) untuk mengetahui pengaruh tinggi muka air tanah dan variasi kemiringan lereng terhadap stabilitas. Analisa dilakukan dengan meningkatkan tinggi elevasi muka air tanah hingga mencapai puncak lereng dan memvariasikan kemiringan lereng dengan sudut kemiringan 20° , 28° (kondisi asli) dan 35° .

Metode analisa yang digunakan dalam perhitungan yaitu menggunakan metode Ordinary, Bishop, dan Janbu dengan bantuan software Geostudio V.12. Hasil analisa menunjukkan bahwa saat terjadi peningkatan muka air tanah dan kemiringan lereng dapat menurunkan nilai angka keamanan lereng. Pada kondisi asli (kemiringan 28°) nilai angka keamanan tanpa pengaruh muka air tanah dengan metode Ordinary, Bishop dan Janbu diperoleh hasil berturut-turut sebesar 0,970; 0,980; dan 0,890. Saat terjadi kenaikan muka air tanah hingga mencapai puncak lereng terjadi penurunan nilai angka keamanan sebesar 60% dengan hasil berturut-turut sebesar 0,438; 0,366; dan 0,306. Pada kemiringan 20° terjadi penurunan angka keamanan sebesar 54,49% dari kondisi asli (28°) tanpa pengaruh muka air tanah, sedangkan pada kemiringan 35° terjadi penurunan sebesar 66,32% dari kondisi asli (28°) tanpa pengaruh muka air tanah.

- d. Elviani & Permanasari, (2019), Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Software Geostudio Slope/W 2012 Studi Kasus Daerah Wisata Kabupaten Pesawaran Lampung

Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan pengukuran topografi dan pengeboran, dimana sampel tanah diuji untuk pemeriksaan ukuran butiran tanah meliputi pengujian berat volume, kadar air, hidrometer dan analisis

saringan. Kemudian uji kekuatan geser tanah dengan uji triaksial tipe CU (Consolidated Undrained) agar dapat dicari nilai Factor of Safety (FoS) dari lereng tersebut melalui simulasi menggunakan software Geostudio SLOPE/W 2012 dengan metode Bishop. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh nilai FoS dari lereng yaitu sebesar 0,602 dan dapat dikatakan bahwa lereng daerah penelitian tidak aman karena nilai FoS kurang dari 1.

- e. Pamungkas, dkk (2015), Analisis Stabilitas Lereng Memakai Perkuatan Geotekstil Dengan Bantuan Perangkat Lunak (Studi Kasus Pada Sungai Parit Raya).

Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui perbandingan perhitungan manual, dan komptasi pada analisis stabilitas lereng memakai perkuatan geotekstil pada sungai parit raya. Adapun hasil penelitian Perbandingan rata-rata selisih SF menggunakan hitungan manual dan program Geoslope.

BAB III

METODOLOG PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek yang akan dilakukan penelitian adalah pada lereng jalan Ring Road Kota Tarakan (Juata Laut - Binalatung).

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di lereng jalan Ring Road Kota Tarakan (Juata Laut - Binalatung) dapat dilihat pada peta lokasi sebagai berikut :



Sumber : SAS Planet

Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.3 Tahap pengumpulan Data

Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data yang diperlukan termasuk segala jenis data dalam menunjang proses penelitian, untuk diolah sesuai teori hingga tujuan yang akan disampaikan tercapai. Adapun data yang digunakan adalah data sekunder.

Pengambilan data sekunder yaitu data yang di peroleh dari instansi data topografi, data kontur dan data konsisi eksisting dimana data akan sangat diperlukan dalam proses penelitian, untuk mengetahui kondisi eksisting lereng

mencari faktor keamanan lereng. Dalam pengambilan data geoteknik yaitu data parameter tanah yang dibutuhkan untuk menunjang dalam proses penelitian ini seperti data cohesi tanah, sudut geser dalam tanah, berat volume basah tanah, dan klasifikasi tanah. Dari semua proses pengambilan data yang dilakukan peneliti tidak turun langsung untuk melakukan proses tersebut di mana semua data ini telah diperoleh dari Konsultan *CV. Idesplan Consulting Engginering* dan selanjutnya akan diolah.

3.4 Analisis Perhitungan

3.4.1 Analisis Perhitungan Manual

Analisis dengan perhitungan manual dilakukan sesuai dengan perencanaan geotekstil eksisting. Analisis yang dilakukan yaitu :

1. Stabilitas internal
2. Stabilitas eksternal
3. Stabilitas terhadap kelongsoran (dengan perkuatan dan tanpa perkuatan)

3.4.2 Analisis Perhitungan dengan Program *Geostudio*

1. Tahapan Permodelan

Tahap ini merupakan tahapan permodelan kondisi stabilitas penanganan longsoran dengan ketinggian eksisting 14,76 m.

2. Tahapan Analisis

Tahap ini merupakan tahapan analisis stabilitas penanganan longsoran menggunakan aplikasi *Geostudio* 2025 dengan program *SLOPE/W* pada kondisi sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil.

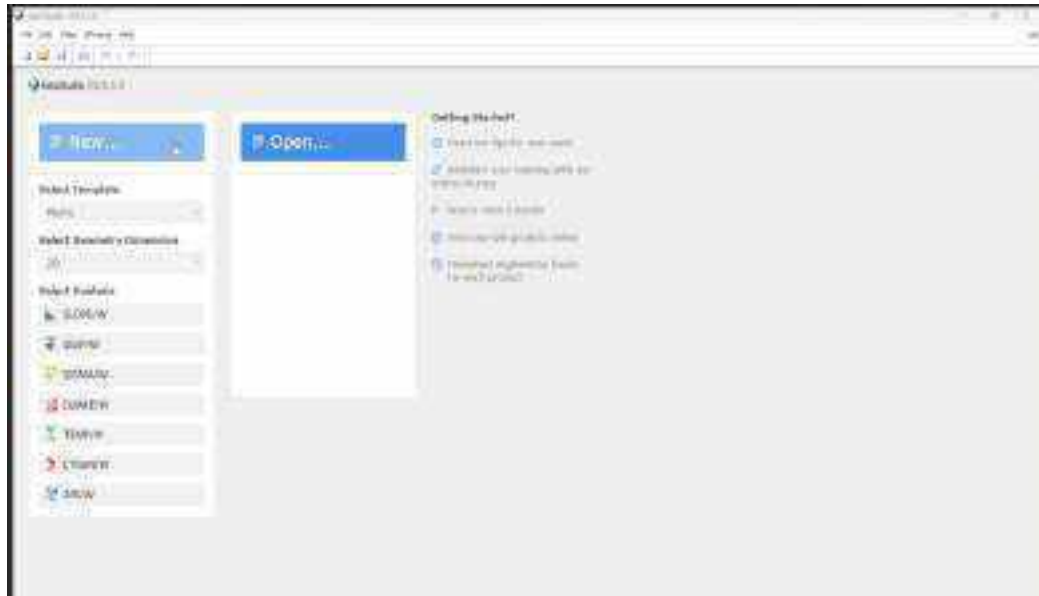
1. Permodelan *SLOPE/W* 2025

a. Pengaturan awal

Hal pertama yang perlu diatur yaitu *Define Analysis* yang diperuntukkan untuk menentukan pengaturan dalam menganalisis stabilitas kelongsoran. Dengan cara sebagai berikut.

1) Menentukan metode analisis

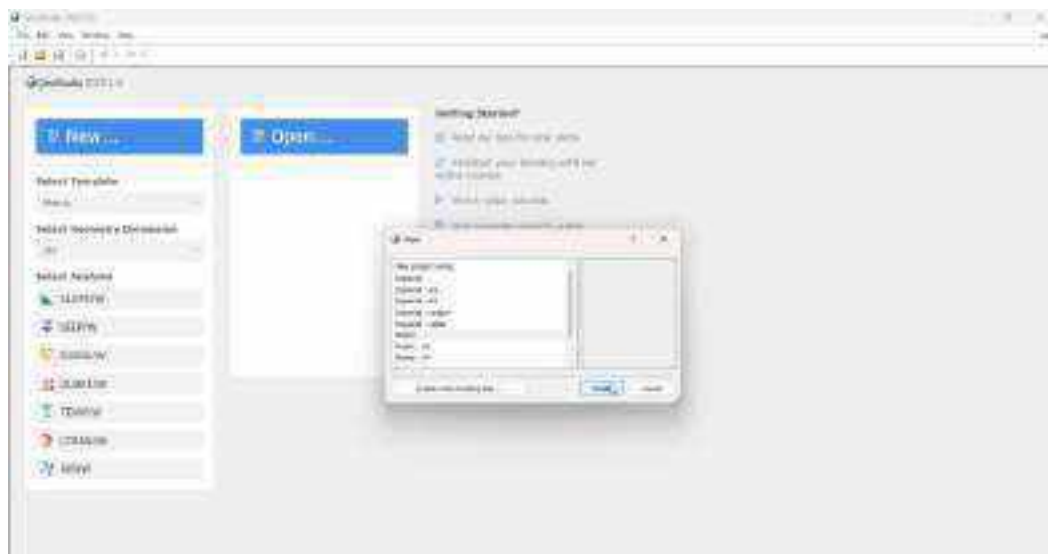
Pada halaman awal geostudio 2025, akan muncul tampilan seperti pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Sumber : Pribadi

Gambar 3.2. Gambar Halaman Awal Geostudio 2025

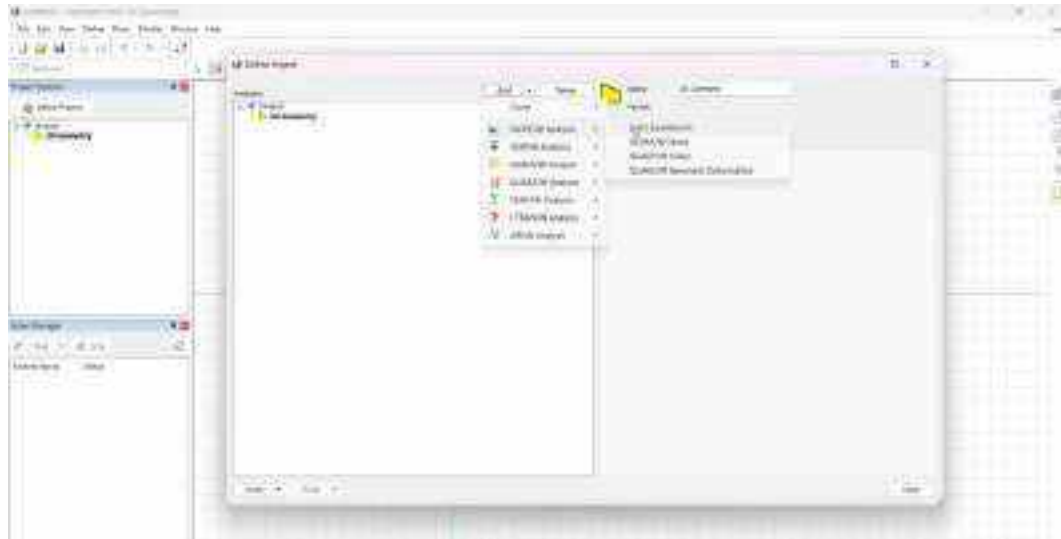
Dan memilih opsi New dengan Kertas Kerja Metric seperti Gambar 3.3 di bawah ini.



Sumber : Pribadi

Gambar 3.3. Pemilihan Kertas Kerja Geostudio 2025

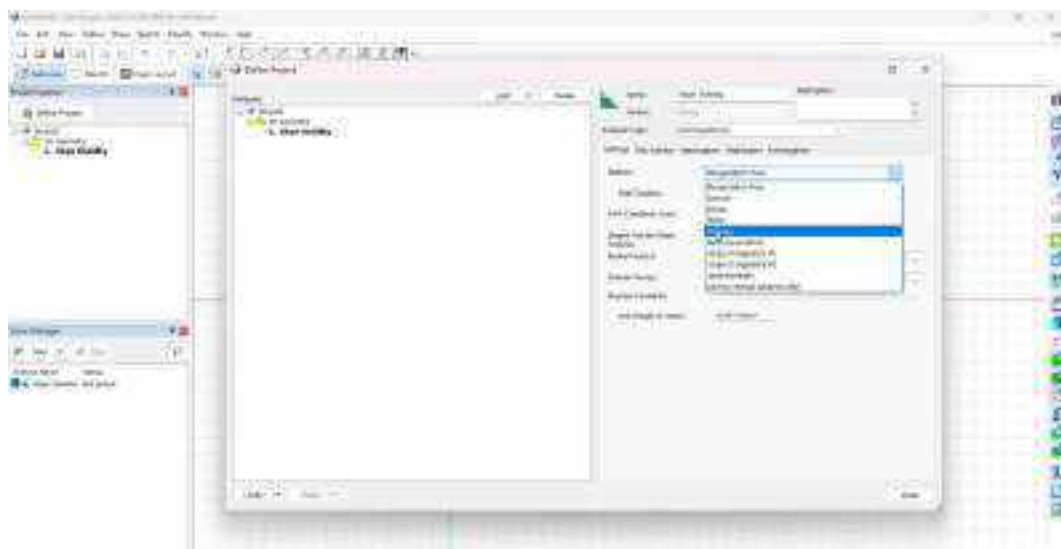
Lalu memilih add data 2D dengan metode Analisis SLOPE/W dengan opsi *Limit Equilibrium* seperti Gambar 3.4 di bawah ini.



Sumber : Pribadi

Gambar 3.4. SLOPE/W dengan Opsi *Limit Equilibrium* Geostudio 2025

Setelah itu memilih metode analisis *Ordinary* atau yang dikenal juga dengan metode Fellenius sesuai perhitungan manual nantinya dan memilih arah gambar *right to left* karena gambar kerja yang telah dibuat seperti tampilan Gambar 3.5 di bawah ini.

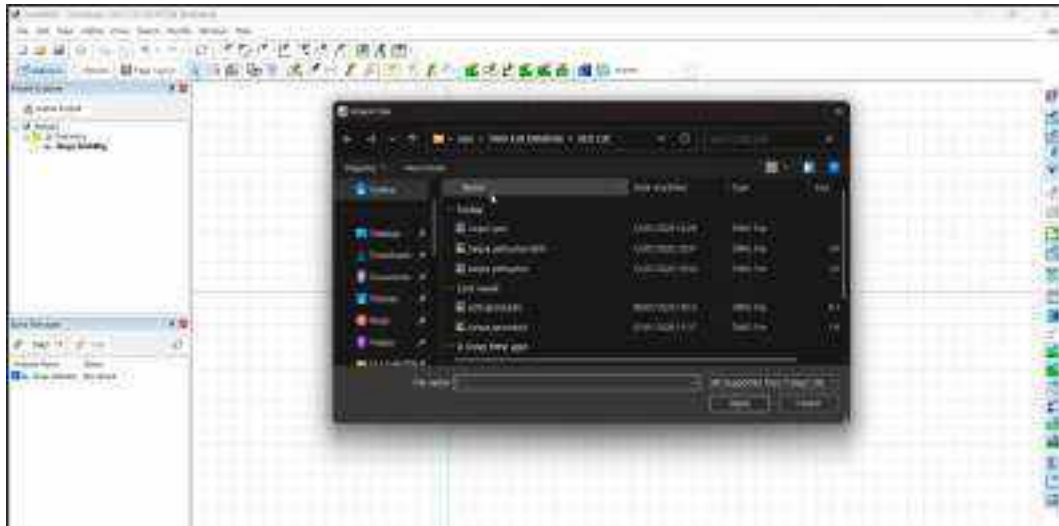


Sumber : Pribadi

Gambar 3.5. SLOPE/W dengan Metode Analisis *Ordinary* Geostudio 2025

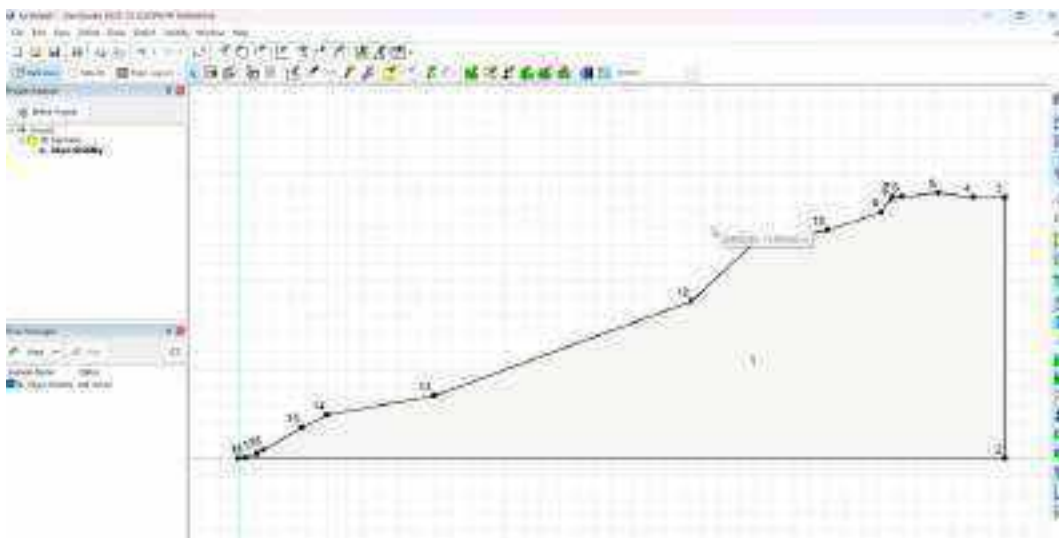
b. Membuat sketsa gambar

Langkah ini sangat penting dan harus benar dalam pelaksanaannya untuk sketsa gambar timbunan yang sesuai dengan perencanaan. Klik *Import* untuk ekstensi Autocad (.dwg) seperti pada Gambar 3.6 dan 3.7 di bawah ini.



Sumber : Pribadi

Gambar 3.6. Sketsa Garis di Geostudio 2025

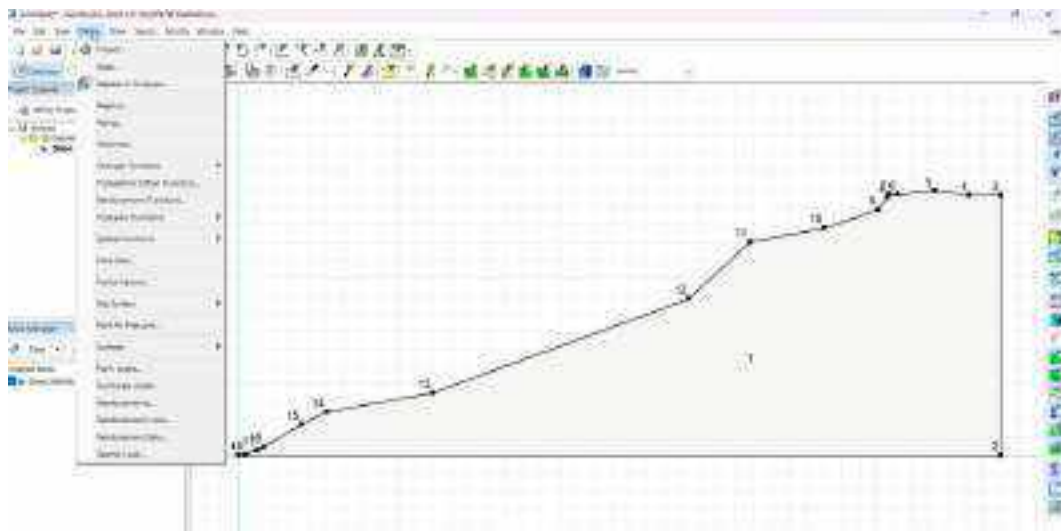


Sumber : Pribadi

Gambar 3.7. Hasil Sketsa Timbunan Sesuai dengan Gambar Perencanaan Eksisting di Geostudio 2025

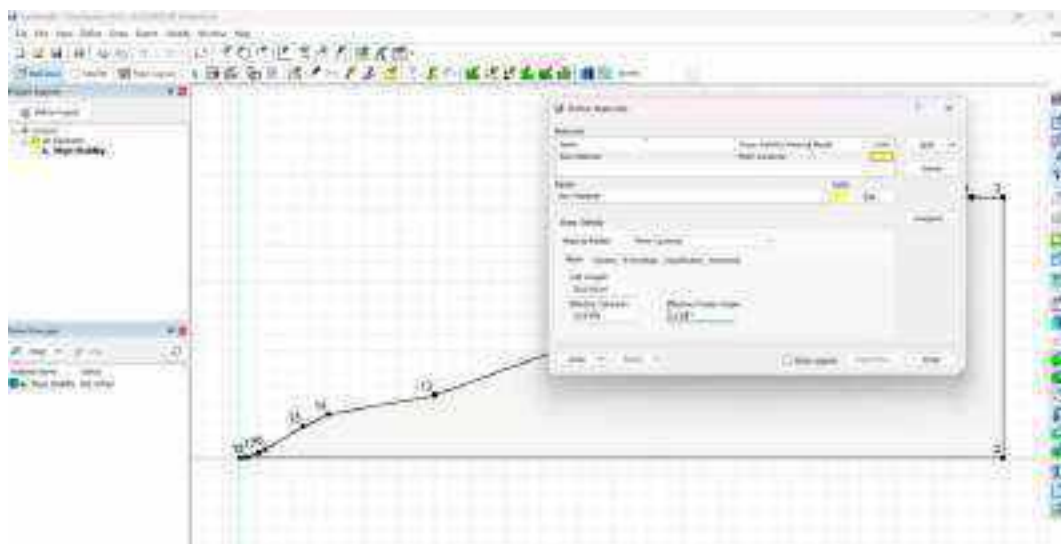
c. Mendefinisikan parameter tanah

Parameter tanah yang dimasukkan adalah berat isi tanah (γ), kohesi (c), dan sudut geser (ϕ). Sebelum data parameter tanah dimasukkan, satuannya harus disamakan terlebih dahulu dengan satuan yang terdapat pada program SLOPE/W. Klik *Define* pada toolbar, lalu klik *Materials*, lalu akan muncul jendela *Materials* dan klik *Add*. Isikan nama material, lalu pilih Material Model dengan *Mohr-Coloumb* seperti Gambar 3.8 dan Gambar 3.9 di bawah ini.



Sumber : Pribadi

Gambar 3.8. Menu *Define* dan *Materials* Geostudio 2025

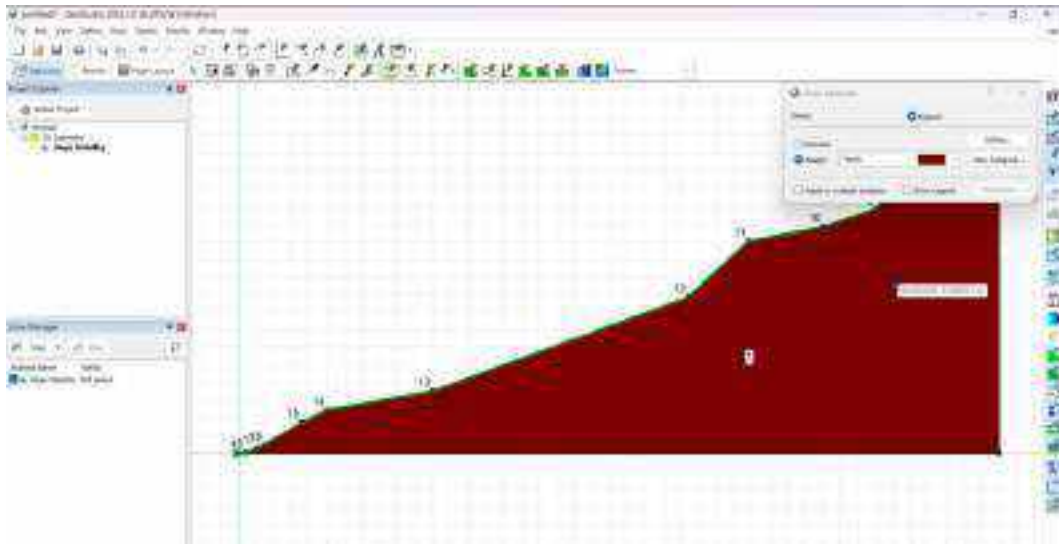


Sumber : Pribadi

Gambar 3.9. Berat Isi Tanah (γ), Kohesi (c), dan Sudut Geser (ϕ) Geostudio 2025

d. Menentukan parameter tanah tiap lapisan

Memilih parameter tanah sesuai dengan lapisan tanah dengan klik Draw Materials, lalu pilih jenis material dan klik pada lapisan tanah yang akan dipilih seperti pada Gambar 3.10 berikut.

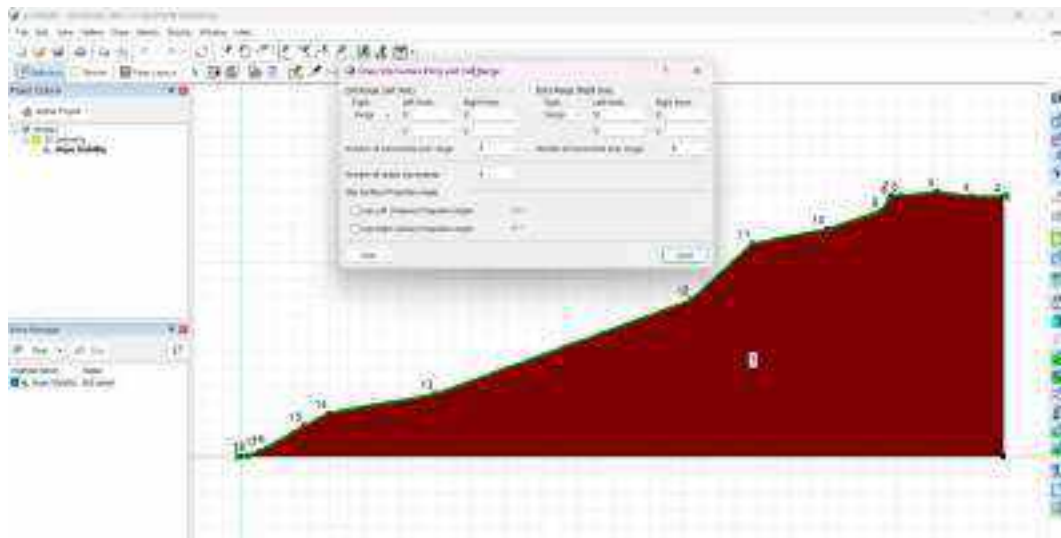


Sumber : Pribadi

Gambar 3.10. Menentukan Parameter Tanah di Geostudio 2025

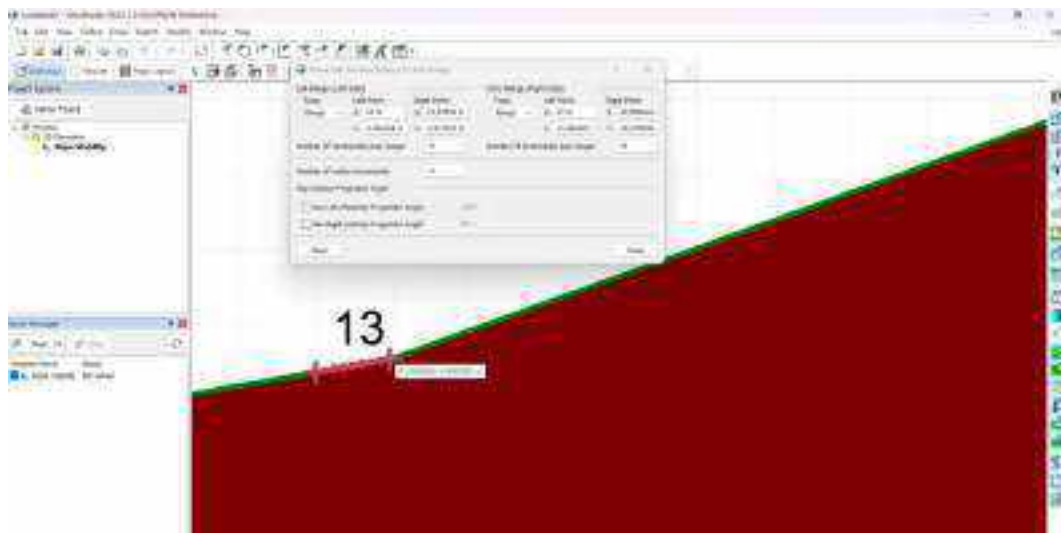
e. Menggambar *Entry and Exit* bidang longsor

Penggambaran bidang longsor merupakan langkah untuk memvisualisasikan lokasi pada bagian mana longsor akan terjadi dengan cara klik *Icon Entry and Exit* dan masukkan koordinatnya seperti contoh pada Gambar 3.11 dan 3.12 berikut ini.



Sumber : Pribadi

Gambar 3.11. Entry and Exit di Geostudio 2025

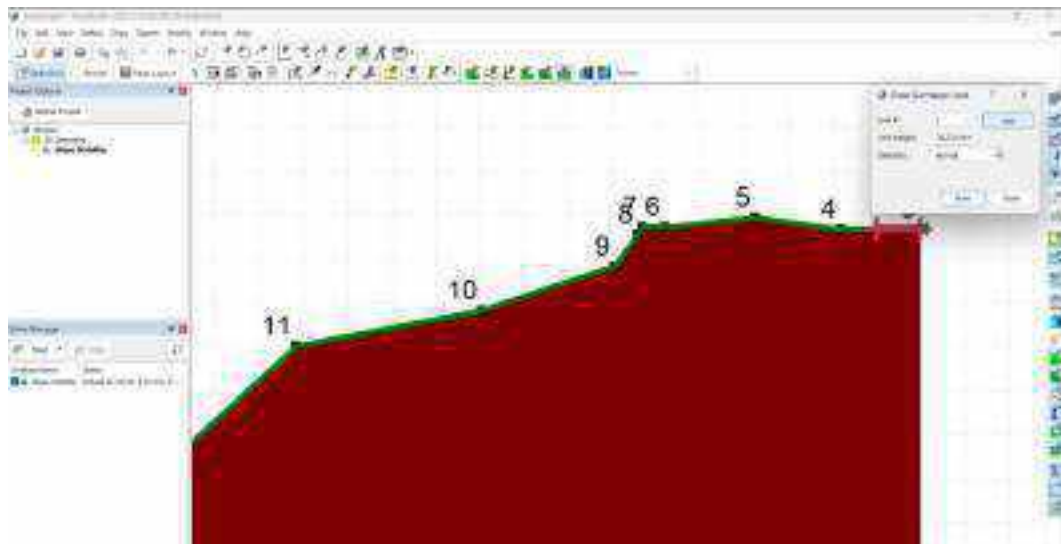


Sumber : Pribadi

Gambar 3.12 Klik Koordinat Sesuai dengan Gambar Perencanaan Eksisting di Geostudio 2025

f. Mengaplikasikan beban merata (*Surcharge Loads*)

Klik *Draw*, dan pilih *Surcharge Loads*. Lalu buatlah sketsa pembebanan sebesar beban yang bekerja pada area tersebut seperti Gambar 3.13 di bawah ini.



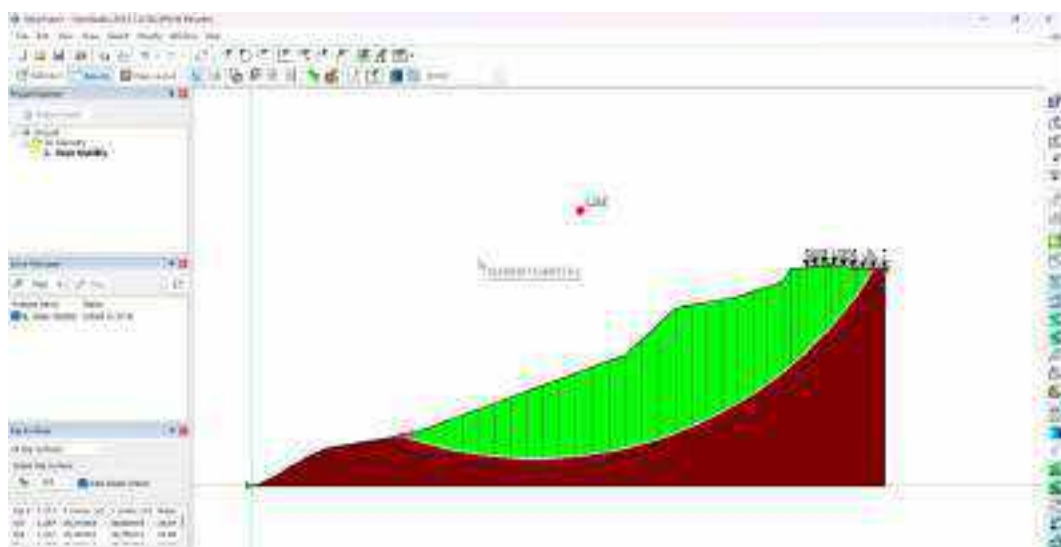
Sumber : Pribadi

Gambar 3.13 Surcharge Loads di Geostudio 2025

g. Menghitung angka aman

Menghitung angka aman pada program SLOPE/W dilakukan dengan cara

klik *Start* pada menu bar pada bagian kiri halaman yang bernama *Solve Manager*, lalu akan muncul nilai angka aman pada lereng yang telah ditinjau sebelumnya seperti Gambar 3.14 di bawah ini .



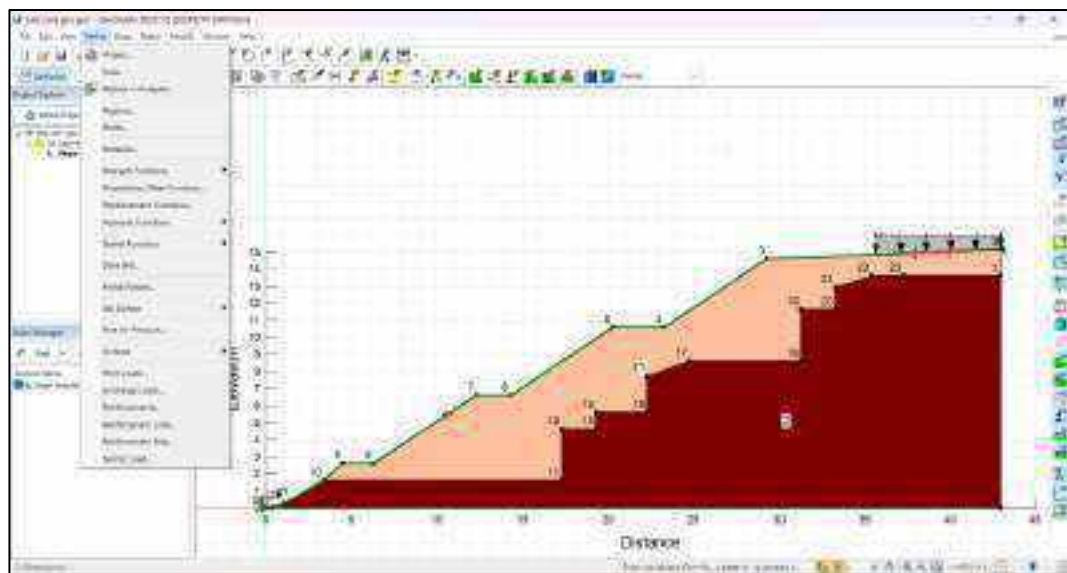
Sumber : Pribadi

Gambar 3.14 Hasil Nilai SF di Geostudio 2025

3.4.3 Analisis Perkuatan dengan Geotekstil Menggunakan Program Geostudio

Setelah melakukan perhitungan terhadap geotekstil per zona, selanjutnya melakukan input dari hasil hitungan yang telah dilakukan ke dalam aplikasi Geostudio metode SLOPE/W. Analisis SLOPE/W diasumsikan apabila tanpa beban gempa menghasilkan $SF > 1,5$ maka dinyatakan aman. Adapun tata cara penggunaan perkuatan geotekstil pada aplikasi Geostudio sebagai berikut:

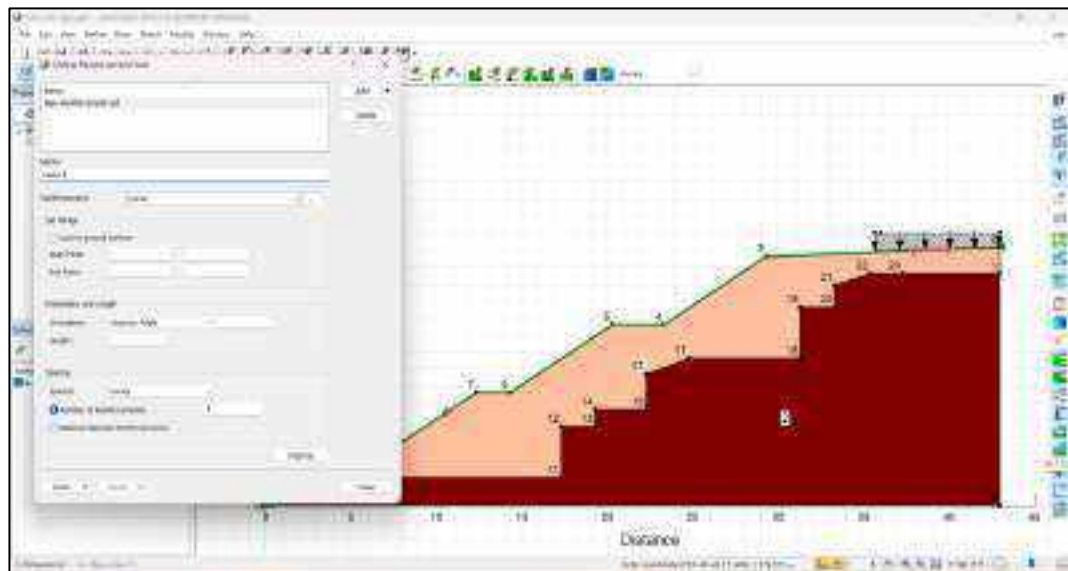
1. Pada Menu Bar pilih *Define* seperti gambar 3.15 di bawah ini :



Sumber : Analisis Pribadi

Gambar 3.15. Menu Bar Define

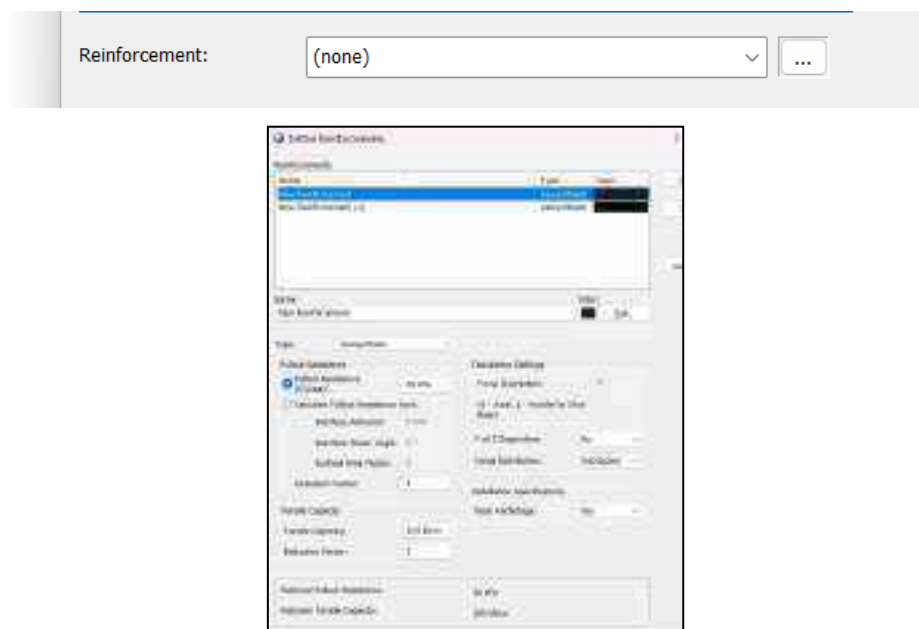
2. Setelah itu, klik *Reinforcement Sets* untuk memudahkan dalam pembuatan geotekstil seperti Gambar 3.16 di bawah ini.



Sumber : Analisis Pribadi

Gambar 3.16 Reinforcement Sets

Lalu isikan data geotekstil di ikon (...) yang digunakan pada perencanaan pada bagian berikut sesuai dengan spesifikasi geotekstilnya.

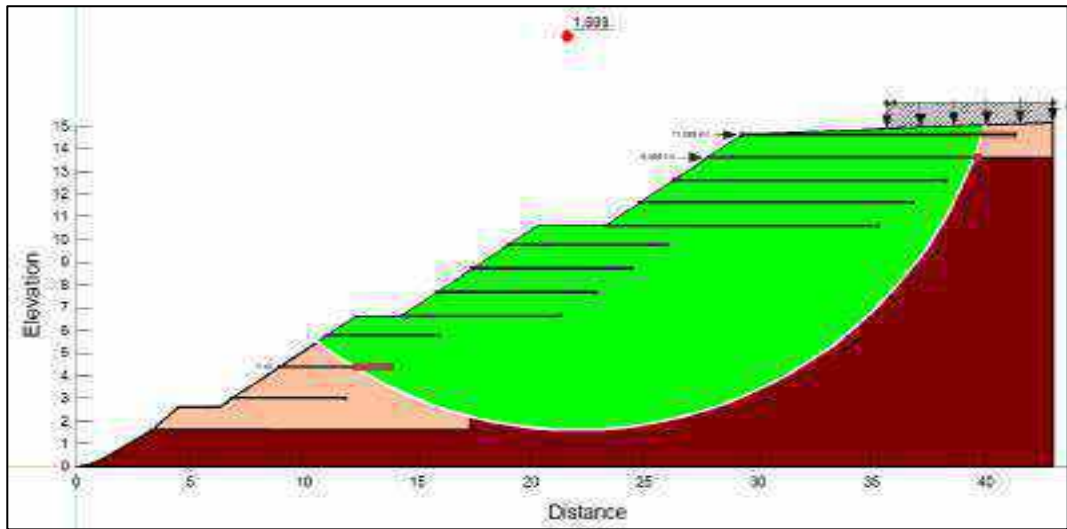


Sumber : Analisis Pribadi

Gambar 3.17. Data Reinforcement Sets atau Spesifikasi Geotekstil yang digunakan

Ulangi langkah tersebut hingga pada zona ke-3.

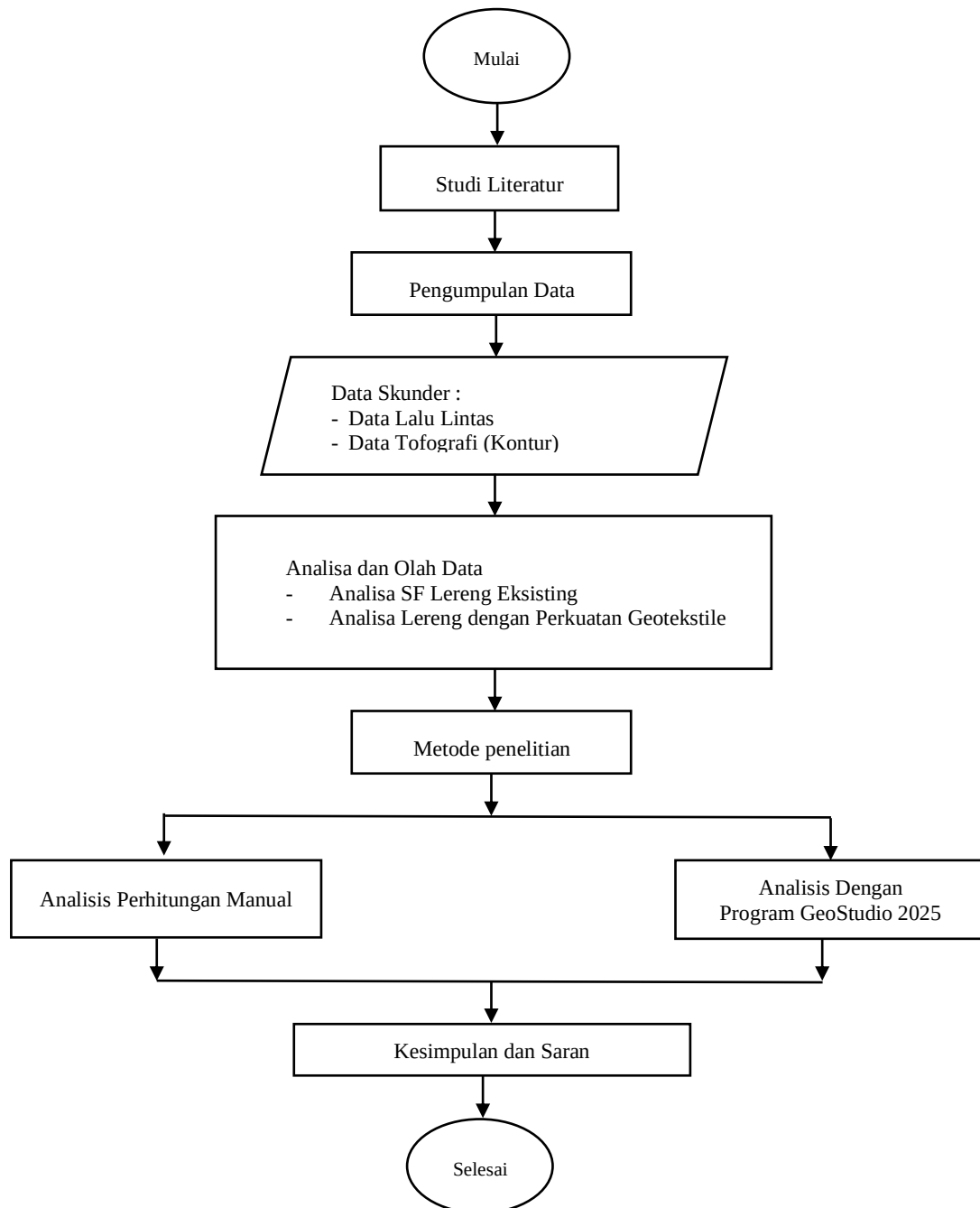
3. Hasil analisis dengan menggunakan program Geostudio dengan perkuatan geotekstil dapat dilihat pada Gambar 3.18 di bawah ini.



Sumber : Analisis Pribadi

Gambar 3.18 Nilai SF dengan Perkuatan Geotekstil

3.5 Diagram Alir Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Topografi Eksisting



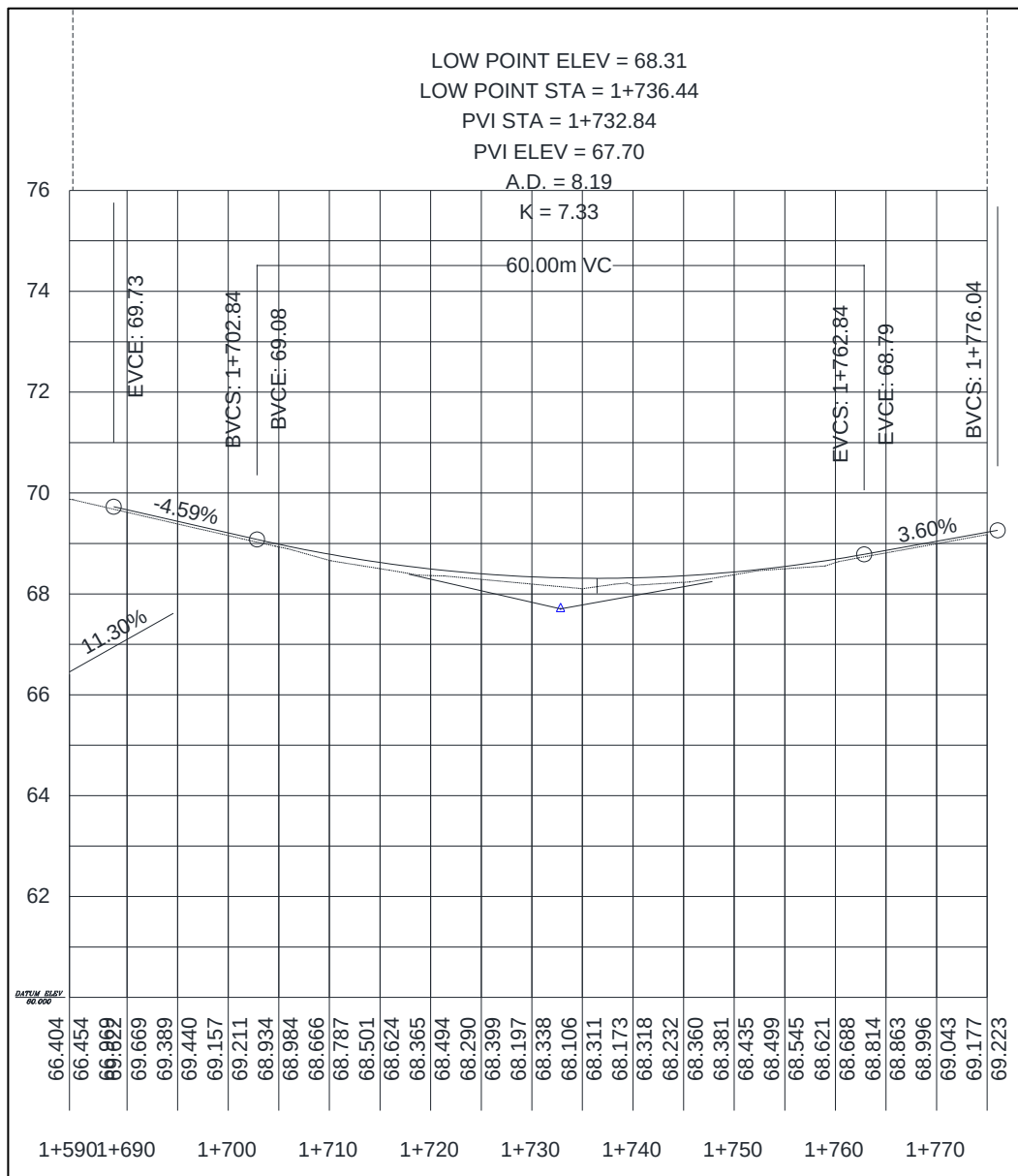
Sumber : CV. Idesplan Consulting Engineer's, 2022

Gambar 4.1 Data Kontur

Pada potongan topografi memanjang pada STA $\pm 1+590$ sampai dengan $\pm 1+770$, kondisi topografi lokasi eksisting menunjukkan bentuk cekungan (*sag*) dengan elevasi tanah yang menurun menuju titik terendah, kemudian kembali meningkat. Elevasi eksisting berada pada kisaran $\pm 66,0$ m hingga $\pm 76,0$ m, yang mengindikasikan adanya perubahan ketinggian yang cukup signifikan dalam satu segmen pendek. Perubahan elevasi tersebut diakomodasi melalui lengkung vertikal cekung (*sag vertical curve*) dengan panjang sekitar 60 m.

Titik perpotongan gradien vertikal (PVI) berada pada STA 1+732,84 dengan elevasi +67,70 m, sedangkan titik terendah (*low point*) berada pada STA 1+736,44 dengan elevasi +68,31 m. Nilai perbedaan gradien sebesar 8,19% menunjukkan adanya transisi kemiringan yang cukup tajam, namun masih dapat diterima dalam desain geometrik jalan. Oleh karena itu, penggunaan geosintetik diperlukan untuk meningkatkan stabilitas tanah dasar, memperbaiki distribusi beban, serta mengendalikan deformasi pada area dengan kondisi topografi dan drainase yang kurang menguntungkan.

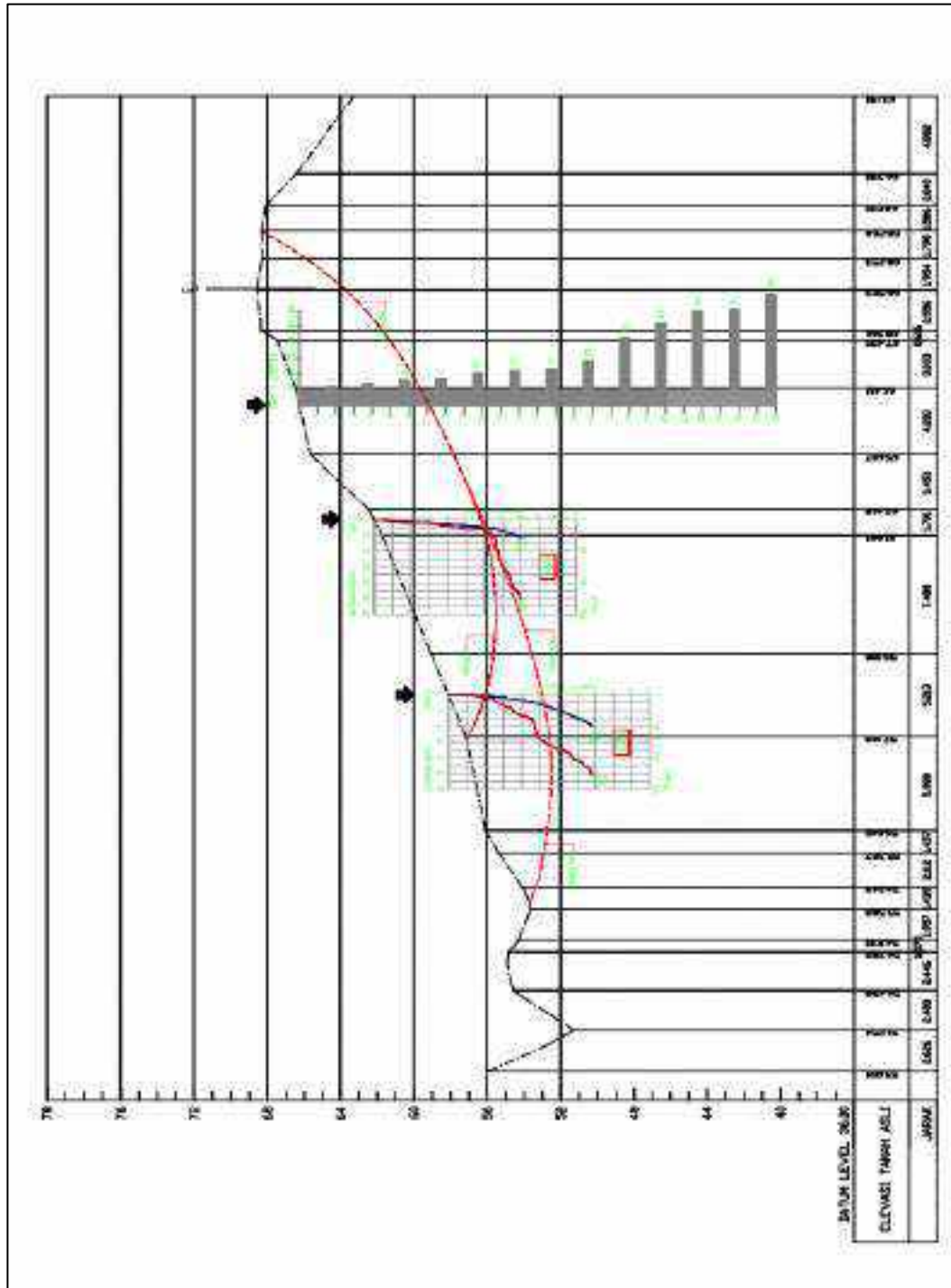
Berikut gambar topografi perencanaan eksisting Pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Sumber : CV. Idesplan Consulting Engineer's, 2022

Gambar 4.2 Long Section Topografi

Pada Gambar 4.3 di bawah ini menunjukkan data topografi pada STA 1 + 745 yang merupakan data eksisting yang dipakai.

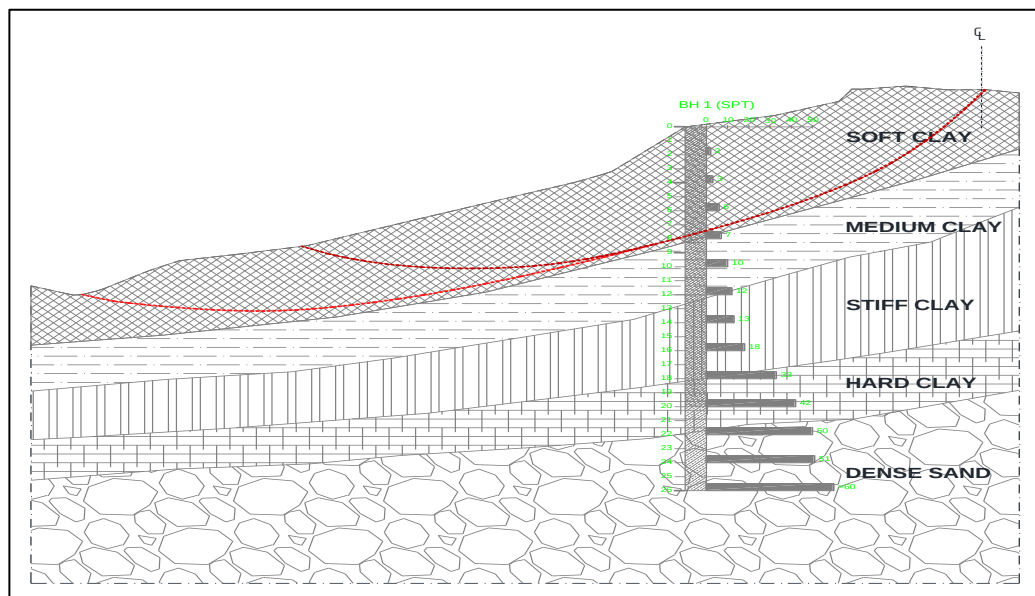


Sumber : CV. Idesplan Consulting Engineer's, 2022

Gambar 4.3 Data Topografi pada STA 1 + 745

4.2. Data Tanah

Data tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder dari pihak konsultan perencana CV. IDESPAN CONSULTING ENGINEER'S. Tanah di Lokasi tersebut memiliki karakteristik Lempung Berpasir (*Sandy Clay*) ked. 1-20 m dan Pasir Padat (*Sandstone*) ked. 21-26 m. Ilustrasi tanah Lokasi tersebut dapat dilihat pada gambar 4.4. Untuk data parameter tanah hasil uji laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.1.



Sumber : CV. Idesplan Consulting Engineer's, 2022

Gambar 4.4. Ilustrasi Tanah pada Lokasi Penanganan Longsoran

Tabel 4.1. Data Parameter Tanah Hasil Uji Laboratorium

No	Jenis Pemeriksaan	Tanah BH.01 (4,5-5m)
1	Berat Isi γ (kN/m^3)	16,60
2	Kohesi c (kN/m^2)	10,90
3	Sudut Geser α ($^\circ$)	16,65

Sumber : CV. Idesplan Consulting Engineer's, 2022

Data tanah merupakan komponen utama dalam perencanaan teknis penanganan longsoran, karena karakteristik fisik dan mekanik tanah sangat menentukan perilaku lereng terhadap beban dan kondisi lingkungan. Untuk

memperoleh gambaran kondisi tanah eksisting secara akurat, telah dilakukan penyelidikan tanah melalui kegiatan pengeboran dan pengujian lapangan pada lokasi penelitian.

Penyelidikan tanah dilaksanakan dengan metode pengeboran dan Standard Penetration Test (SPT) pada titik BH.01 hingga kedalaman $\pm 26,0$ meter. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui stratifikasi tanah, jenis dan konsistensi lapisan tanah, kedalaman muka air tanah, serta tingkat kepadatan atau kekuatan relatif tanah yang dinyatakan dalam nilai N-SPT. Pada data tanah eksisting dapat digambarkan sebagai berikut.

a. Kondisi Lapisan Tanah Permukaan (0,00 – $\pm 3,00$ m)

Lapisan tanah bagian atas didominasi oleh lempung berpasir (*sandy clay*) dengan warna kuning kecoklatan. Nilai N-SPT relatif rendah, menunjukkan kondisi tanah lunak hingga sedang (*very soft – soft*). Karakteristik ini mengindikasikan:

- Daya dukung tanah rendah
- Kompresibilitas cukup tinggi
- Sensitif terhadap perubahan kadar air

Lapisan ini kurang baik untuk menerima beban struktur secara langsung dan berpotensi mengalami penurunan (*settlement*) apabila tidak dilakukan perbaikan tanah atau sistem pondasi yang sesuai.

b. Lapisan Tanah Menengah ($\pm 3,00$ – $\pm 15,00$ m)

Pada kedalaman menengah, material tanah masih didominasi oleh lempung berpasir (*sandy clay*) dengan konsistensi medium hingga stiff, ditunjukkan oleh peningkatan bertahap nilai N-SPT. Kondisi ini menunjukkan:

- Daya dukung mulai meningkat
- Stabilitas tanah lebih baik dibanding lapisan permukaan
- Masih memiliki potensi deformasi jangka Panjang

Lapisan ini dapat berfungsi sebagai lapisan pendukung sekunder, namun untuk struktur yang memikul beban besar, lapisan ini belum sepenuhnya ideal sebagai lapisan pendukung utama pondasi dangkal.

c. Lapisan Tanah Kaku hingga Sangat Kaku ($\pm 15,00 - \pm 21,00$ m)

Pada kedalaman ini, nilai N-SPT meningkat signifikan, menunjukkan tanah dengan konsistensi *stiff* hingga *very stiff*. Material masih berupa lempung berpasir dengan tingkat kepadatan tinggi. Secara teknis:

- Daya dukung tanah relatif baik
- Risiko penurunan semakin kecil
- Cocok sebagai lapisan tumpuan pondasi dalam

Lapisan ini mulai menunjukkan karakteristik tanah yang mampu menahan beban struktur secara lebih andal.

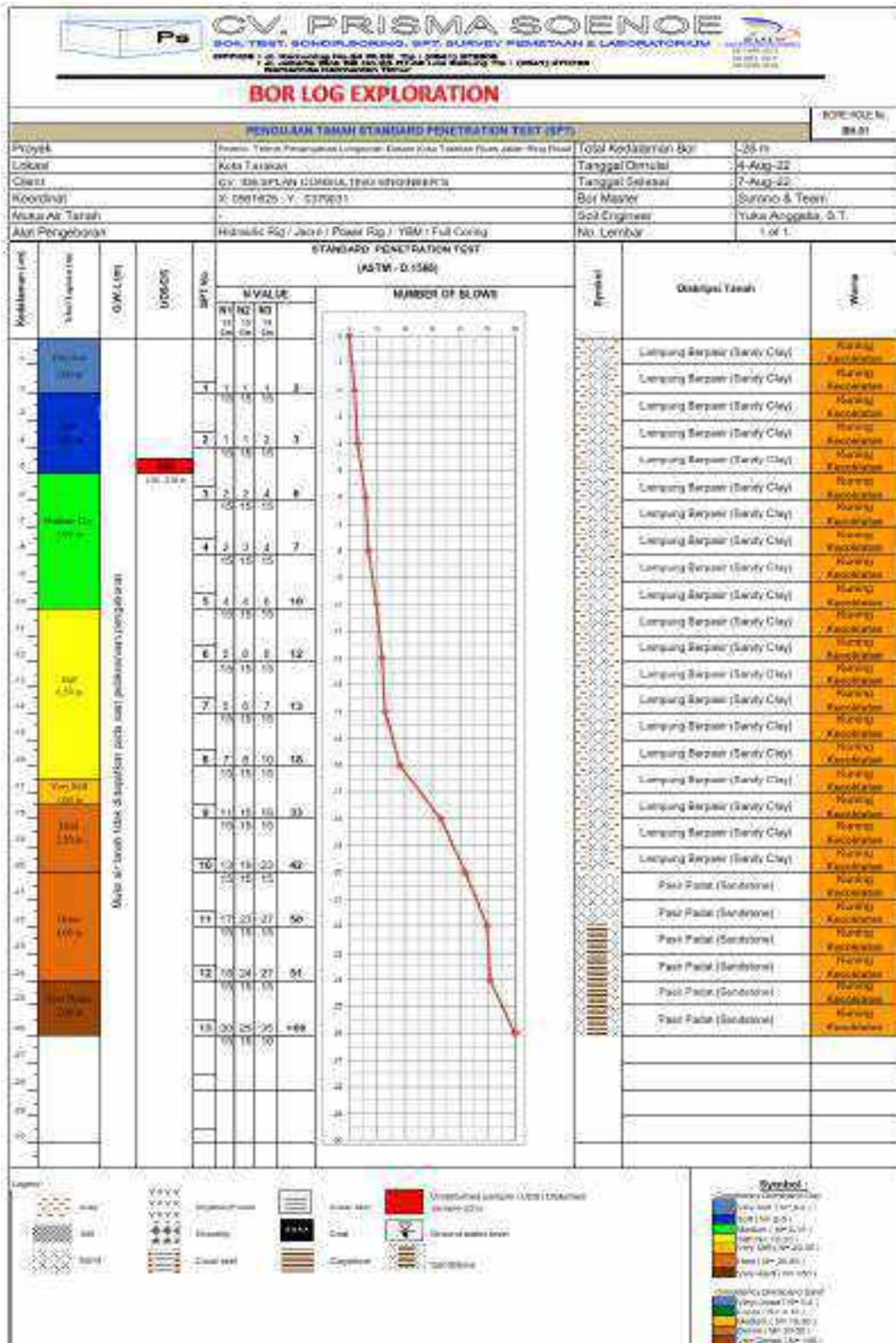
d. Lapisan Tanah Dalam ($\pm 21,00 - 26,00$ m)

Lapisan terdalam didominasi oleh pasir padat hingga sangat padat (*dense–very dense sandstone*) dengan nilai N-SPT tinggi (>50). Kondisi ini menandakan:

- Tanah sangat padat dan keras
- Daya dukung sangat tinggi
- Stabilitas sangat baik terhadap beban vertikal maupun lateral

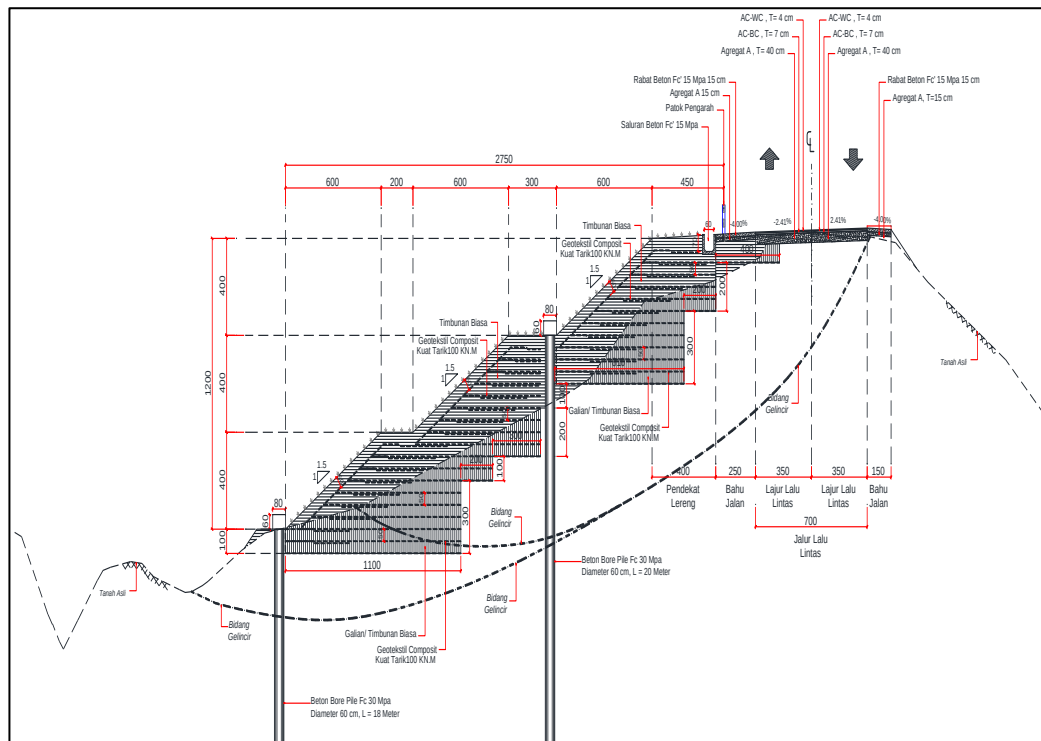
Lapisan ini sangat direkomendasikan sebagai lapisan pendukung utama pondasi dalam, seperti pondasi tiang pancang atau *bored pile*.

Data hasil penyelidikan ini menjadi dasar dalam penilaian stabilitas lereng dan perhitungan Faktor Keamanan (Safety Factor/SF). Pada Gambar 4.4 di bawah ini menunjukkan hasil penyelidikan tanah dengan *Standard Penetration Test* (SPT).



4.3. Data Beban Lalu Lintas

Perencanaan jalan pada penelitian ini memiliki lebar yaitu 3,5 m, dengan bahu kanan 1,5 m, dan bahu kiri 2,5 m. Adapun gambar perencanaan potongan melintang jalan dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Sumber : CV. Idesplan Consulting Engineer's, 2022

Gambar 4.6. Gambar Perencanaan Potongan Melintang Jalan

2. Perkerasan Jalan

Perkerasan yang digunakan pada penelitian ini yaitu perkerasan aspal, dengan lapisan Agregat. Adapun rincian struktur jalan raya yaitu :

Tebal perkerasan aspal AC-WC	= 4 cm
Tebal perkerasan aspal AC-BC	= 7 cm
Tebal Agregat A	= 40 cm
Berat isi aspal AC-WC y AC-WC	= 22 kN/m ³
Berat isi aspal AC-BC y AC-BC	= 22 kN/m ³
Berat isi Agregat A y Agregat A	= 22 kN/m ³

3. Perhitungan beban

a. Beban perkerasan

$$\text{Berat perkerasan aspal AC-WC} = 0,04 \times 22 = 0,88 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat perkerasan aspal AC-BC} = 0,07 \times 22 = 1,54 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat perkerasan Agregat A} = 0,4 \times 22 = 8,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Berat total perkerasan (q perkerasan)} = 11,22 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban Kendaraan

Beban lalu lintas yang digunakan adalah sebesar 15 kN/m^2 , karena jalan *Ring Road* Tarakan Juwata Laut – Binalatung termasuk dalam fungsi primer berdasarkan Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Beban Lalu Lintas

Fungsi	Sistem Jaringan	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)	Beban Lalu Lintas (kN/m^2)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	>10.000	15
		<10.000	12
Sekunder	Arteri	>20.000	15
		<20.000	12
	Kolektor	>6.000	12
		<6.000	10
	Lokal	>500	10
		<500	10

Sumber : CV. Idesplan Consulting Engineer's, 2022

c. Beban total (q_{total})

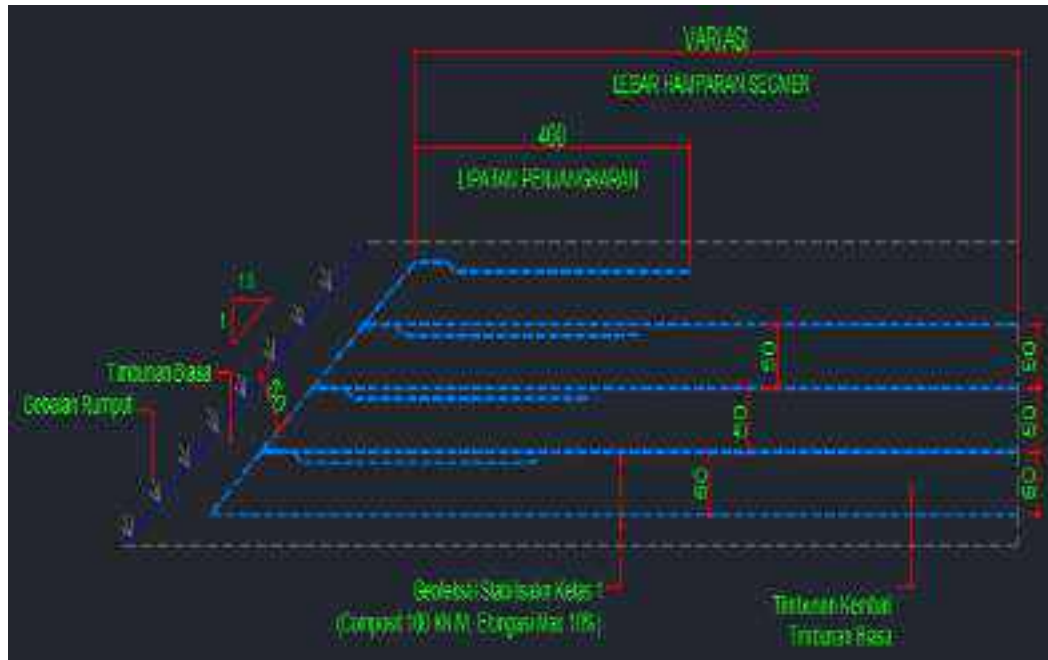
$$(q_{\text{total}}) = q_{\text{perkerasan}} + q_{\text{lalulintas}}$$

$$= 11,22 + 15$$

$$= 26,22 \text{ kN/m}^2$$

4.4. Geotekstil

Geotekstil yang digunakan pada penelitian ini yaitu geotekstil komposit dengan spesifikasi Geotekstil Stabilisator Kelas 1, Kuat Tarik (T_a) : 100 KN/M, Elongasi Max (ϵ) : 10%. Prinsip pemasangan geotekstil pada perencanaan eksisting dapat dilihat pada Gambar 4.7.

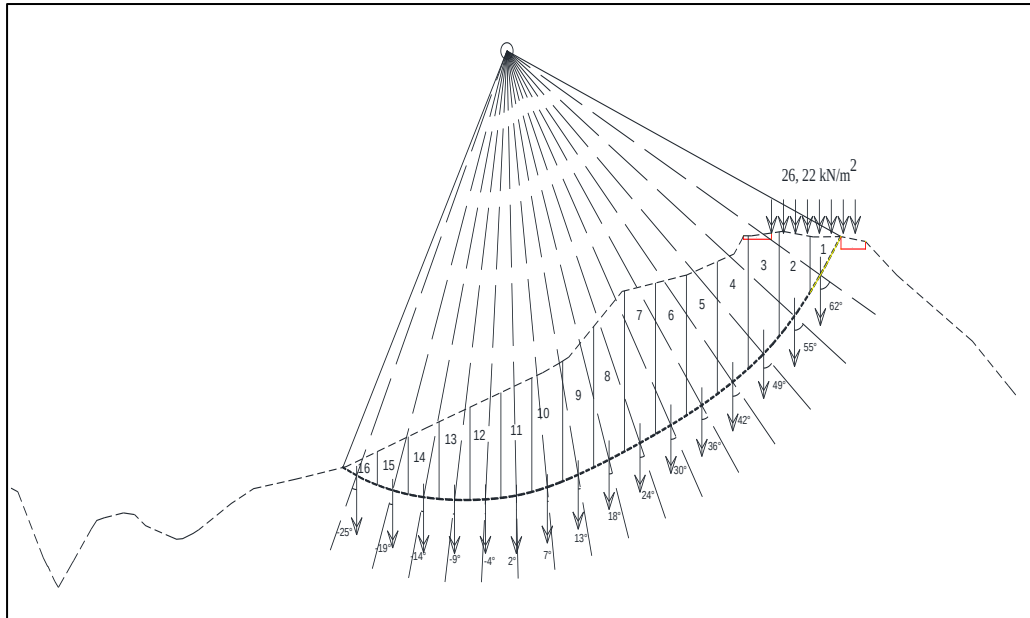


Sumber : CV. Idesplan Consulting Engineer's, 2022

Gambar 4.7. Prinsip Pemasangan Geotekstil pada Perencanaan Eksisting

4.5. Analisis SF Eksisting Metode Manual (*Fellenius*)

Pemodelan analisis ini dengan menggunakan bantuan *software* Autocad. Perhitungan yang digunakan dalam analisis ini adalah Metode Fellenius. Adapun ilustrasi pemodelannya sesuai dengan Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Pemodelan dengan Metode Fellenius (sumber : Olah Data, 2025)

4. Perhitungan berat irisan tanah

Luas per pias didapatkan dengan bantuan program Autocad 2026.

$$W_i = \gamma \times A_i$$

Untuk irisan yang terdapat beban lalu lintas di atasnya, maka berat irisan dapat diperhitungkan dengan rumus berikut ini.

$$W_i = (\gamma \times A_i) + (q \times L)$$

Dimana q merupakan besarnya beban lalu lintas dan L merupakan lebar irisan yang terkena beban (m).

Berikut ini merupakan perhitungan berat irisan 1 sampai 16 (tanpa perkuatan) dengan kondisi tanah eksisting.

$$W_1 = (\gamma \times A_1) + (q \times L) = (16,6 \times 4,454) + (26,22 \times 2) = 126,376 \text{ kN}$$

$$W_2 = (\gamma \times A_2) + (q \times L) = (16,6 \times 7,959) + (26,22 \times 2,018) = 185,031 \text{ kN}$$

$$W_3 = (\gamma \times A_3) + (q \times L) = (16,6 \times 11,593) + (26,22 \times 0,527) = 185,031 \text{ kN}$$

$$W_4 = (\gamma \times A_4) = (16,60 \times 12,750) = 211,650 \text{ kN}$$

$$W_5 = (\gamma \times A_5) = (16,60 \times 13,282) = 220,481 \text{ kN}$$

$$W_6 = (\gamma \times A_6) = (16,60 \times 14,183) = 235,438 \text{ kN}$$

$$W_7 = (\gamma \times A_7) = (16,60 \times 15,159) = 251,639 \text{ kN}$$

$$W_8 = (\gamma \times A_8) = (16,60 \times 14,778) = 245,315 \text{ kN}$$

$$W_9 = (\gamma \times A_9) = (16,60 \times 12,565) = 208,579 \text{ kN}$$

$$W_{10} = (\gamma \times A_{10}) = (16,60 \times 11,38) = 188,908 \text{ kN}$$

$$W_{11} = (\gamma \times A_{11}) = (16,60 \times 10,695) = 177,537 \text{ kN}$$

$$W_{12} = (\gamma \times A_{12}) = (16,60 \times 9,654) = 160,256 \text{ kN}$$

$$W_{13} = (\gamma \times A_{13}) = (16,60 \times 8,277) = 137,398 \text{ kN}$$

$$W_{14} = (\gamma \times A_{14}) = (16,60 \times 6,586) = 109,328 \text{ Kn}$$

$$W_{15} = (\gamma \times A_{13}) = (16,60 \times 4,465) = 74,119 \text{ kN}$$

$$W_{16} = (\gamma \times A_{14}) = (16,60 \times 1,841) = 30,561 \text{ kN}$$

5. Menentukan besarnya sudut dari pusat irisan ke titik berat (θ_i)

Contoh pada irisan 1, diperoleh θ dari hasil pengukuran langsung sebesar 60° .

6. Menentukan panjang garis longsor tiap irisan (α_i)

Contoh pada irisan 1, diperoleh α dari hasil pengukuran langsung sebesar 3,375 m.

Untuk selengkapnya hasil dari perhitungan di atas dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Perhitungan Manual Menggunakan Metode Fellenius

No. Irisan	W (kN)	θ ($^\circ$)	c (kN/m ²)	α (m)	c α . l m (kN)	W sin θ (kN)	N = W Cos θ (kN)	c α + N tan ϕ (kN)
1	126,376	62	10,900	3,375	36,788	111,590	59,271	54,509
2	185,031	55	10,900	2,291	24,972	151,541	106,208	56,728
3	206,262	49	10,900	2,549	27,784	155,728	135,308	68,241
4	211,650	42	10,900	2,347	25,582	141,594	157,256	72,602
5	220,481	36	10,900	2,254	24,569	129,643	178,369	77,901
6	235,438	30	10,900	2,197	23,947	117,719	203,889	84,910
7	251,639	24	10,900	2,169	23,642	102,417	229,998	92,412
8	245,315	18	10,900	2,144	23,370	75,802	233,294	93,125
9	208,579	13	10,900	2,111	23,010	46,930	203,156	83,754

10	188,908	7	10,900	2,066	22,519	23,047	187,586	78,608
11	177,537	2	10,900	2,022	22,040	6,214	177,359	75,070
12	160,256	-4	10,900	2,003	21,833	-11,218	159,936	69,654
13	137,398	-9	10,900	2,001	21,811	-21,434	135,749	62,400
14	109,328	-14	10,900	2,014	21,953	-26,457	106,048	53,661
15	74,119	-19	10,900	2,052	22,367	-24,163	70,117	43,332
16	30,561	-25	10,900	2,388	26,029	-12,927	27,688	34,308
JUMLAH (Σ)						966,025		1101,213

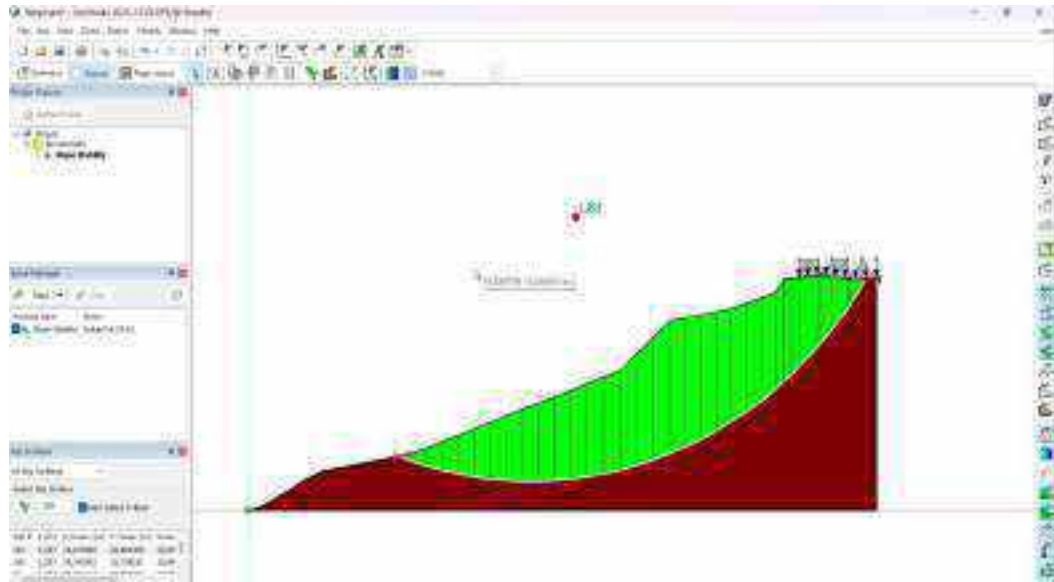
Menurut Suryolelono, (1993), apabila menggunakan *Ordinary Slices Method* dan/atau *Fellenius*, maka menggunakan persamaan Nilai faktor keamanan dari perhitungan tersebut di atas adalah:

$$SF = \frac{\sum_{i=1}^n (ca + N_i \tan \phi)}{\sum_{i=1}^n (W_i \sin \theta_i)}$$

$$= \frac{1101,213}{966,025} = 1,140 \quad \text{KURANG AMAN}$$

4.6. Analisis SF Eksisting Menggunakan Program Geostudio

Dari hasil perhitungan dengan Program Geostudio 2025, mendapatkan SF (Faktor Keamanan) sebesar 1,207 seperti Gambar 4.9 di bawah ini.



Sumber : Pribadi

Gambar 4.9 Hasil Nilai SF di Geostudio 2025

Nilai SF 1,207 menunjukkan bahwa nilai ini belum aman karena $< 1,5$. Berdasarkan SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik bervariasi tergantung pada kondisi analisis. Secara umum, SF untuk stabilitas lereng dan timbunan berkisar antara 1,10 (gempa) hingga 1,50 (jangka panjang).

4.7. Analisis Perkuatan dengan Geotekstil Cara Manual

Perencanaan perkuatan dengan menggunakan geotekstil sesuai dengan perencanaan eksisting, harus diketahui terlebih dahulu spesifikasi dari material geotekstil yang digunakan agar geotekstil bersifat stabil terhadap gaya dalam dan gaya luar yang terjadi. Data tanah yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.2. Gambar perencanaan perkuatan geotekstil pada perencanaan dapat terlihat pada Gambar 4.2. Untuk spesifikasi geotekstil dapat dilihat di bawah ini.

Tipe Geotekstil	: Geotekstil Stabilisator Kelas 1 (Komposit)
Kuat Tarik	: 100 kN/m
Elongasi Max	: 10%
H	: 13,14 m
SF	: 1,5

Timbunan pada perencanaan menggunakan timbunan pilihan dengan karakteristik timbunan tanah merah yang memiliki kisaran nilai sifat-sifat indeks dan mekanis tanah seperti Tabel 4.4 di bawah ini.

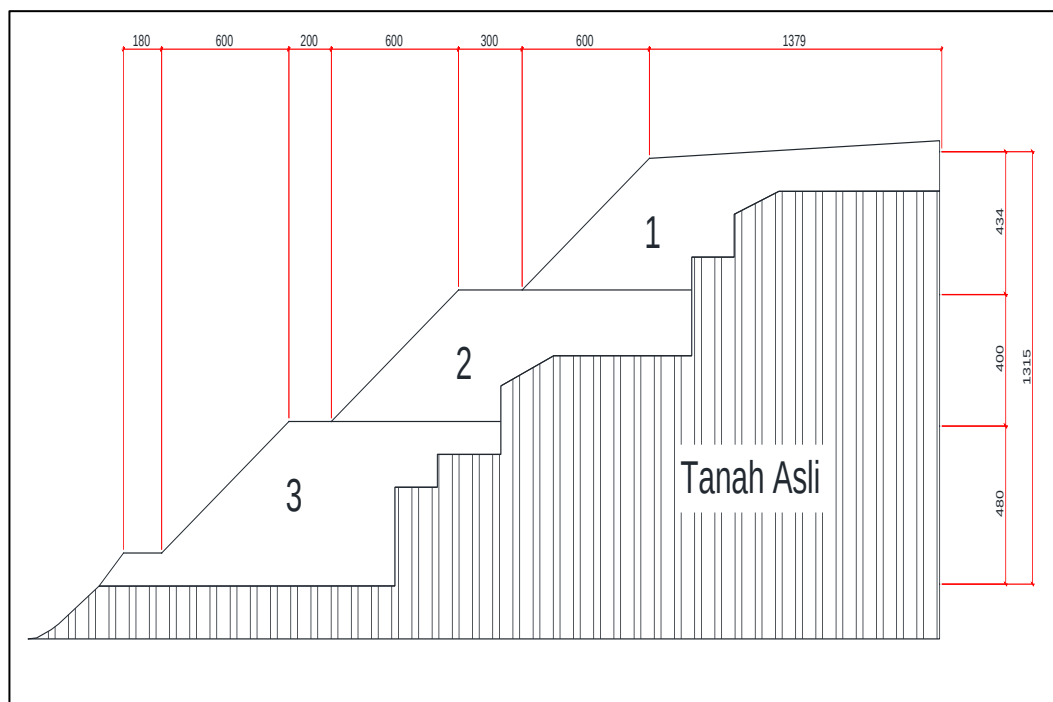
Tabel 4.4 Kisaran Nilai Sifat-Sifat Indeks Dan Mekanis Tanah

No	Jenis Pemeriksaan	Tanah BH.01 (4,5-5m)
1	Berat Isi γ (kN/m ³)	16,6
2	Kohesi c (kN/m ²)	18
3	Sudut Geser ϕ (°)	20

Sumber : Perencanaan dan Pelaksanaan perkuatan tanah dengan geosintetik oleh Direktorat Jendral Bina Marga No. 003/BM/2009)

1. Jarak Vertikal Antar Geotekstil

Pada perhitungan ini dilakukan pembagian zona timbunan. Contoh pemodelan zona yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut.



Sumber : Analisis Pribadi

Gambar 4.10. Pembagian Zona Timbunan

Berikut perhitungan Koefisien Tekanan Tanah Aktif.

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{20}{2} \right) \\
 &= \tan^2 (45^\circ - 10^\circ) \\
 &= \tan^2 (35^\circ) \\
 &= 0,490
 \end{aligned}$$

2. Stabilitas Internal

Kuat Tarik geotekstil yang digunakan adalah sebesar 100 kN/m, dengan asumsi kuat Tarik berfungsi sepenuhnya.

a. Analisis Zona 1

$$\begin{aligned}
 H_1 &= 4,34 \text{ m} \\
 \sigma_{hc1} &= q \cdot K_a + K_a \cdot H_1 \cdot \gamma_b \\
 &= (26,22 \times 0,490) + (0,490 \times 4,34 \times 16,60) \\
 &= 48,149 \text{ kN/m}^2 \\
 SF &= 1,5 \\
 S_{v1} &= \frac{T_{all}}{\sigma_{hc1} \cdot SF} \\
 &= \frac{52}{48,149 \times 1,5} \\
 &= 0,72 \text{ (dipakai 1 m)}
 \end{aligned}$$

Karena pelaksanaan di lapangan umumnya dibulatkan → dipakai 1 m

$$\begin{aligned}
 \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H_1}{S_{v1}} \\
 &= \frac{4,34}{1} \\
 &= 4,34 = 5 \text{ lapis}
 \end{aligned}$$

Zona 1 menggunakan 5 lapis geotekstil

b. Analisis Zona 2

$$\begin{aligned}
 H_2 &= 4 \text{ m} \\
 \sigma_{hc1} &= q \cdot K_a + K_a \cdot H_1 \cdot \gamma_b \\
 &= (26,22 \times 0,490) + (0,490 \times 4 \times 16,60)
 \end{aligned}$$

$$= 45,384 \text{ kN/m}^2$$

$$SF = 1,5$$

$$\begin{aligned} Sv1 &= \frac{Tall}{\sigma_{hc1} . SF} \\ &= \frac{52}{45,384 \times 1,5} \\ &= 0,764 \text{ (dipakai 1 m)} \end{aligned}$$

Karena pelaksanaan di lapangan umumnya dibulatkan → dipakai 1 m

$$\begin{aligned} \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H1}{Sv1} \\ &= \frac{4}{1} \\ &= 4 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Zona 2 menggunakan 4 lapis geotekstil

c. Analisis Zona 3

$$H_3 = 4,80 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{hc1} &= q \cdot K_a + K_a \cdot H1 \cdot \gamma_b \\ &= (26,22 \times 0,490) + (0,490 \times 4,80 \times 16,60) \\ &= 51,891 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$SF = 1,5$$

$$\begin{aligned} Sv1 &= \frac{Tall}{\sigma_{hc1} . SF} \\ &= \frac{52}{51,891 \times 1,5} \\ &= 0,668 \text{ (dipakai 1 m)} \end{aligned}$$

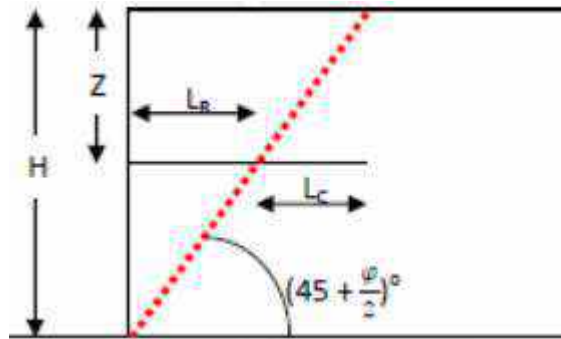
Karena pelaksanaan di lapangan umumnya dibulatkan → dipakai 1 m

$$\begin{aligned} \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H1}{Sv1} \\ &= \frac{4,8}{1} \\ &= 5 \text{ lapis} \end{aligned}$$

Zona 3 menggunakan 5 lapis geotekstil

3. Panjang Minimum Geotekstil

Panjang geotekstil dianalisis berdasarkan asumsi bentuk bidang longsor dengan sudut kemiringan sebesar $(45 - \frac{\phi}{2})^\circ$. Berikut bidang longsor untuk menentukan Panjang geotekstil pada Gambar 4.11 di bawah ini.



sumber : Suryolelono, K.B., 1993

Gambar 4.11. Bidang Longsor untuk Menentukan Panjang Geotekstil

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

Perhitungan Panjang geotekstil sesuai hasil perhitungan jarak geotekstil di atas, sehingga digunakan Panjang terbesar geotekstil pada masing-masing zona. Berikut contoh perhitungan pada zona 1.

a. Geotekstil lapis ke-1

$$Z_1 = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{v1} &= \gamma b \times Z_1 \\ &= 16,60 \times 1 \\ &= 16,60 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_r &= \frac{H - Z_1}{\tan 45 + \frac{\phi}{2}} \\ &= \frac{13,14 - 1}{\tan 45 + \frac{20}{2}} \\ &= 8,501\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_c &= \frac{1}{\beta} \times \frac{T_{all}}{2(c + \sigma_{v1} \times \tan \phi)} \\ &= \frac{1}{0,67} \times \frac{52}{2(18 + 16,60 \times 0,364)}\end{aligned}$$

$$= 0,620 \text{ m}$$

$$L_{tot} = L_r + L_c$$

$$= 9,039 + 0,409$$

$$= 9,121 \text{ m}$$

Panjang total geotekstil lapis pertama yang dibutuhkan adalah 9,121 meter. Panjang ini terdiri dari:

- 8,501 m berada dalam zona aktif untuk menahan gaya tarik akibat tekanan tanah lateral
- 0,620 m berada dalam zona pasif sebagai panjang jangkar untuk mencegah kegagalan cabut

Semakin dalam posisi lapisan geotekstil, nilai σ_v akan meningkat sehingga tahanan cabut bertambah dan kebutuhan panjang jangkar dapat berkurang.

Hasil perhitungan Panjang geotekstil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Panjang Geotekstil

Zona	Lapis ke-i	Z (m)	S _{vi} (m)	S _v pakai	Σ _v	L _r (m)	L _c (m)	L _{tot} min	L _{tot} pakai
1	1	1	0,720	1,0	17,000	8,501	0,623	9,125	5
	2	2	0,720	1,0	34,000	7,801	0,783	8,584	
	3	3	0,720	1,0	51,000	7,101	0,942	8,043	
	4	4	0,720	1,0	68,000	6,401	1,102	7,502	
	5	5	0,720	1,0	85,000	5,700	1,261	6,961	
2	6	6	0,764	1,0	102,000	5,000	1,421	6,421	4
	7	7	0,764	1,0	119,000	4,300	1,580	5,880	
	8	8	0,764	1,0	136,000	3,599	1,740	5,339	
	9	9	0,764	1,0	153,000	2,899	1,899	4,798	
3	10	10	0,668	1,0	170,000	2,199	2,058	4,257	5
	11	11	0,668	1,0	187,000	1,499	2,218	3,717	
	12	12	0,668	1,0	204,000	0,798	2,377	3,176	
	13	13	0,668	1,0	221,000	0,098	2,537	2,635	
	14	14	0,668	1,0	238,000	-0,602	2,696	2,094	

Pada lapisan zona-1 dilebihkan panjang sebesar 2 meter untuk menyesuaikan terhadap *entry and exit* bidang gelincir pada tanah tersebut.

4. Panjang *overlapping* (lipatan) geotekstil.

Pada perkuatan geotekstil, sambungan antar lembar geotekstil di arah memanjang biasanya dilakukan dengan sistem overlap (lipatan). Panjang overlap harus cukup agar gaya tarik dapat ditransfer melalui interaksi geser tanah–geotekstil, sehingga sambungan tidak menjadi titik lemah struktur perkuatan. Panjang *overlapping* geotekstil dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} L_0 &= \frac{1}{\beta} \cdot \frac{Tall}{4(c+\sigma v \cdot \tan \varphi)} \geq 1 \text{ m} \\ &= \frac{1}{0,67} \cdot \frac{52}{4(18+83 \times 0,364)} \\ &= \frac{1}{0,67} \cdot \frac{52}{4(18+83 \times 0,364)} \\ &= 2,485 \text{ m} = 2,5 \text{ m} \end{aligned}$$

5. Menghitung Panjang geotekstil

a. Stabilitas terhadap guling

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\sum MP}{\sum Ma} > 1,5 \\ L^2 &= \frac{SF \left(\left(\frac{1}{2} x q x Ka x H^2 \right) + \left(\frac{1}{6} x Ka x H^3 x \gamma b \right) - (c x \sqrt{Ka} x H^2) \right)}{\left(\left(\frac{1}{2} x q \right) + \left(\frac{1}{2} x \gamma b \right) x H \right)} \\ &= \frac{1,5 \left(\left(\frac{1}{2} x 26,22 x 0,490 x 13,14^2 \right) + \left(\frac{1}{6} x 26,22 x 13,14^3 x 16,60 \right) - (18 x \sqrt{26,22} x 13,14^2) \right)}{\left(\left(\frac{1}{2} x 26,22 \right) + \left(\frac{1}{2} x 16,60 \right) x 13,14 \right)} \\ &= \frac{1,5 (1109,148) + (3075,665) - (2175,511)}{(13,11 + 109,062)} \\ &= \frac{3013,953}{122,172} \\ L^2 &= 24,670 \\ L &= 4,967 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang geotekstil berdasarkan perhitungan stabilitas terhadap guling yaitu 4,967 meter, dibulatkan menjadi 5 meter.

b. Stabilitas terhadap geser

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{((q \times \tan \delta \times L) + (H \times \gamma b \times \tan \delta \times L))}{((q \times Ka \times H) + (0,5 \times Ka \times \gamma b \times H^2) - (2 \times c \times \sqrt{Ka} \times H))} \\
 1,5 &= \frac{((26,22 \times \tan 56 \times L) + (13,14 \times 16,60 \times \tan 56 \times L))}{((26,22 \times 0,49 \times 13,14) + (0,5 \times 0,49 \times 16,60 \times 13,14^2) - (2 \times 18 \times \sqrt{0,49} \times 13,14))} \\
 1,5 &= \frac{((26,22 \times \tan 56 \times L) + (13,14 \times 16,60 \times \tan 56 \times L))}{((26,22 \times 0,49 \times 13,14) + (0,5 \times 0,49 \times 16,60 \times 13,14^2) - (2 \times 18 \times \sqrt{0,49} \times 13,14))} \\
 L &= \frac{674,873}{362,362} \\
 L &= 1,862 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Panjang geotekstil berdasarkan perhitungan stabilitas terhadap geser yaitu 1,862 meter, dibulatkan menjadi 2 meter.

c. Stabilitas kapasitas dukung tanah

$$\begin{aligned}
 N_c &= 17,69 \\
 N_q &= 7,44 \\
 N_\gamma &= 3,64 \\
 Q_{ult} &= c \times N_c + 0,5 \times L \times \gamma b \times N_\gamma \\
 &= (18 \times 17,69) + (0,5 \times L \times 16,60 \times 3,64) \\
 &= 318,420 + 30,212 L \\
 \sigma_{ult} &= q_{ult} \cdot SF \\
 &= (318,420 + 30,212 L) \times 1,25 \\
 &= 398,025 + 37,765 L \\
 L &= \leq \frac{\sigma_{ult}}{(H \times \gamma b) + q} \\
 &= \leq \frac{398,025 + 37,765 L}{(13,14 \times 16,60) + 26,22} \\
 &= 4,069 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Panjang geotekstil berdasarkan perhitungan stabilitas terhadap geser yaitu 4,069 meter, dibulatkan menjadi 5 meter.

d. Stabilitas terhadap eksentrisitas

$$\frac{1}{6} \times L \leq e$$

$$e = \frac{\sum MP}{\sum MA} = \frac{\text{Momen menahan}}{\text{Momen menggulingkan}} \leq 1,5$$

$$\begin{aligned} \sum MP &= (q \times Ka \times \frac{1}{2} \times H^2) + (\frac{1}{2} \times Ka \times \gamma b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H) - (2 \times c \times \sqrt{Ka} \times H^2) \\ &= (26,22 \times 0,49 \times \frac{1}{2} \times 13,14^2) + (\frac{1}{2} \times 0,49 \times 16,60 \times 13,14^2 \times \frac{1}{3} \times 13,14) - (2 \\ &\quad \times 26,22 \times \sqrt{0,49} \times 13,14^2) \\ &= 166,209 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{6} \times L &= \frac{166,209}{(q \times L) + (\gamma b \times H \times L)} \\ &= \frac{166,209}{(26,22 \times L) + (16,6 \times 13,14 \times L)} \end{aligned}$$

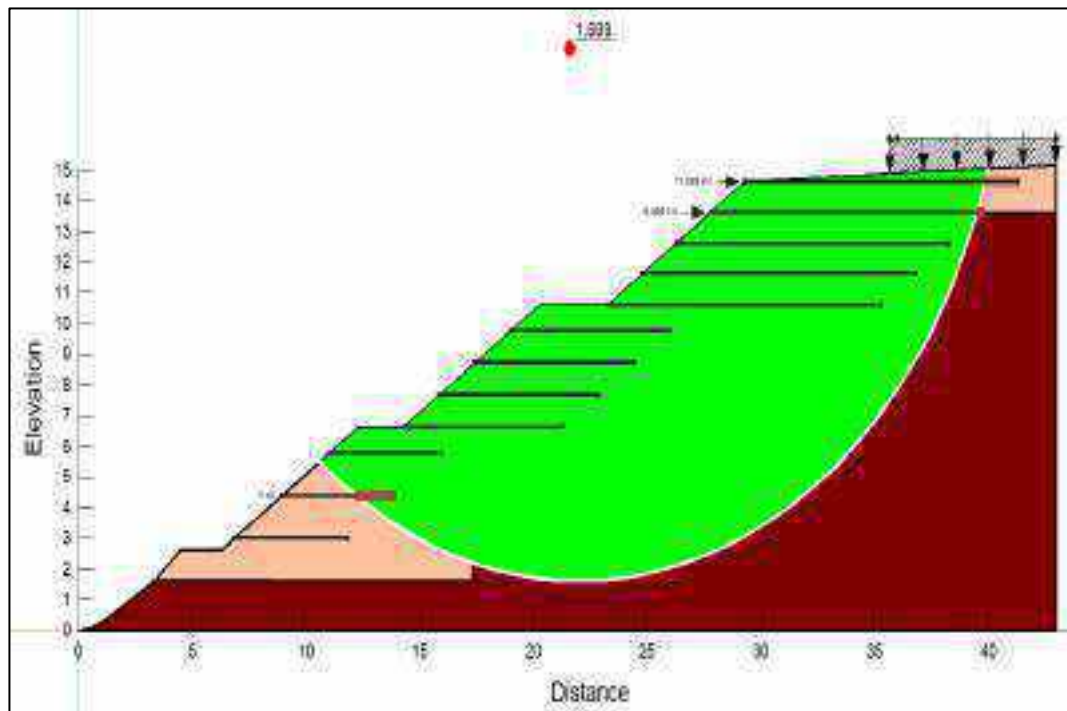
$$L^2 = 4,081$$

$$L = 2,020 \text{ m}$$

Panjang geotekstil berdasarkan perhitungan stabilitas terhadap eksentrisitas yaitu 2,020 meter, dibulatkan menjadi 3 meter.

4.8. Analisis Perkuatan dengan Geotekstil Menggunakan Program Geostudio

Setelah melakukan perhitungan terhadap geotekstil per zona, selanjutnya melakukan input dari hasil hitungan yang telah dilakukan ke dalam aplikasi Geostudio metode SLOPE/W. Analisis SLOPE/W diasumsikan apabila tanpa beban gempa menghasilkan $SF > 1,5$ maka dinyatakan aman. Hasil analisis dengan menggunakan program Geostudio dengan perkuatan geotekstil dapat dilihat pada Gambar 4.12 di bawah ini.



Sumber : Analisis Pribadi

Gambar 4.12. Nilai SF dengan Perkuatan Geotekstil

Pada gambar di atas menunjukkan hasil analisis program Geostudio dengan perkuatan geotekstil menghasilkan nilai SF 1,599, maka perencanaan penanganan longsor dinyatakan aman terhadap keruntuhan.

4.9. Pembahasan

4.9.1 Hubungan Sifat Fisik Tanah Asli Terhadap Stabilitas Tanah

Berdasarkan data investigasi tanah pada lokasi Ring Road Tarakan, kondisi tanah eksisting didominasi oleh lempung berpasir (*sandy clay*) hingga kedalaman ± 20 m, yang di bawahnya terdapat lapisan pasir padat (*sandstone*) pada kedalaman 21–26 m.

Sesuai dengan hasil rekapitulasi data sondir, nilai kohesi dan sudut geser yang relatif rendah ini menunjukkan bahwa tanah memiliki kekuatan geser terbatas, terutama pada kondisi jenuh air atau saat menerima beban tambahan dari perkerasan dan lalu lintas. Tanah lempung berpasir juga bersifat sensitif terhadap perubahan tegangan dan getaran, sehingga sangat rentan mengalami penurunan

stabilitas pada lereng. Hal inilah yang menyebabkan nilai SF tanpa perkuatan menghasilkan nilai SF dibawah batas aman $< 1,25$.

4.9.2 Hubungan Antara Perkuatan Geotekstil Terhadap Stabilitas Tanah

Perencanaan perkuatan menggunakan geotekstil komposit Kelas 1 dengan kuat tarik 100 kN/m dan elongasi maksimum 10% dapat memberikan gaya Tarik tambahan, menambahkan kekuatan geser, mengurangi deformasi tanah, dan meningkatkan stabilitas penanganan longsoran. Perkuatan Geotekstil menghasilkan nilai SF 1,599, maka nilai ini telah melampaui kriteria aman, yang membuktikan bahwa geotekstil efektif dalam meningkatkan stabilitas tanah pada penanganan longsoran ini.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

3.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis perencanaan stabilitas penangan longsor yang telah dilakukan didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai Angka Keamanan (*Safety Factor*) dengan Perhitungan Manual dan Program Geostudio

Berdasarkan perhitungan manual dengan menggunakan metode *Fellenius* didapat nilai SF 1,140. Dimana nilai tersebut $< 1,5$ dinyatakan tidak aman. Jika dilakukan analisis menggunakan program Geostudio, metode SLOPE/W dengan analisis *Fellenius / Ordinary* (pemilihan jika di dalam program Geostudio), didapat nilai SF 1,207. Dimana nilai tersebut $< 1,5$ dinyatakan tidak aman.

2. Nilai Angka Keamanan (*Safety Factor*) dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geostudio

Berdasarkan analisis menggunakan program Geostudio dengan metode yang sama dan ditambahkan perkuatan geotekstil berdasarkan perhitungan manual, didapat nilai SF 1,599 dimana nilai ini tanpa beban gempa dan dinyatakan aman.

3.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut dalam melengkapi tema penelitian ini. Adapun saran-saran yang dapat diberikan oleh penulis adalah sebagai berikut.

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan perbandingan metode perhitungan seperti *Morgenstern-Price* dan *Bishop*.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai hubungan antar perencanaan geotekstil terhadap nilai SF, serta hubungan maupun komparasi terhadap Panjang *Entry and Exit* pada Program Geostudio.

3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai komparasi analisis geotekstil dengan program yang lain seperti *Plaxis*, maupun dianalisis secara 3D dengan menggunakan *Leapfrog*.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriliyandi, E. (2017). Analisis Aplikasi Pemberian Air Irigasi Dengan Metode SRI (System Of Rice Intensification) Di Desa Banjar Sari Kecamatan Labuhan Haji Kabupaten Lombok Timur. *Skripsi. Nusa Tenggara Barat: Universitas Mataram*.
- Arifin, Samsul. Aplikasinya." (2023). "Jenis – Jenis Geotextile Beserta Fungsi dan CV Mutu Utama Geotektik. [https://www.mutuutamageoteknik.co.id/jenis-jenis-geotextile-beserta fungsi-dan-aplikasinya/](https://www.mutuutamageoteknik.co.id/jenis-jenis-geotextile-beserta-fungsi-dan-aplikasinya/)
- Bokko, J. (2019). Analisis Kelongsoran Jalan Poros Sangalla-Batualu Dengan Program Plaxis. *Journal Dynamic Saint*, 4(1), 764–772.
- Bowles, J. E. (1991). Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Edisi Kedua. Jakarta: PT. Penerbit Erlangga
- Chasanah, U. (2012). *Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil menggunakan Program Geoslope*.
- Christady, H. (1996). *Buku Mekanika Tanah*. UGM Press.
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2006). *Principles of geotechnical engineering*.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah Jilid II*. Jakarta: PT. Penerbit Erlangga
- Dita, Putri, Marinda, Viana. 2017. Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Lokasi Perumahan Wika Taman Sari Sepinggian Balikpapan : Skripsi Unuversitas Poli Teknik Negeri Balikpapan.
- Duncan, J. M., Wright, S. G., & Brandon, T. L. (2014). *Soil strength and slope stability*. John Wiley & Sons.
- Elviani, D., & Permanasari, I. N. P. (2019). Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Software Geostudio SLOPE/W 2012 Studi Kasus Daerah Wisata Kabupaten Pesawaran Lampung. *Journal of Science and Applicative Technology*.
- Fauziek, M., & Suhendra, A. (2018). Efek Dari Dynamic Compaction (Dc) Terhadap Peningkatan Kuat Geser Tanah. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 205–214.
- Goma, E. I., Sunimbar, S., & Angin, I. S. (2022). Analisis Geologi Kejadian Longsor Di Desa Wolotolo Kecamatan Detusoku Kabupaten Ende. *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)*, 9(2).
- Hardiyatmo, H.C.2003. *Mekanika Tanah II*. Gadjah Mada University Press.Yogyakarta.

- Hardiyatmo, Christady Hary. 2010. Analisis dan perancangan Pondasi 1. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama. Hardiyatmo, Christady Hary. 2010. Mekanika Tanah 2. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Haris, V. T., Lubis, F., & Winayati, W. (2018). Nilai Kohesi Dan Sudut Geser Tanah Pada Akses Gerbang Selatan Universitas Lancang Kuning. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 4(2), 123–130.
- Harwadi Fuad, Ir., Catatan Kuliah Teknik Fondasi 1, Fakultas Teknik Sipil, Universitas KALTARA, 2019 Hidayat, Robbi, Mohammad. (2017). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Pada Proyek Pembangunan Gedung Lotte Mart Samarinda : Skripsi Universitas Poli Teknik Negeri Samarinda.
- Kartini Deby (2018), Analisa Dinding Penahan Tanah Kantilever Pada Penanganan Longsor Ruas Jalan Nasional Batas Bulungan – Tanjung Selor Provinsi Kalimantan Utara.
- Nandi, 2007. Longsor. Bandung: Jurusan Pendidikan Geografi FPIPS UPI
- Naryanto, H. S., Soewandita, H., Ganesha, D., Prawiradisastra, F., & Kristijono, A. (2019). Analisis Penyebab Kejadian dan Evaluasi Bencana Tanah Longsor di Desa Banaran, Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur Tanggal 1 April 2017. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 272.
- Ramdan, M. (2020). *Rancang bangun sistem monitoring pergeseran tanah longsor berbasis Internet of Things*. Universitas Komputer Indonesia.
- Songko, Y. (2025). *Studi Perkuatan Tanah Menggunakan Abu Limbah Organik sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lunak*. Universitas Kristen Indonesia Toraja.
- SNI 8640:2017, “Tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik,” Badan Standardisasi Nasional, 2017, Jakarta: Indonesia
- Syaputri, W. D. T. A., Adha, I., & Setyanto, S. (2015). Brick’s Power Dimension Study Using Fly Ash Additive (Fly Ash) Based on SNI. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 3(2), 313–324.
- Tanjung, A., & Afrisa, Y. (2016). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Penyanggah Pada Tebing Sungai Lematang Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan (Doctoral dissertation, POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA).
- Tonda, L. (2024). *Analisis Kelongsoran Tebing Menggunakan Metode Felleneus Studi Kasus: Jalan Poros Rantepao-Pangala’(Ke’pe)*. Universitas Kristen Indonesia Toraja.
- Usmaningtia Arnia (2019), Analisis Kelongsoran Pengaruh Tinggi Muka Air Tanah Dan Kemiringan Lereng Menggunakan Software Geoslope/W V.12

(Studi Kasus Di Lereng Guntur Macan Lombok Barat) : Skripsi Universitas Mataram

Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. *Special Report*, 176(11), e33.

Wesley, L.D. Mekanika Tanah. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta, 1977.

Wesley, L. D. 1977. Mekanika Tanah. Jakarta Selatan: Penerbit Badan Pekerjaan Umum.

Winanda, R. A. (2017). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Concrete Cantilever Dengan Menggunakan Program Plaxis. *Universitas Lampung. Bandar Lampung*, 84.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Syamrullah Hasan, Lahir Di Pinrang 05 November 1994 Merupakan Putra Ke-1 Dari Bapak Hasan Dan Ibu Majira. Lulus Sekolah Dasar Negeri 183 Teppo, Kecamatan Patampanua Kabupaten Pinrang Pada Tahun 2006, Lulus Sekolah Menengah Pertama Pada Tahun 2009, Lulus Sekolah Menengah Kejuruan Negeri Harapan Timika, Kabupaten Mimika Pada Tahun 2012. Melanjutkan Pendidikan di Perguruan Tinggi Jurusan Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik Universitas Kaltara Tanjung Selor Pada Tahun 2021.

Pada tanggal 17 Bulan Oktober 2025 Melaksanakan Seminar Proposal. Pada tanggal 20 Januari 2026 melaksanakan Seminar Hasil dan Ujian Skripsi pada 26 Januari 2026 dengan judul Skripsi “Analisis Penanganan Longsoran Dengan Menggunakan Geotekstil Pada Lereng Jalan Ring Road di Kota Tarakan, Kalimantan Utara”.

Selain Menempuh Pendidikan Akademik, Penulis juga merupakan ASN P3K pada unit kerja Bidang Perumahan – Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan dan Kawasan Permukiman. Bertempat Tinggal Di Jalan Sengkawit, Kecamatan Tanjung Selor, Kabupaten Bulungan, Provinsi Kalimantan Utara.