

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN
PERKUATAN GEOTEKSTIL
(STUDI KASUS: BANTARAN SUNGAI CODE,
KECAMATAN JETIS, DAERAH ISTIMEWA
YOGYAKARTA)**

***ANALYSIS OF SLOPE STABILITY WITH GEOTEXTILE
REINFORCEMENT
(CASE STUDY: CODE RIVERBANK, DISTRICT JETIS,
SPECIAL REGION OF YOGYAKARTA)***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil**



**Radhitya Pradhana
13511051**

**PRODI STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2018**

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN
PERKUATAN GEOTEKSTIL
(STUDI KASUS: BANTARAN SUNGAI CODE,
KECAMATAN JETIS, DAERAH ISTIMEWA
YOGYAKARTA)**

**ANALYSIS OF SLOPE STABILITY WITH GEOTEXTILE
REINFORCEMENT
(CASE STUDY: CODE RIVERBANK, DISTRICT JETIS,
SPECIAL REGION OF YOGYAKARTA)**

Disusun oleh

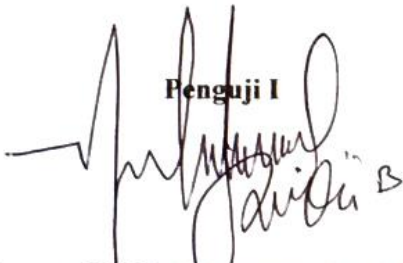
**Radhitya Pradhana
13511051**

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

Diuji pada tanggal 04 Mei 2018

Oleh Dewan Penguji

Penguji I



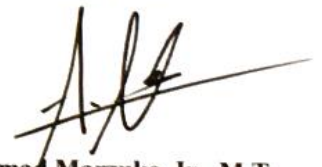
Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng.
NIK: 135111101

Penguji II



Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.
NIK: 045110407

Penguji III



Akhmad Marzuko, Ir., M.T.
NIK: 885110107

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 955110103

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, Januari 2018

Yang membuat pernyataan,



Radhitya Pradhana

13511051

“Dia memberikan hikmah (ilmu yang berguna) kepada siapa yang dikehendaki-Nya. Barang siapa yang mendapat hikmah itu sesungguhnya ia telah mendapat kebajikan yang banyak. Dan tiadalah yang menerima peringatan melainkan orang-orang yang berakal”.

(Q.S. Al-Baqarah: 269)

“Dan barang siapa yang bertaqwa kepada Allah, niscaya Allah menjadikan kemudahan dalam urusannya”.

(Q.S. At-Talaq: 4)

“Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan sekecil apapun, niscaya dia akan melihat(balasan)-Nya”.

(Q.S. Al-Zalzalah: 7)

*This research paper is dedicated to my beloved
parents, brother, sister, and friends.
Thank you for always supporting me.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah rabbil'alam, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya. Shalawat serta salam selalu dilimpahkan kepada junjungan Rasulullah SAW, keluarga, sahabat, serta pengikut beliau hingga *yaumul akhir*.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Strata Satu (S1) di Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, banyak hambatan yang dihadapi penulis. Tetapi berkat saran, dorongan serta semangat dari berbagai pihak, *alhamdulillah* Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan hal tersebut penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Muhammad Rifqi Abdurrozak S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan bimbingan selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Akhmad Marzuko, Ir., M.T., dan Ibu Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T. selaku dosen penguji.
3. Ibu Miftahul Fauziah S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu membimbing serta memberikan banyak masukan dan motivasi selama masa kuliah.
5. Seluruh dosen, pengajar, laboran, asisten, serta staff dan karyawan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan banyak ilmu serta memfasilitasi penulis selama masa kuliah.
6. Bapak dan Ibu penulis, Bapak Harjono dan Ibu Hesti Sri Indarti, yang selalu memberikan doa, dukungan, serta semangat tiada henti hingga selesainya

Tugas Akhir ini. Terima kasih atas semua kasih sayang, doa, dan kesabaran dalam mendidik dan membesarkan penulis hingga sekarang.

7. Adik penulis, Rachmad Wisnu Riyadi, Raechan Anung Setyastomo, dan Raisandhi Dian Amalia yang selalu memberikan dukungan selama ini.
8. Handi Muhammad, Febri Dwi Cahya, Wahyu Hadi Setiawan, Loga Mauludvi, Rizaldi Herdiyanto, Agung Budi Haryata, Nugroho Indra Wibowo, Taufiq Adin, Halim Indra K., dan teman-teman kontrakan “Rengasdengklok” yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Teman dekat penulis, Riandhika Yossy Kartika. Terima kasih untuk setiap hiburan dan dukungannya sehingga penulis bersemangat dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
10. Saudara-saudara Teknik Sipil 2013 “13rothers” yang telah menjadi rekan dan saudara selama menjalani masa kuliah.
11. Teman-teman KKN Unit KL-004, Huda, Dimas, Nabil, Ilham, Ponti, Kiki, dan Ummu. Terima kasih untuk doa dan dukungannya.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, April 2018

Penulis,

Radhitya Pradhana

13511051

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Lereng	5
2.3 Analisis Stabilitas Lereng	6
2.4 Geotekstil	8
2.5 Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil	9
2.6 Pengaruh Gempa Terhadap Stabilitas Lereng	11
2.7 Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Stabilitas Lereng	12
2.8 Program <i>Geoslope</i> Untuk Analisis Stabilitas Lereng	13

2.9	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan dilakukan	15
BAB III	LANDASAN TEORI	23
3.1	Klasifikasi Bencana Longsor	23
3.1.1	Klasifikasi Tanah Longsor	23
3.1.2	Ciri-Ciri Gerakan Tanah	27
3.1.3	Penyebab Kerusakan Lereng	28
3.2	Stabilitas Lereng	31
3.2.1	Pendahuluan	31
3.2.2	Teori Analisis Stabilitas Lereng	32
3.2.3	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Bidang Longsor Berbentuk Lingkaran	33
3.2.4	Analisis Stabilitas Lereng <i>Fellenius Sliced Method</i>	34
3.3	Geotekstil	37
3.3.1	Pendahuluan	37
3.3.2	Geotekstil Untuk Perkuatan Lereng	38
3.3.3	Perancangan Perkuatan Lereng	40
3.3.4	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil (<i>Fellenius Sliced Method</i>)	42
3.4	Pemetaan Pada Lereng	48
3.4.1	Tahapan Awal	48
3.4.2	Profil Memanjang dan Melintang	50
3.5	Program <i>Geoslope</i>	52
BAB IV	METODE PENELITIAN	55
4.1	Objek Penelitian	55
4.2	Lokasi Penelitian	55
4.3	Tahap Pengumpulan Data	55
4.3.1	Data Primer	55
4.3.2	Data Sekunder	56
4.4	Tahap Analisis Data	59
4.4.1	Analisis Stabilitas Lereng Sebelum Longsor	59

4.4.2	Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Eksisting	60
4.4.3	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan	60
4.5	Diagram Alir Penelitian	62
BAB V	DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN	64
5.1	Analisis Data dan Pengukuran Lereng	64
5.2	Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Program <i>Geoslope</i>	68
5.2.1	Analisis Stabilitas Lereng Sebelum Longsor	69
5.2.2	Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Eksisting	73
5.2.3	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil	77
5.3	Pembahasan	89
5.3.1	Perbandingan Hasil Analisis Stabilitas Lereng Sebelum Longsor, Lereng Kondisi Eksisting, dan Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil	89
5.3.2	Analisis Stabilitas Lereng Perkuatan Geotekstil Dengan Gabungan Variasi	90
5.3.3	Permasalahan Pada Penggunaan Geotekstil	91
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	93
6.1	Kesimpulan	93
6.2	Saran	94
	DAFTAR PUSTAKA	95
	LAMPIRAN	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang	16
Tabel 3.1	Hubungan Nilai Faktor Keamanan Lereng Dan Intensitas Longsor	37
Tabel 3.2	Sifat-Sifat <i>Polymer</i> Bahan Dasar Pembentuk Geotekstil	38
Tabel 3.3	Contoh Pembuatan Daftar Untuk Mencatat Pengukuran	51
Tabel 4.1	Klasifikasi Lapisan Tanah Dan Nilai SPT Lokasi 2 (BD 2)	57
Tabel 4.2	Hasil Korelasi Pasir Dengan Nilai SPT	57
Tabel 4.3	Data Material Tanah	58
Tabel 5.1	Data Pengukuran Dari Hasil Survey Pemetaan Lereng	65
Tabel 5.2	Perhitungan Keseluruhan P_{req}	80
Tabel 5.3	Rekapitulasi Hasil Analisis Stabilitas Lereng	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Tebing Longsor Di Desa Gondolayu, Kali Code, D.I Yogyakarta	2
Gambar 2.1	Sketsa Gaya Yang Bekerja Pada (τ dan s) Pada Satu Sayatan	7
Gambar 2.2	Perlawanan Perkuatan Tanah Terhadap Gaya-Gaya Yang Meruntuhkan	9
Gambar 2.3	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Pengaruh Gempa	11
Gambar 3.1	Gerakan Jenis Tanah Runtuhan	24
Gambar 3.2	Gerakan Jenis Tanah Longsoran	24
Gambar 3.3	Gerakan Jenis Tanah Rotasi	25
Gambar 3.4	Gerakan Jenis Tanah Longsoran Rotasi	26
Gambar 3.5	Gerakan Jenis Tanah Penyebaran Lateral	26
Gambar 3.6	Gerakan Jenis Tanah Longsoran Jenis Aliran	27
Gambar 3.7	Bentuk-Bentuk Bidang Longsor Pada Lereng	34
Gambar 3.8	Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Irisan	35
Gambar 3.9	Tipe-Tipe Peletakan Geotekstil Untuk Memperkuat Lereng Timbunan	39
Gambar 3.10	Aplikasi Lereng Tanah Bertulang	40
Gambar 3.11	Keruntuhan Intern, Ekstern, Dan Komposit	41
Gambar 3.12	Analisa Stabilitas Lereng Tanah Bertulang	42
Gambar 3.13	Analisa Stabilitas Lereng Dengan Tulangan Geotekstil Pada Kondisi <i>Undrained</i>	44
Gambar 3.14	Grafik Penentuan Nilai K	45
Gambar 3.15	Grafik Penentuan Nilai L/H'	47
Gambar 3.16	<i>Theodolite</i>	48
Gambar 3.17	Pembacaan Benang Pada Rambu	49
Gambar 3.18	Garis-Garis Tinggi Yang Membentuk Sebuah Kontur	52

Gambar 4.1	Peta Lokasi	55
Gambar 4.2	Peta Zonasi Gempa Indonesia	59
Gambar 4.3	Diagram Alir Penelitian	62
Gambar 5.1	Kontur Lereng Kali Code	67
Gambar 5.2	Tampak Melintang (<i>Cross Section</i>) Lereng	68
Gambar 5.3	Geometri Lereng Sebelum Longsor	69
Gambar 5.4	Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Sebelum Longsor Variasi Beban Vertikal 1	70
Gambar 5.5	Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Sebelum Longsor Variasi Beban Vertikal 2	70
Gambar 5.6	Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Sebelum Longsor Variasi Muka Air 1	71
Gambar 5.7	Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Sebelum Longsor Variasi Muka Air 2	71
Gambar 5.8	Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Sebelum Longsor Akibat Gempa	72
Gambar 5.9	Geometri Lereng Kondisi Eksisting	73
Gambar 5.10	Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Kondisi Eksisting Variasi Beban Vertikal 1	74
Gambar 5.11	Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Kondisi Eksisting Variasi Beban Vertikal 2	74
Gambar 5.12	Hasil Analisa Kelongsoran Pada Lereng Kondisi Eksisting Variasi Muka Air 1	75
Gambar 5.13	Hasil Analisa Kelongsoran Pada Lereng Kondisi Eksisting Variasi Muka Air 2	76
Gambar 5.14	Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Kondisi Eksisting Akibat Gempa	77
Gambar 5.15	Geometri Lereng Yang Akan Diperkuat	78
Gambar 5.16	Analisis Stabilitas Lereng Yang Akan Diperkuat	79
Gambar 5.17	Grafik Hasil Penentuan Nilai K_{req}	79
Gambar 5.18	Grafik Hasil Penentuan Nilai L/H'	82

Gambar 5.19	Geometri Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil	83
Gambar 5.20	Hasil Analisis Kelongsoran Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Beban Vertikal 1	84
Gambar 5.21	Hasil Analisis Kelongsoran Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Beban Vertikal 2	85
Gambar 5.22	Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Muka Air 1	86
Gambar 5.23	Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Muka Air 2	86
Gambar 5.24	Hasil Analisis Kelongsoran Dengan Perkuatan Geotekstil Pada Lereng Akibat Gempa	87
Gambar 5.25	Grafik Perbandingan Faktor Keamanan Lereng	89
Gambar 5.26	Hasil Analisis Stabilitas Lereng Perkuatan Geotekstil Dengan Gabungan Variasi	90
Gambar 5.27	Hasil Analisis Lereng Secara Keseluruhan	91
Gambar 5.28	Hasil Analisis Lereng Secara Keseluruhan Setelah Perencanaan Ulang	92

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Penyelidikan Tanah Lokasi 2 (BD 2) Kali Code

Lampiran 2 Data Geotekstil

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

DAS	= Daerah Aliran Sungai
LEM	= <i>Limit Equilibrium Method</i>
FEM	= <i>Finite Element Method</i>
SF	= <i>Safety Factor</i> (Faktor Aman)
S _v	= Jarak vertikal antar geotekstil (m)
MAT	= Muka Air Tanah
W	= Berat (t)
k _h	= Koefisien Rata-Rata Percepatan Horizontal
GLE	= <i>General Limit Equilibrium</i>
τ	= Tahanan Geser Maksimum
τ_d	= Tahanan Geser Yang Ditimbulkan Akibat Gaya Berat Tanah Yang Akan Longsor
c	= Kohesi (kN/m ²)
σ	= Tegangan Normal
ϕ	= Sudut Gesek Dalam Tanah (°)
c _d	= Kohesi Yang Terjadi
X _r	= Gaya Geser
E _r	= Gaya Normal Efektif
T _i	= Resultan Gaya Normal Efektif
N _i	= Resultan Gaya Normal Efektif Yang Bekerja Disepanjang Dasar Irisan
ΣM_d	= Jumlah Momen Dari Berat Massa Tanah Yang Longsor
ΣM_r	= Jumlah Momen Dari Tahanan Geser Sepanjang Bidang Longsor
R	= Jari-Jari Lingkaran Bidang Longsor (m)
W _i	= Berat Massa Tanah Irisan Ke-i (kN)
Θ_i	= Sudut Yang Didefinisikan (°)
α_i	= Panjang Lengkung Lingkaran Pada Irisan Ke-i (m)

u_i	= Tekanan Air Pori Pada Irisan Ke-i (kN/m^2)
SF_U	= Faktor Aman Lereng Tak Bertulang
SF_R	= Faktor Aman Lereng Bertulang
M_r	= Momen Menahan
M_d	= Momen Menggerakkan
T_s	= Jumlah Gaya Tarik Per Meter Lebar Tulangan Yang Tersedia Untuk Seluruh Lapisan Tulangan
y	= Lengan Momen Gaya Tarik Tulangan Terhadap Pusat Lingkaran Longsor O
X	= Lengan Momen Ke Pusat Berat Massa Tanah Yang Longsor (m)
c_u	= Kohesi <i>Undrained</i> (kN/m^2)
$\phi'f$	= Nilai Sudut Gesek Dalam Tanah Urug Terfaktor ($^\circ$)
σ_h	= Tekanan Horizontal (t/m^2)
K	= Nilai Koefisien Tekanan Tanah Lateral
L	= Panjang (m)
P_{req}	= Kuat Tarik Tulangan Yang Terjadi (t/m^2)
P_u	= Kuat Tarik Tulangan Geotekstil (t/m)
ΣV	= Gaya Vertikal
L_o	= Panjang Geotekstil <i>Overlapping</i> (m)
L_B	= Panjang Penjangkaran Dibawah Lereng (m)
L_T	= Panjang Penjangkaran Diatas Lereng (m)
H	= Tinggi Lereng (m)
H_i	= Tinggi Zona Ke-i (m)
q	= Beban Merata (t/m^2)
γ	= Berat Volume Tanah (t/m^3)
Z_i	= Tinggi Zona Ke-i (m)
D	= Jarak Antar Alat Ke Rambu Ukur (m)
ΔH	= Beda Tinggi (m)
A	= Konstanta Alat
B_a	= Pembacaan Benang Atas Rambu Ukur
B_b	= Pembacaan Benang Bawah Rambu Ukur

B _t	= Pembacaan Benang Tengah Rambu Ukur
S _v	= Sudut Vertikal (°)
H	= Heling (90° - S _v)
T _a	= Tinggi Alat (m)
BM	= <i>Bench Mark</i>
SPT	= <i>Standart Penetration Test</i>
DCPT	= <i>Dynamic Cone Penetrometer Test</i>

ABSTRAK

Lereng yang berada dibantaran sungai cenderung mengalami gerusan akibat aliran air sungai yang menyebabkan terjadinya longsor. Diperlukannya perkuatan lereng agar dapat meminimalisir terjadinya longsor pada lereng bantaran sungai, salah satunya dengan perkuatan geotekstil. Geotekstil sering digunakan dalam perkuatan lereng maupun yang lainnya seperti jalan raya. Keunggulan dari geotekstil ini mudah dalam pelaksanaannya, dan dapat meningkatkan stabilitas lereng secara efektif. Sebelum dilakukannya perkuatan geotekstil, perlu adanya analisis stabilitas lereng untuk mengetahui faktor aman dari lereng tersebut.

Analisis stabilitas lereng dapat dilakukan secara manual maupun menggunakan program komputer seperti *Geoslope*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor keamanan (SF) lereng sebelum longsor, lereng kondisi eksisting, dan lereng dengan perkuatan geotekstil menggunakan program *Geoslope*. Masing-masing tinjauan menggunakan dua variasi beban vertikal (10 kN/m³ dan 20 kN/m³), dua variasi muka air tanah (-19 m dan -16 m), dan gempa.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh faktor keamanan (SF) lereng sebelum longsor variasi beban vertikal 1 (10 kN/m³) sebesar 1,055, variasi beban vertikal 2 (20 kN/m³) sebesar 1,040, variasi muka air tanah 1 (-19 m) sebesar 1,039, variasi muka air tanah 2 (-16 m) sebesar 0,981, dan gempa sebesar 0,861. Lereng kondisi eksisting diperoleh faktor keamanan (SF) variasi beban vertikal 1 (10 kN/m³) sebesar 1,070, variasi beban vertikal 2 (20 kN/m³) sebesar 1,044, variasi muka air tanah 1 (-19 m) sebesar 1,053, variasi muka air tanah 2 (-16 m) sebesar 0,952, dan gempa sebesar 0,832. Sedangkan untuk lereng dengan perkuatan geotekstil diperoleh faktor keamanan (SF) variasi beban vertikal 1 (10 kN/m³) sebesar 1,662, variasi beban vertikal 2 (20 kN/m³) sebesar 1,653, variasi muka air tanah 1 (-19 m) sebesar 1,623, variasi muka air tanah 2 (-16 m) sebesar 1,567, dan gempa sebesar 1,252. Dari perencanaan lereng dengan perkuatan geotekstil, faktor aman (SF) $\geq 1,25$ yang berarti lereng stabil dan longsor jarang terjadi.

Kata kunci: stabilitas lereng, geotekstil, *Geoslope*.

ABSTRACT

Slopes that take place in river banks are tend to experience scouring due to the flow of river water that causes the occurrence of landslides. Slope reinforcement is required in order to minimize the occurrence of landslides on the slopes of the river, which can be done by geotextiles reinforcement. Geotextiles are often used in slope reinforcement as well as others such as highways. The advantages of this geotextile are that they are easy to implement, and it increases the stability of the slope effectively. Prior to the reinforcement of geotextiles, it is necessary to have a slope stability analysis to determine the safety factor of the slope.

Slope stability analysis can be done manually or using a computer program such as *Geoslope*. This study aims to determine the safety factor (SF) of the slope before landslide, slope of existing condition, and slope with geotextile reinforcement using *Geoslope* program. Each review use two variations of vertical load (10 kN/m³ and 20 kN/m³), two groundwater variations (-19 m and -16 m), and earthquakes.

Based on the result of the research, it is found that the safety factor (SF) of the slope before the landslide variation of vertical load 1 (10 kN/m³) is 1,055, the variation of vertical load 2 (20 kN/m³) is 1,040, groundwater variation 1 (-19 m) is 1,039, groundwater variation 2 (-16 m) is 0,981, and an earthquake of 0,861. The slope of existing condition was obtained by security factor (SF) variation of vertical load 1 (10 kN/m³) as much as 1,070, variation of vertical load 2 (20 kN/m³) as much as 1,044, groundwater variation 1 (-19 m) as much as 1,053, ground water 2 (-16 m) as much as 0.952, and an earthquake of 0,832. As for slopes with geotextile reinforcement obtained a safety factor (SF) 1 vertical load variation (10 kN/m³) of 1,662, variation of vertical load 2 (20 kN/m³) of 1.653, groundwater variation 1 (-19 m) of 1,623/ groundwater 2 (-16 m) variation of 1,567, and an earthquake of 1,252. From slope planning to geotextile reinforcement, it is found that the value of the safe factor (SF) is $\geq 1,25$ which means stable slopes and small amount of landslides occur.

Keyword: slope stability, geotextile, *Geoslope*

BAB I

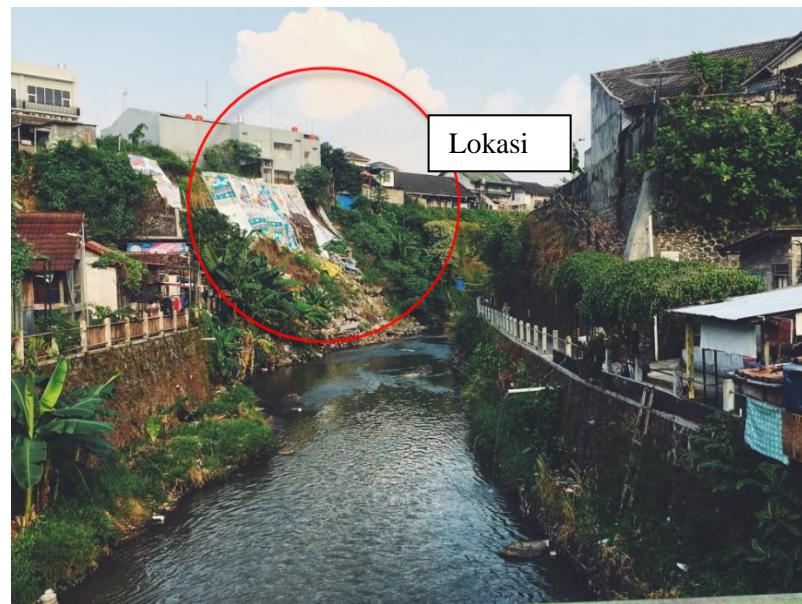
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenomena kerusakan-kerusakan tebing di Indonesia pada umumnya terjadi di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS). Kerusakan-kerusakan ini biasanya disebabkan oleh derasnya aliran arus sungai yang sedikit demi sedikit mengikis tebing di kiri dan kanan sungai sehingga dapat menyebabkan terjadinya erosi pada awalnya dan apabila dibiarkan akan menyebabkan terjadinya keruntuhan tebing sungai tersebut. Hal ini diperparah dengan perilaku masyarakat di Indonesia yang masih sering membangun bangunan rumah atau prasarana pemukiman di kiri dan kanan tebing daerah aliran sungai, sehingga apabila banjir terjadi akan menyebabkan rumah-rumah mereka rawan mengalami kerusakan dan keruntuhan akibat tebing-tebing sungai yang mulai tererosi dan kehilangan kekuatan dan kestabilannya.

Pemakaian perkuatan tanah kiranya sangat cocok untuk digunakan pada lereng dan timbunan untuk pemakaian pada jalan raya, umumnya dengan perkuatan tanah akan mempermudah area yang lebih sedikit mengganggu lalu lintas dibanding metode konvensional yang lainnya.

Di Kali Code, tepatnya di Kampung Gondolayu, Kecamatan Jetis, Kabupaten Yogyakarta, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta terdapat tebing yang longsor. Banyaknya rumah dan pertokoan yang berdiri diatas tebing bantaran Kali Code menjadikan daerah ini sangat rawan terhadap longsor. Kerusakan tebing yang terjadi di Kali Code disebabkan karena sifat tanah dari pada tebing itu sendiri termasuk jenis tanah yang tidak stabil, mudah tererosi, dan longsor. Lokasi longsor dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Tebing Longsor di Desa Gondolayu, Kali Code, D.I Yogyakarta

Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dilakukan suatu usaha perkuatan tebing baik dengan cara konvensional maupun dengan geotekstil. Beberapa metode perkuatan yang dapat dilakukan dengan material geotekstil adalah dengan menggelar lembaran *geocell*, dengan *strip reinforcement* dan dengan *sheet reinforcement geotextile*.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka perlu dilakukan suatu kajian analisis sistem perkuatan struktur tebing Kali Code dengan menggunakan sistem perkuatan geotekstil. Penelitian ini dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak *Geoslope*, untuk mempermudah dalam menganalisis pola keruntuhan pada lereng. Dari analisis stabilitas lereng dengan menggunakan perangkat lunak *Geoslope* ini, dapat mengetahui pada bagian manakah yang berpotensi terjadinya kelongsoran dan dapat mencegah terjadinya longsor pada lereng, dengan merencanakan perkuatan tanah pada lereng.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan ditinjau dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berapa nilai faktor keamanan (SF) lereng sebelum longsor dengan variasi beban merata, variasi muka air tanah berdasarkan analisis menggunakan program *Geoslope*?
2. Berapa nilai faktor keamanan (SF) lereng kondisi eksisting dengan variasi beban merata, variasi muka air tanah berdasarkan analisis menggunakan program *Geoslope*?
3. Berapa nilai faktor keamanan (SF) lereng dengan perkuatan geotekstil dengan variasi beban merata, variasi muka air tanah berdasarkan analisis menggunakan program *Geoslope*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai faktor keamanan (SF) lereng sebelum longsor dengan variasi beban merata, variasi muka air tanah berdasarkan analisis menggunakan program *Geoslope*.
2. Mengetahui nilai faktor keamanan (SF) lereng kondisi eksisting dengan variasi beban merata, variasi muka air tanah berdasarkan analisis menggunakan program *Geoslope*.
3. Mengetahui nilai faktor keamanan (SF) lereng dengan perkuatan geotekstil dengan variasi beban merata, variasi muka air tanah berdasarkan analisis menggunakan program *Geoslope*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan di Bantaran Sungai Code, Kampung Gondolayu, Kecamatan Jetis, Kota Yogyakarta, D.I. Yogyakarta.
2. Penelitian ini hanya sebatas menganalisis masalah stabilitas lereng dan bidang longsornya.

3. Penelitian yang dilakukan tidak mencakup detail Gambar, proses dan metode pelaksanaan konstruksi.
4. Penelitian ini dianalisis menggunakan program *Geoslope*.
5. Penelitian ini dianalisis menggunakan data koefisien gempa Daerah Istimewa Yogyakarta yang terdapat pada peta zonasi gempa.
6. Pada geometri lereng dengan perkuatan geotekstil digunakan sudut lereng sebesar 60° .
7. Jenis geotekstil yang digunakan pada penelitian ini menggunakan geotekstil tipe GTW250.
8. Variasi beban vertikal yang digunakan pada penelitian ini 10 kN/m^3 , dan 20 kN/m^3 .
9. Variasi muka air tanah yang digunakan pada penelitian ini kedalaman -16 m, dan -19 m.
10. Jarak vertikal antar geotekstil pada penelitian ini diasumsikan 0,6 m untuk zona 1, dan 0,5 m untuk zona 2.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Hasil penelitian dapat digunakan untuk meminimalisir terjadinya bencana longsor pada lereng.
2. Hasil penelitian secara ilmiah dapat dijadikan dasar acuan pada penelitian-penelitian selanjutnya, baik penelitian di daerah bantaran Sungai Code itu sendiri atau sungai-sungai yang ada di Kota Yogyakarta terkait stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak kebawah atau keluar lereng. Proses terjadinya longsor diawali oleh air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai ke tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin, dan tanah pelapukan diatasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya longsor yaitu, Gaya pendorong pada lereng lebih besar dari gaya penahan.

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

2.2 Lereng

Chasanah (2012) menyatakan, lereng adalah suatu permukaan yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya-gaya yang mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak kearah bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor.

Longsoran lereng adalah pergerakan massa tanah batuan dalam arah tegak, mendatar, atau miring dari kedudukan semula sebagai akibat ketidakmampuan

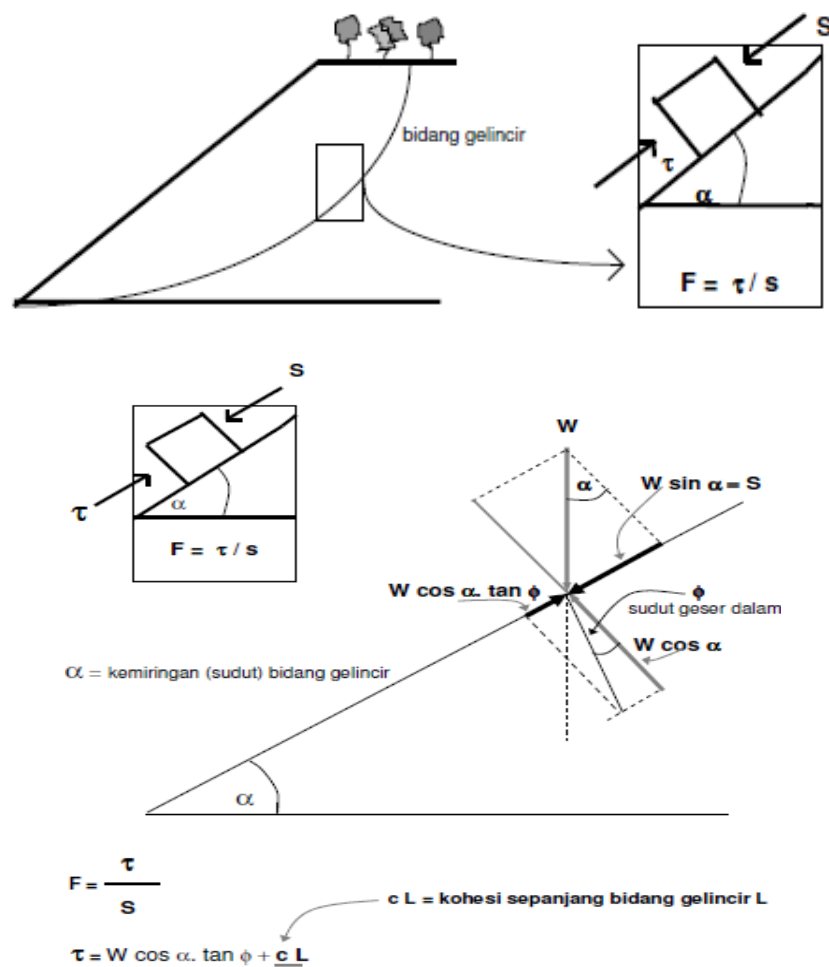
lereng menahan gaya geser yang bekerja pada batas antara massa yang bergerak dan massa yang stabil.

2.3 Analisis Stabilitas Lereng

Lereng dapat dianalisis melalui perhitungan faktor keamanan lereng dengan melibatkan data sifat fisik tanah, mekanika tanah, dan bentuk geometri lereng. Secara khusus, analisis dapat dipertajam dengan melibatkan aspek fisik lain secara regional yaitu dengan memperhatikan kondisi lingkungan tersebut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi gerakan tanah dan merupakan karakter perbukitan rawan longsor (Anwar dan Kesumardhana, 1991 didalam Zakaria, 2009). Menurut Surjandari, dkk (2012), lereng adalah permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap bidang horizontal. Apabila dijumpai dua permukaan tanah yang berbeda ketinggiannya, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak kearah bawah yang menyebabkan terjadinya longsor. Tujuan utama stabilitas lereng adalah untuk memberikan kompetensi terhadap suatu perencanaan konstruksi yang aman dan ekonomis. Analisis stabilitas lereng tidak mudah karena terdapat banyak faktor yang mempengaruhi hasil hitungan, antara lain: kondisi tanah yang berlapis-lapis, kuat gesertanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah, dan lain-lain. Analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastis. Tujuan analisis stabilitas lereng adalah mendapatkan faktor aman dari bidang longsor potensial. Faktor aman (SF) didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan.

Azizah, dkk (2014) menyatakan kelongsoran tanah merupakan akibat meningkatnya tegangan geser dari suatu massa tanah atau menurunnya kekuatan geser suatu massa tanah. Kekuatan geser dari suatu massa tanah tidak mampu memikul beban kerja yang terjadi. Gangguan terhadap stabilitas lereng dapat disebabkan oleh berbagai kegiatan manusia maupun kondisi alam. Lereng yang tidak stabil sangat berbahaya bagi lingkungan sekitarnya, oleh sebab itu analisis stabilitas lereng sangat diperlukan.

Zakaria (2009) menyatakan Salah satu metode yang digunakan untuk analisis stabilitas terhadap kelongsoran lereng yaitu *Fellenius Slices Method*. Rumus perhitungan faktor keamanan lereng yang diperkenalkan untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng. Rumus dasar faktor keamanan lereng yang diperkenalkan oleh *Fellenius*. Pada Gambar 2.1 memperlihatkan sketsa gaya yang bekerja pada lereng.



Gambar 2.1. Sketsa Gaya Yang Bekerja (τ dan s) Pada Satu Sayatan

(Sumber: Zakaria, 2009)

Simatupang dan Iskandar (2013) menyatakan dari sekian banyak metode analisa lereng, yang paling banyak digunakan ialah metode keseimbangan yang umum disebut metode *limit equilibrium* yaitu metode *fellenius*, metode *bishop simplified*, metode *janbu simplified*, metode *spencer* dan metode *morgenstem &*

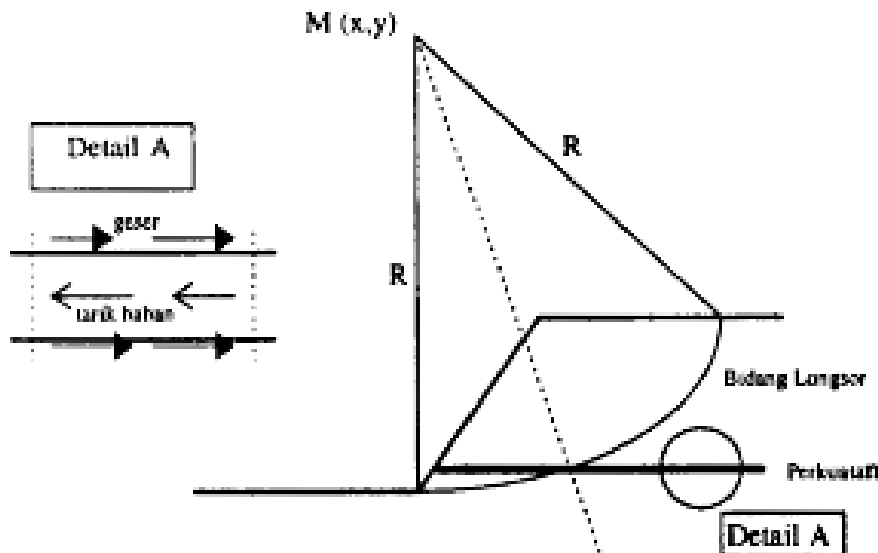
price. Untuk melakukan perhitungan dalam penyelesaian digunakan perangkat lunak *limit equilibrium* (LEM). Untuk analisa keseimbangan batas dan perangkat lunak *finite element* untuk perhitungan analisa elemen hingga (FEM). Perbedaan antara dua pendekatan analisis adalah bahwa metode LEM didasar pada keseimbangan statis, sedangkan FEM metode memanfaatkan hubungan tegangan-regangan.

2.4 Geotekstil

Chasanah (2012) mengutip dari Hardiyatmo (2007), Geotekstil merupakan material yang dibuat dari bahan terbuat dari bahan tekstil *polymeric* bersifat lolos air, yang dapat berbentuk bahan nir-anyam (*non woven*), rajutan atau anyaman (*woven*) yang digunakan dalam kotak dengan tanah atau material lain dalam aplikasi teknik sipil. Fungsi perkuatan pada geotekstil dapat diterjemahkan sebagai fungsi tulangan, seperti istilah pada beton bertulang. Dalam pengertian yang identik tanah hanya mempunyai kekuatan untuk menahan tekan, tapi tidak dapat menahan tarik. Kelemahan terhadap tarik ini dapat dipengaruhi oleh geotekstil. Material ini dapat diletakkan di bawah timbunan yang dibangun diatas tanah lunak, dapat digunakan untuk membangun penahan tanah, dapat pula digunakan untuk perkuatan bahan perkerasan jalan

Djawardi (2006) didalam Chasanah (2012) menyebutkan pemilihan geotekstil dipengaruhi dua faktor, yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor internal geotekstil terdiri dari kuat tarik geotekstil, sifat perpanjangan (*creep*), struktur geotekstil, dan daya tahan terhadap faktor lingkungan, sedangkan faktor eksternal adalah jenis bahan timbunan yang berinteraksi dengan geotekstil. Waktu pembebanan juga mengurangi kekuatan geotekstil karena akan terjadi degradasi pada geotekstil oleh faktor *fatigue* dan *aging*. Untuk menutupi kekurangan tersebut, tidak seluruh kuat tarik geotekstil yang tersedia dapat dimanfaatkan dalam perencanaan konstruksi perkuatan. Pada konstruksi lereng dengann system perkuatan lereng, gaya yang meruntuhkan akan dilawan oleh kemampuan geser dan tarik dari bahan perkuatan tersebut. Pada Gambar 2.3., tampak pengaruh geotekstil dalam memberikan kontribusi perlawanan terhadap

gaya yang melongsorkan cukup berperan, apabila bahan tersebut terpotong oleh bidang longsor.



Gambar 2.2. Perlawanan Perkuatan Tanah Terhadap Gaya-Gaya Yang Meruntuhkan

(Sumber: Chasanah, 2012)

2.5 Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil

Surjandari, dkk (2012) melakukan penelitian Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil yang berisi tentang mencari nilai faktor aman (SF) pada lereng sebelum dan sesudah diberi perkuatan geotekstil dengan beberapa variasi, menggunakan program komputer dan manual. pemodelan lereng yaitu dua variasi kemiringan lereng (1:2 dan 1:3), dua variasi kuat tarik geotekstil (54 kN/m dan 64 kN/m), dan dua variasi panjang geotekstil (3h dan 4h). Seluruh variasi dibebani oleh 2 beban titik seberat 10 ton.

Azizah, dkk (2014) melakukan penelitian Penggunaan Geotekstil Pada Lereng Sungai Gajah Putih Surakarta yang berisi tentang mencari nilai faktor aman (SF) sebelum dan sesudah penggunaan geotekstil pada lereng sungai Gajah Putih Surakarta. Pengaruh panjang geotekstil dan jarak vertikal antar geotekstil (S_v) terhadap angka keamanan lereng dihitung secara manual menggunakan metode bishop. Faktor keamanan (SF) lereng sungai Gajah Putih Surakarta

dihitung dalam kondisi tanpa geotekstil dan setelah perbaikan lereng dengan geotekstil. Penelitian ini juga memperhitungkan pengaruh fluktuasi muka air tanah (MAT), penambahan akibat beban mati dan beban mati + beban hidup.

Prasetyo (2017) melakukan penelitian Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Elemen Hingga yang berisi tentang pemodelan stabilitas lereng dengan beberapa variasi pada panjang geotekstil dan tebal tanah timbunan pengisi. Metode penelitian menggunakan metode elemen hingga dengan menggunakan Plaxis 8.2. permodelan elemen hingga yang dipilih dalam penelitian ini berupa *plane strain*. Permodelan material tanah yang dipilih adalah *Mohr-Coulumb*. Model *Mohr-Coulumb* dipilih karena model ini merupakan suatu pendekatan ordo pertama dari perilaku tanah dan batuan. Perhitungan elemen hingga dalam penelitian ini menggunakan perhitungan (*calculation type*) menggunakan *plastic* dan *phi/c reduction*. Jenis *plastic* adalah jenis proses analisis yang digunakan pada model karena dianggap apabila beban yang diberikan sudah tidak bekerja lagi, model dianggap pada kondisi plastis, sedangkan jenis *phi/c reduction* digunakan untuk analisis faktor keamanan.

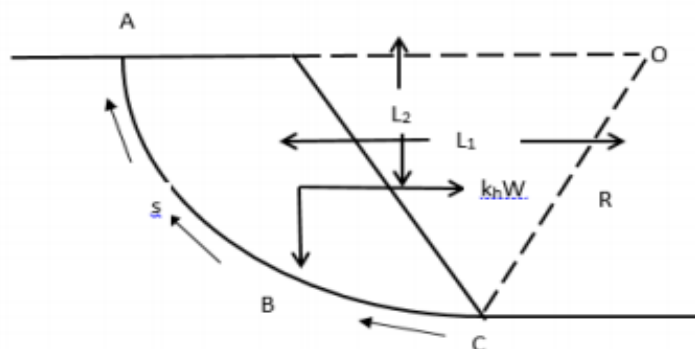
Suryolelono (1993) didalam Chasanah (2012) menyatakan, Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan terdiri dari analisis stabilitas internal, stabilitas eksternal, dan stabilitas terhadap kelongsoran lereng. Stabilitas internal terdiri dari stabilitas terhadap putus dan cabut tulangan, yang berupa stabilitas terhadap gaya-gaya internal yang diperhitungkan terhadap panjangdan jarak spasi antar perkuatan. Stabilitas terhadap gaya-gaya eksternal terdiri dari kemampuan perkuatan lereng dalam menahan gaya geser, guling, dan keruntuhan dasar pondasi akibat kuat dukung tanah. Anggapan yang digunakan adalah perkuatan lereng tanah merupakan satu kesatuan seperti pada konstruksi dinding penahan tanah. Sedangkan tinjauan stabilitas terhadap kelongsoran lereng dapat digunakan berbagai metode, salah satunya adalah metode keseimbangan batas. Dalam tinjauan ini digunakan teori stabilitas tanpa perkuatan yang telah dibahas sebelumnya. Apabila kuat tarik bahan geotekstil untuk perkuatan satu lapis sebesar T (kN/m), maka besarnya angka keamanan lereng dengan perkuatan

geotekstil ditentukan dengan menambahkan faktor aman lereng tanpa perkuatan dengan pengaruh tahanan momen oleh geotekstil.

Pamungkas, dkk (2015) melakukan penelitian Analisis Stabilitas Lereng Memakai Perkuatan Geotekstil Dengan Bantuan Perangkat Lunak yang berisi tentang peristiwa longsor yang terjadi di kabupaten Trenggalek. Lereng memiliki ketinggian antara 8 m sampai 8,5 m dengan panjang dinding penahan 375 m dan mengalami kelongsoran pada bagian struktur sepanjang 90 m. Dianalisa menggunakan perangkat lunak SLOPE/W pada lereng tersebut didapatkan angka keamanan hanya 0,660 sehingga terjadi longsor. Dilakukan desain ulang lereng tersebut dengan menggunakan perkuatan geotekstil dengan jumlah 5 lapis, kapasitas tarik 400 kN/m, kohesi 0 kN/m dan sudut geser terhadap tanah 38°, jarak vertikal 1 m. Dengan analisa menggunakan SLOPE/W didapatkan angka keamanan 1,893.

2.6 Pengaruh Gempa terhadap Stabilitas Lereng

Menurut Rekzyanti, dkk (2016), perpindahan tanah selama gempa bumi menyebabkan momen inersia yang besar pada lereng. Pada saat lereng mengalami pengaruh gempa dapat diasumsikan bahwa tanah tersebut akan mengalami sedikit penurunan pada kekuatan lereng karena beban siklis. Sampai pertengahan tahun 1960, sebagian besar dari lereng dianalisis menggunakan metode pseudostatik. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.3 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Pengaruh Gempa
(Sumber: Rekzyanti, dkk. 2016)

Mengingat panjang lereng gaya yang bekerja pada permukaan adalah sebagai berikut.

- a. Sebuah berat *wedge*, W .
- b. Inersia berlaku pada *wedge*, $k_h W$ yang merupakan efek gempa bumi. Faktor k_h adalah koefisien rata-rata percepatan horizontal.
- c. Menolak gaya persatuan luas (s) yang merupakan kekuatan geser tanah bertindak sepanjang kegagalan percobaan ABC faktor keamanan sehubungan dengan kekuatan F_s .

Kasthalisti (2007) melakukan penelitian Analisa Pengaruh Gempa Terhadap Konstruksi Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Woven yang berisi tentang kondisi lereng yang bervariasi dengan ketinggian 5,8, dan 10 m, sudut kemiringan 60° , 75° , dan 90° , dan variasi nilai kohesi berkisar antara 5-20 kN/m². Pengaruh gempa dianalisis terhadap rancangan geotekstil *woven* sebagai perkuatan lereng dengan beban statik, menggunakan alat bantu program Slope/w berdasarkan metode kesetimbangan batas. Proses perancangan material perkuatan geotekstil *woven* menggunakan metode *Jewell*.

Menurut Kasthalisti (2007), salah satu dampak gempa adalah kelongsoran lereng. Getaran dan guncangan gempa membuat nilai kuat geser tanah berkurang dan membuat partikel tanah melakukan pergerakan untuk menuju ke tempat yang lebih rendah, sehingga lereng menjadi tidak stabil dan mengalami longsor. Gaya penggerak ini disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya adalah gempa. Penggunaan material geosintetik sebagai perkuatan mulai marak digunakan karena lebih efisien terhadap biaya dan waktu dibandingkan dengan metode lain.

2.7 Pengaruh Muka Air Tanah terhadap Stabilitas Lereng

Menurut Wardana (2011), pembasahan tanah akibat air hujan menyebabkan pengurangan kekuatan tanah sejalan dengan bertambahnya kejenuhan tanah. Pengurangan kekuatan ini mengurangi stabilitas lereng yang dapat menyebabkan kelongsoran seperti yang terjadi pada musim hujan. Pada penelitian ini dilakukan simulasi lereng dengan menggunakan program Stable

2004 dengan melakukan analisis terhadap variasi geometri lereng serta terasering dan properties tanah yang berbeda. Pengaruh pembahasan disimulasikan dengan perubahan letak muka air tanah pada lereng.

Menurut Sugianti (2012), gerakan tanah pada umumnya dapat terjadi karena kestabilan lereng berkurang akibat degradasi tanah, yaitu menurunnya sifat keteknikan tanah baik karena faktor alam seperti meningkatnya curah hujan, adanya pelapukan, atau adanya aktivitas manusia. Wilayah Indonesia merupakan daerah yang memiliki potensi bencana geologi gerakan tanah yang tinggi setiap tahunnya terutama selama musim hujan lebat. Hal ini dikarenakan tingginya intensitas curah hujan dapat menambah beban pada lereng sebagai akibat peningkatan kandungan air dalam tanah, yang pada akhirnya memicu terjadinya gerakan tanah.

Sugianti (2012), melakukan penelitian kestabilan lereng yang dilakukan pada ruas jalan raya Cadas Pangeran km 35, daerah Cigendel, Kecamatan Rancakalong, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Upaya mitigasi yang dilakukan oleh Dinas PU belum dapat menyelesaikan permasalahan lereng, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji kembali kondisi kestabilan lereng. Hasil pemodelan kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan metode *General Limit Equilibrium* (GLE) mengindikasikan bahwa lereng dalam kondisi kritis dengan nilai faktor keamanan mendekati 1. Dengan demikian, pemasangan bor di kaki lereng tidak dapat meningkatkan minimum faktor keamanan lereng yang diperlukan secara signifikan. Kondisi kestabilan lereng akan dapat menurun, apabila terdapat tekanan air tanah sebesar 2,5 m dari kondisi normal, dengan nilai faktor keamanan lereng turun dari 1,25 menjadi 1,145. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemasangan system sub-drainase untuk mencegah kenaikan muka air tanah sangat penting untuk menjaga kestabilan lereng, sehingga dapat mengurangi bencana gerakan tanah pada lereng di masa mendatang.

2.8 Program *Geoslope* Untuk Analisis Stabilitas Lereng

Chasanah (2012) melakukan penelitian Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program *Geoslope* yang 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*. Analisis yang dilakukan dengan perhitungan manual, yaitu stabilitas internal dan eksternal (untuk lereng dengan perkuatan), serta stabilitas terhadap kelongsoran (untuk lereng dengan perkuatan dan tanpa perkuatan. Sedangkan analisis dengan program *Geoslope* dilakukan untuk mengetahui stabilitas terhadap kelongsoran lereng.

Program *Geoslope* 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 kedalam 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. *SLOPE/W* merupakan produk perangkat lunak untuk menghitung faktor keamanan lereng 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 stabilitas lereng. Selain itu kita juga dapat melakukan analisis probabilistik.

SLOPE/W Define merupakan program yang digunakan untuk pemodelan permasalahan lereng dalam bentuk penggambaran pada layar komputer dalam aplikasi Komputer *Aided Design* (CAD). Kemudian data yang telah di modelkan tersebut dianalisis menggunakan *SLOPE/W Solve*. Perhitungan dilakukan sesuai dengan data masukan dan peraturan analisis (*Analysis Setting*) yang telah ditentukan. *SLOPE/W Contour* akan menampilkan grafis seluruh bidang longsor dan nilai faktor aman dapat ditunjukkan dalam bentuk kontur faktor aman serta diagram dan polygon tiap pias tertentu. Hasil perbandingan analisis hitungan

manual dan menggunakan program *Geoslope* didapatkan rata-rata selisih SF sebesar 3.71%.

2.9 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan

Perbandingan antara penelitian yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini dengan penelitian-penelitian yang telah disebutkan diatas dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang

NO	NAMA PENELITI	JUDUL	TUJUAN	METODE PENELITIAN	HASIL
1	Chasanah (2012)	Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program <i>Geoslope</i>	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 <i>Geoslope</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Perhitungan manual, yaitu stabilitas internal dan eksternal (untuk lereng dengan perkuatan), • Stabilitas terhadap kelongsoran (untuk lereng dengan perkuatan dan tanpa perkuatan). • Analisis dengan program <i>Geoslope</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Perbandingan rata-rata selisih SF menggunakan hitungan manual dan program <i>Geoslope</i>. • Solusi peningkatan nilai SF dengan menghematan geotekstil sesuai besaran bidang longsornya dengan menggunakan program <i>Geoslope</i>.
2	Pamungkas, dkk (2015)	Analisis Stabilitas Lereng Memakai Perkuatan Geotekstil Dengan Bantuan	Mengetahui perbandingan perhitungan manual, dan komptasi pada analisis stabilitas lereng memakai	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan analisis stabilitas lereng memakai perkuatan geotekstil pada sungai parit raya. • Menghitung nilai faktor 	<ul style="list-style-type: none"> • Perbandingan rata-rata selisih SF menggunakan hitungan manual dan program <i>Geoslope</i>.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang (Lanjutan)

		Perangkat Lunak (Studi Kasus Pada Sungai Parit Raya)	perkuatan geotekstil pada sungai parit raya.	keamanan melalui 2 cara yaitu : Perhitungan Manual dan Perhitungan secara komputasi menggunakan Program <i>Geoslope</i> . • Melakukan perbandingan nilai faktor keamanan antara Perhitungan Manual dengan Perhitungan Secara Komputasi.	
3	Prasetyo (2017)	Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Elemen Hingga	Mengetahui analisis metode elemen hingga dengan menggunakan Plaxis 8.2. permodelan elemen hingga yang dipilih dalam penelitian ini berupa <i>plane strain</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil. • Menghitung nilai faktor keamanan. • Melakukan analisis menggunakan metode elemen hingga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan nilai faktor keamanan (SF) dengan menggunakan metode elemen hingga
4	Surjandari, dkk (2012)	Analisis Stabilitas Lereng Dengan	Mencari nilai faktor aman (SF) menggunakan 2 variasi	<ul style="list-style-type: none"> • Menghitung nilai faktor aman (SF) pada lereng sebelum dan 	<ul style="list-style-type: none"> • Perbandingan rata-rata selisih SF menggunakan hitungan

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang (Lanjutan)

		Perkuatan Geotekstil	pemodelan sebelum dan sesudah penggunaan geotekstil pada lereng.	<p>sesudah diberi geotekstil dengan beberapa variasi.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Melakukan perhitungan dengan program komputer dan perhitungan manual. • Pemodelan lereng menggunakan 2 variasi yaitu 1:2 dan 1:3. Seluruh variasi dibebani oleh beban titik sebesar 10 ton. 	<p>manual dan program <i>Geoslope</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan SF dari variasi-variasi beban yang sudah ditentukan.
5	Azizah, dkk (2014)	Penggunaan Geotekstil Pada Lereng Sungai Gajah Putih Surakarta	Mencari nilai faktor aman (SF) sebelum dan sesudah penggunaan geotekstil pada lereng sungai Gajah Putih Surakarta.	<ul style="list-style-type: none"> • Menghitung nilai faktor aman (SF) pada lereng sebelum dan sesudah pemasangan geotekstil. • Melakukan pengujian tanah di laboratorium. • Melakukan pemodelan Gambar menggunakan program <i>AutoCAD</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perbandingan SF pada lereng sebelum dan sesudah pemasangan geotekstil. • Perbandingan rata-rata selisih SF menggunakan hitungan manual dan program <i>Geoslope</i>. • Mendapatkan nilai faktor keamanan (SF) dengan menggunakan metode Jewell.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang (Lanjutan)

6	Kasthalisti (2007)	Analisa Pengaruh Gempa Terhadap Konstruksi Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Woven	Mengetahui analisis pengaruh gempa terhadap rancangan geotekstil <i>woven</i> sebagai perkuatan lereng dengan beban statik, menggunakan alat bantu program Slope/w berdasarkan metode kesetimbangan batas.	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil woven. • Menghitung nilai faktor keamanan melalui 2 cara yaitu : Perhitungan Manual Metode Jewell dan Perhitungan secara komputasi menggunakan Program <i>Geoslope</i>. • Melakukan perbandingan nilai faktor keamanan antara Perhitungan Manual dengan Perhitungan Secara Komputasi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Perbandingan rata-rata selisih SF menggunakan hitungan manual dan program <i>Geoslope</i>. • Mendapatkan SF dari variasi- variasi beban yang sudah ditentukan. • Perbandingan rata-rata selisih SF dengan menambahkan beban gempa yang bervariasi menggunakan hitungan manual dan program <i>Geoslope</i>.
---	-----------------------	---	--	--	--

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang (Lanjutan)

7	Sugianti (2012)	Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng Pada Ruas Jalan Cadas Pangeran, Sumedang	Mencari nilai faktor keamanan (SF) lereng menggunakan metode <i>General Limit Equilibrium</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan analisis stabilitas lereng dengan perkuatan tiang bor • Menghitung nilai faktor keamanan (SF) lereng menggunakan metode <i>General Limit Equilibrium</i> dengan variasi muka air tanah yang bermacam-macam. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan nilai faktor keamanan (SF) dengan menggunakan metode <i>General Limit Equilibrium</i> dengan variasi muka air tanah yang bermacam-macam.
8	Simatupang dan Iskandar (2013)	Perbandingan Antara Metode <i>Limit Equilibrium</i> Dan Metode <i>Finite Element</i> Dalam Analisa Stabilitas Lereng	Mencari perbedaan antara metode <i>Limit Equilibrium</i> Dan Metode <i>Finite Element</i> dalam hal penurunan persamaan angka keamanan (SF)	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan perhitungan menggunakan program <i>Limit Equilibrium</i> untuk analisis keseimbangan batas dan program <i>Finite Element</i> untuk analisis elemen hingga • Analisa LEM berdasarkan metode Fellenius, Janbu, Spencer, dan Morgenstern & 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan nilai faktor keamanan (SF) dari masing-masing metode • Membandingkan hasil nilai faktor keamanan (SF) dari masing-masing metode

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang (Lanjutan)

				Price	
9	Wardana (2011)	Pengaruh Perubahan Muka Air Tanah Dan Terasering Terhadap Perubahan Kestabilan Lereng	Simulasi lereng menggunakan program Stable 2004	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan analisis terhadap variasi geometri lereng serta terasering dan properties tanah yang berbeda 	<ul style="list-style-type: none"> Hasil analisis kenaikan muka air tanah menyebabkan berkurangnya stabilitas lereng, untuk lereng dengan kemiringan 1:1, 1:2, dan 1:3 dengan jenis tanah yang berbeda-beda (lempung, pasir, dan variasi lempung pasir)
10	Rekzyanti, dkk (2016)	Analisa Kestabilan Lereng Akibat Gempa	Mencari faktor aman (SF) dengan metode <i>finite element</i> atau metode elemen hingga dan menggunakan program Plaxis v.8.2	<ul style="list-style-type: none"> Menghitung faktor aman (SF) menggunakan perhitungan manual, dan program Plaxis v.8.2, perhitungan menggunakan Program Plaxis v.8.2 dilakukan dengan cara memvariasikan nilai frekuensi, sedangkan perhitungan secara manual menggunakan variasi 	<ul style="list-style-type: none"> Mendapatkan nilai faktor aman (SF) dari perhitungan manual dan program dengan hasil yang sama, yaitu 1,003.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang (Lanjutan)

				nilai dari koefisien gempa.	
11	Pradhana (2018)	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program <i>Geoslope</i> Di Bantaran Sungai Code, Kecamatan Jetis, Daerah Istimewa Yogyakarta	Mencari nilai faktor aman (SF) sebelum dan sesudah perkuatan geotekstil dengan variasi muka air tanah, beban merata, dan beban gempa secara komputasi menggunakan Program <i>Geoslope</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Menghitung nilai faktor keamanan dengan perhitungan secara komputasi menggunakan Program <i>Geoslope</i>. • Melakukan perbandingan nilai faktor keamanan dengan berbagai variasi menggunakan Program <i>Geoslope</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Solusi peningkatan nilai SF dengan menghematan geotekstil sesuai besaran bidang longsornya dengan menggunakan program <i>Geoslope</i>. • Perbandingan SF lereng sebelum longsor, setelah longsor, dan diberi perkuatan geotekstil dengan berbagai variasi beban merata, muka air tanah dan akibat gempa.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Klasifikasi Bencana Longsor

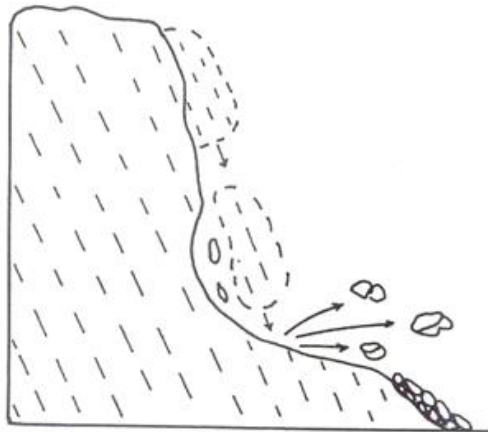
3.1.1 Klasifikasi Tanah Longsor

Menurut buku *Reinforcement of Earth Slopes And Embankments* yang diterbitkan oleh Mitchell, And Villet (1987), Kriteria yang digunakan dalam pengelompokan ini, pertama adalah tipe gerakan tanah dan kedua adalah jenis materialnya. Tipe gerakan tanah dibagi menjadi lima kelompok utama yaitu: runtuh, jungkiran, longsoran, penyebaran lateral dan aliran. Kelompok keenam adalah majemuk yaitu kombinasi dua atau lebih tipe gerakan tersebut di atas.

Material dibagi menjadi dua kelas yaitu batuan dan tanah. Tanah selanjutnya dibagi menurut ukuran butirannya yaitu bahan rombakan (tanah berbutir kasar) dan tanah berbutir halus. Adapun kelima tipe gerakan tanah dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Runtuhan

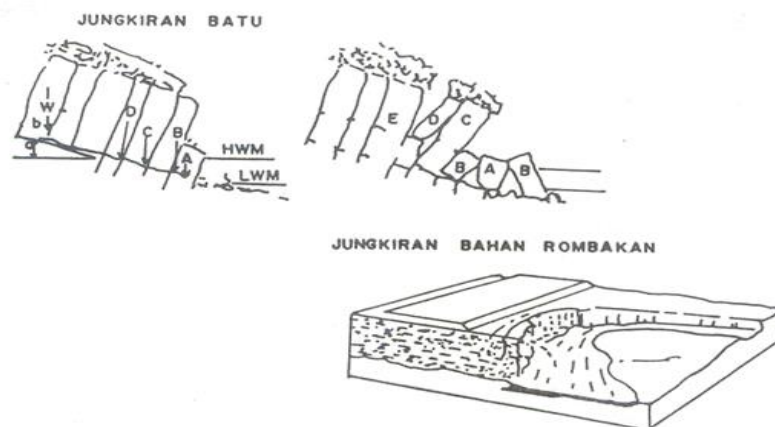
Runtuhan merupakan gerakan tanah yang disebabkan keruntuhan tarik yang diikuti dengan tipe gerakan jatuh bebas akibat gravitasi. Pada tipe runtuh ini massa tanah atau batuan lepas dari suatu lereng atau tebing curam dengan sedikit atau tanpa terjadi pergeseran (tanpa bidang longsoran) kemudian meluncur sebagian besar di udara seperti jatuh bebas, loncat atau menggelundung. Runtuhan batuan adalah runtuh massa batuan yang lepas dari batuan induknya. Runtuhan bahan rombakan adalah runtuh yang terdiri dari fragmen-fragmen lepas sebelum runtuh. Termasuk pada tipe runtuh ini adalah runtuh kerikil (ukuran kurang dari 20 mm), runtuh kerakal (ukuran dari 20 mm - 200 mm), dan runtuh bongkah (ukuran lebih dari 200 mm). Runtuhan tanah dapat terjadi bila material yang di bawah lebih lemah (antara lain karena tererosi, penggalian) dari pada lapisan di atasnya. Berikut adalah gambar runtuh dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Gerakan Tanah Jenis Runtuhan

2. Jungkiran

Jungkiran adalah jenis gerakan memutar ke depan dari satu atau beberapa blok tanah/batuan terhadap titik pusat putaran di bawah massa batuan oleh gaya gravitasi dan atau gaya dorong dari massa batuan di belakangnya atau gaya yang ditimbulkan oleh tekanan air yang mengisi rekahan batuan. Jungkiran ini biasanya terjadi pada tebing-tebing yang curam dan tidak mempunyai bidang longsoran. Berikut adalah gambar jungkiran dapat dilihat pada Gambar 3.2.



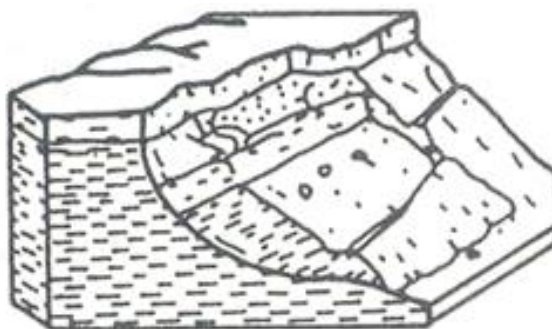
Gambar 3.2 Gerakan Tanah Jenis Jungkiran

3. Longsoran

Longsoran adalah gerakan yang terdiri dari regangan geser dan perpindahan sepanjang bidang longsoran di mana massa berpindah melongsor dari

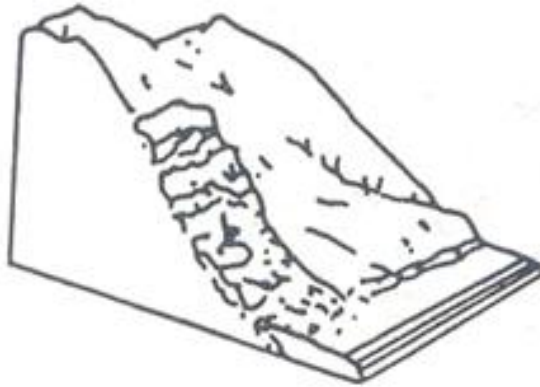
tempat semula dan terpisah dari massa tanah yang mantap. Dalam hal ini, keruntuhan geser tidak selalu terjadi secara serentak pada suatu bidang longsor, tapi dapat berkembang dari keruntuhan geser setempat. Jenis longsor dibedakan menurut bentuk bidang longsor yaitu rotasi (nendatan) dan translasi, dan dapat dibagi lagi : (a) material yang bergerak relatif utuh dan terdiri dari satu atau beberapa blok dan (b) material yang bergerak dan sangat berubah bentuknya atau terdiri dari banyak blok yang berdiri sendiri.

Longsor rotasi adalah longsor yang mempunyai bidang longsor berbentuk: setengah lingkaran, log spiral, hiperbola atau bentuk lengkung tidak teratur lainnya. Contoh yang paling umum dari tipe ini adalah nendatan yang sepanjang bidang longsor yang berbentuk cekung ke atas. Retakan-retakannya berbentuk konsentris dan cekung ke arah gerakan dan dilihat dari atas berbentuk sendok. Rotasi bisa terjadi tunggal, ganda atau berantai. Untuk longsor translasi massa yang longsor bergerak sepanjang permukaan yang datar atau agak bergelombang tanpa atau sedikit gerakan memutar/miring. Berikut adalah gambar longsor rotasi dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Gerakan Tanah Jenis Longsor Rotasi

Longsor translasi umumnya ditentukan oleh bidang lemah seperti sesar, kekar perlapisan dan adanya perbedaan kuat geser antar lapisan atau bidang kontak antara batuan dasar dengan bahan rombakan di atasnya. Untuk translasi berantai gerakannya menjalar secara bertahap, ke atas lereng akibat tanah di belakang sedikit demi sedikit diperlemah oleh air yang mengisi retakan-retakan. Berikut adalah gambar longsor translasi dapat dilihat pada Gambar 3.4.



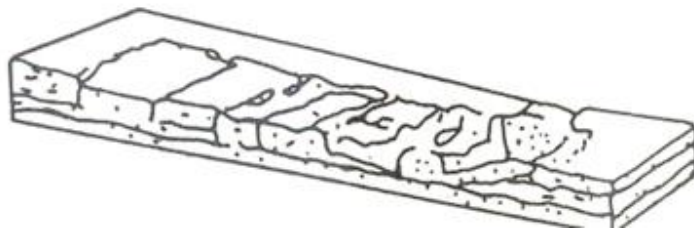
Gambar 3.4 Gerakan Tanah Jenis Longsoran Translasi

4. Penyebaran Lateral

Penyebaran lateral adalah gerakan menyebar ke arah lateral yang ditimbulkan oleh retak geser atau retak tarik. Tipe gerakan ini dapat terjadi pada batuan ataupun tanah. Penyebaran lateral dapat dibedakan dalam dua tipe yaitu:

- a. gerakan yang menghasilkan sebaran yang menyeluruh dengan bidang geser atau zona aliran plastis yang sulit dikenali dengan baik. Gerakan ini banyak terjadi pada batuan dasar, terutama yang terletak pada puncak tebing, dan
- b. gerakan yang mencakup retakan dan penyebaran material yang relatif utuh (batuan dasar atau tanah), akibat pencairan (*liquefaction*). Blok di atasnya dapat ambles, melonggar, memutar, hancur mengalir. Mekanisme gerakan ini tidak saja rotasi dan translasi tetapi juga aliran. Karena itu penyebaran lateral ini dapat bersifat majemuk.

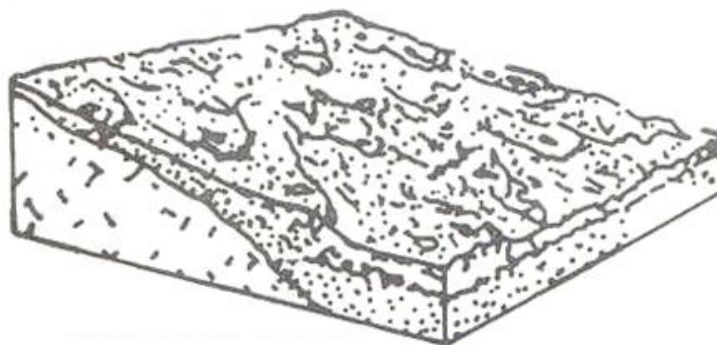
Berikut adalah gambar penyebaran lateral dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Gerakan Tanah Jenis Penyebaran Lateral

5. Aliran

Aliran adalah jenis gerakan tanah di mana kuat geser tanah kecil sekali atau boleh dikatakan tidak ada, dan material yang bergerak berupa material kental. Termasuk dalam tipe ini adalah gerakan yang lambat, berupa rayapan pada massa tanah plastis yang menimbulkan retakan tarik tanpa bidang longsoran. Rayapan di sini dianggap sama dengan arti rayapan pada mekanika bahan yaitu deformasi yang terjadi terus menerus di bawah tegangan yang konstan. Pada material yang tidak terkonsolidasi, gerakan ini umumnya berbentuk aliran, baik cepat atau lambat, kering atau basah. Aliran pada batuan sangat sulit dikenali karena gerakannya sangat lambat dengan retakan-retakan yang rapat dan tidak saling berhubungan yang menimbulkan lipatan, lenturan atau tonjolan. Aliran dapat dibedakan dalam dua tipe menurut materialnya yaitu aliran tanah (termasuk bahan rombakan) dan aliran batuan. Berikut adalah gambar jenis aliran dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Gerakan Tanah Jenis Aliran

3.1.2 Ciri-Ciri Gerakan Tanah

Gerakan tanah untuk tipe runtuhan, longsoran, dan aliran dapat dikenali secara visual di lapangan dengan memperhatikan ciri-ciri dari masing-masing tipe. Setiap tipe gerakan tanah mempunyai mekanisme yang berbeda satu terhadap lainnya, sehingga setiap tipe gerakanpun menampakkan cirinya yang khusus.

Gerakan pada massa tanah menunjukkan ciri yang berbeda dengan gerakan massa batuan, walaupun tipe gerakannya sama, karena perbedaan sifat fisik dan

teknik antara massa tanah dan batuan. Untuk mempelajari tipe gerakan pertama kali harus dikenali dahulu jenis materialnya, yaitu: tanah atau batuan. Setelah mengenali betul jenis materialnya selanjutnya harus diamati secara teliti massa yang bergerak dan massa yang stabil di sekelilingnya. Setiap bagian dari kedua massa tersebut menampakkan ciri yang berbeda. Massa yang bergerak perlu diamati dan dicatat tentang segala kenampakan di bagian kepala, badan, kaki, dan ujung kaki; sedangkan massa yang stabil perlu diamati di bagian mahkota, gawir utama, dan sayapnya. Dengan mengenali jenis material massa gerakan dan ciri-ciri yang nampak di setiap bagian tersebut di atas, maka dapatlah diperkirakan tipe gerakan tanah yang terjadi.

3.1.3 Penyebab Kerusakan Lereng

Pembuatan desain perkuatan lereng adalah sangat penting mengetahui sebelumnya berbagai penyebab kerusakan perkuatan lereng yang pernah dibangun dan keadaan sesungguhnya dari gejala kerusakan-kerusakan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Penggerusan pondasi perkuatan lereng

Pada tahap-tahap permulaan diawali dengan terjadinya kerusakan-kerusakan pada pondasi perkuatan lereng akibat gerusan arus sungai dan selanjutnya kerusakan akan meluas ke seluruh bagian perkuatan lereng tersebut. Karena itu pada tahapan perencanaannya yang terpenting adalah alas pondasi haruslah ditempatkan pada elevasi yang lebih rendah dari batas gerusan dan selanjutnya baru ditentukan perlu tidaknya dilengkapi dengan konsolidasi pondasi.

2. Tersedotnya butiran tanah di belakang perkuatan lereng

Pada lapisan tanah di belakang perkuatan lereng yang karena tekanan air porinya tidak dapat mengikuti turunnya permukaan air sungai, seperti halnya perkuatan lereng pada muara sungai di mana perbedaan elevasi pasang dan elevasi surut sangat besar. Pada sungai yang penurunan elevasi permukaan air sangat cepat di waktu banjir atau pada sungai yang lebar dengan ombaknya yang besar serta ombak yang terjadi karena lalu lintas kapal-kapal, maka butiran tanah tersebut dapat tersedot dan keluar secara berangsur-angsur

melalui celah-celah sambungan atau retakan-retakan pada perkuatan lereng, dan terbentuklah lubang-lubang di belakang perkuatan lereng tersebut. Apabila hal tersebut diabaikan atau dibiarkan saja, lobang-lobang tersebut akan terus membesar dan akibatnya tubuh perkuatan lereng akan runtuh dan seluruh perkuatan lereng akan hancur. Pada lereng tanggul atau tebing yang akan dilindungi haruslah dicek komposisi butiran tanahnya untuk mengetahui ketahanannya terhadap gejala penyedotan semacam ini. Pada tanah-tanah yang komposisi butirannya kurang baik, maka diperlukan adanya lapisan filter atau selapis tanah dengan komposisi yang baik yang kelak dapat berfungsi sebagai filter di belakang perkuatan lereng yang akan dibuat. Selanjutnya untuk perkuatan lereng yang dibuat segera setelah selesainya urugan tanggul, maka lereng tanggul haruslah dipadatkan secukupnya agar dapat mencegah penurunan yang berlebihan. Seandainya diperkirakan penurunannya masih besar, maka haruslah dipertimbangkan suatu perkuatan lereng dengan konstruksi yang fleksibel dengan hamparan batu atau dengan blok beton.

3. Kerusakan pinggir hulu dan pinggir hilir perkuatan lereng

Sangat sering terjadinya kerusakan perkuatan lereng yang diawali dari kerusakan kedua pinggirnya, akibat penggerusan arus sungai. Ternyata penetapan tempat kedudukan perkuatan lereng yang baik serta pemilihan bentuk trasenya yang tepat akan sangat mengurangi kemungkinan terjadinya gerusan semacam ini. Untuk perkuatan tebing yang selalu terbenam di waktu banjir, pinggir hulu dan pinggir hilirnya supaya dilengkungkan dan diberi koperan. Jika perlu pada zona transisi tersebut dapat diperkuat dengan selapis bronjong kawat atau dengan perkuatan lainnya. Juga pada kedua pinggir perkuatan lereng tanggul sebagai zona transisi dengan lereng yang tidak dilindungi supaya diadakan perkuatan secukupnya, baik dengan hamparan batu biasa, pasangan batu kosong maupun bronjong kawat.

4. Gerusan pada mercu perkuatan lereng

Khususnya untuk mercu perkuatan tebing yang senantiasa terbenam di waktu banjir, biasanya terjadi gerusan. Guna menghindarkannya, maka di sisi mercu tersebut ditambah perkuatan horisontal selebar maksimum 2 meter dan

selanjutnya pada lokasi yang tinggi kecepatan arusnya di belakang tambahan tersebut, perlu dilindungi dengan hamparan bronjong kawat, sedang pada bagian-bagian yang kecepatan arusnya rendah cukup diperkuat dengan hamparan batu atau blok beton dengan ukuran yang sesuai.

5. Kerusakan pada zona transisi

Pada perkuatan lereng menerus yang di samping melindungi tebing sungai, juga akan melindungi lereng tanggul yang terdapat di atas tebing tersebut dan kadang-kadang bahkan dengan kemiringan lereng yang berbeda maka pada zona transisinya yang biasanya merupakan titik terlemah dari bangunan perkuatan lereng tersebut. Karena zona transisi ini merupakan titik terlemah, maka diusahakan agar perubahan kemiringan bagian perkuatan lereng tersebut tidak terlalu drastis.

6. Kerusakan akibat rendahnya ketahanan perkuatan lereng

Pada sungai-sungai dengan arusnya yang deras, sungai-sungai yang lebar dan pada muara-muara sungai, perkuatan lereng mudah rusak akibat tekanan arus yang deras atau akibat hempasan ombak. Untuk bagian-bagian sungai semacam ini haruslah diperhatikan pemilihan yang teliti dalam menentukan konstruksi perkuatan lereng.

7. Kerusakan akibat tekanan tanah atau tekanan air tanah di belakang perkuatan lereng

Tekanan tanah atau tekanan air tanah harus pula diperhitungkan, terutama untuk perkuatan lereng dengan kemiringan yang curam dan karenanya di samping hal-hal yang diuraikan terdahulu, maka konstruksi perkuatan lereng haruslah pula diuji dari segi mekanika tanah. Selanjutnya pada sungai-sungai dengan penurunan elevasi banjirnya yang cepat atau pada sungai-sungai pasang surut dengan perbedaan elevasi pasang dan elevasi surut yang besar, maka tekanan air tanah sisa (*residual water pressure*) di belakang perkuatan lereng akan bekerja ke arah luar.

3.2 Stabilitas Lereng

3.2.1 Pendahuluan

Menurut buku Mekanika Tanah 2 edisi ke-5 yang diterbitkan oleh Hardiyatmo (2014), 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.

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. Terzaghi (1950) didalam Hardiyatmo (2014) membagi penyebab longsoran 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 longsoran 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. Kelongsoran lereng alam dapat terjadi dari hal-hal sebagai berikut.

1. Penambahan beban pada lereng. Tambahan beban lereng dapat berupa bangunan baru, tambahan beban oleh air yang masuk ke pori-pori tanah maupun yang menggenang di permukaan tanah dan beban dinamis oleh tumbuh-tumbuhan yang tertiuip angin dan lain-lain.
2. Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng.
3. Penggalian yang mempertajam kemiringan lereng.
4. Perubahan posisi muka air secara cepat.

5. Kenaikan tekanan lateral oleh air.
6. Gempa bumi atau getaran berlebihan.
7. 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.

3.2.2 Teori Analisis Stabilitas Lereng

Dalam praktek, analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (*Limit Plastic Equilibrium*). Adapun maksud analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Dalam analisis stabilitas lereng, beberapa anggapan dibuat, yaitu:

- a. kelongsoran lereng terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang 2 dimensi,
- b. massa tanah yang longsor dianggap sebagai benda massif,
- c. tahanan geser dari massa tanah pada setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor, atau dengan kata lain, kuat geser tanah dianggap isotropis, dan
- d. faktor utama didefinisikan dengan memperlihatkan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial, dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang bidang longsor. Jadi, kuat geser tanah mungkin terlampaui di titik-titik tertentu pada bidang longsornya, padahal faktor aman hasil hitungan lebih besar 1.

Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan. Dapat dilihat pada Persamaan 3.1.

$$SF = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (3.1)$$

dengan:

SF = faktor aman

τ = tahanan geser maksimum

τ_d = tahanan geser yang timbul akibat gaya berat tanah yang akan longsor

Menurut Mohr-Coulumb, tahanan geser maksimum (τ) yang dapat dikerahkan oleh tanah, di sepanjang bidang longsornya, dinyatakan dalam Persamaan 3.2.

$$\tau = c + \sigma \cdot \text{tg } \phi \quad (3.2)$$

dengan,

c = kohesi

σ = tegangan normal

ϕ = sudut gesek dalam tanah

Nilai-nilai c dan ϕ adalah parameter kuat geser tanah di sepanjang bidang longsor.

Dengan cara yang sama, dapat dituliskan Persamaan 3.3 tegangan geser yang terjadi (τ_d) akibat beban tanah dan beban-beban lain pada bidang longsornya.

$$\tau_d = c_d + \sigma \cdot \text{tg } \phi_d \quad (3.3)$$

dengan,

c_d = kohesi yang terjadi

ϕ_d = sudut gesek dalam yang terjadi

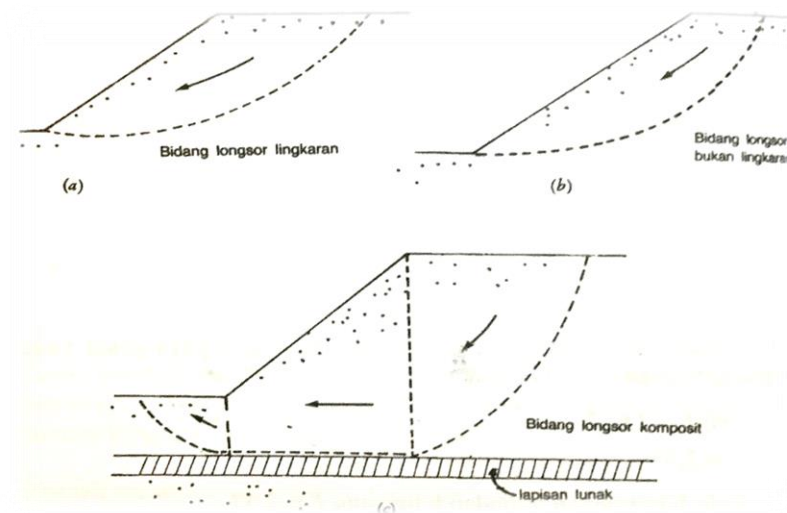
Substitusi Persamaan 3.2 dan Persamaan 3.3 diperoleh faktor aman pada Persamaan 3.4.

$$SF = \frac{c + \sigma \cdot \text{tg } \phi}{c_d + \sigma \cdot \text{tg } \phi_d} \quad (3.4)$$

3.2.3 Analisis Stabilitas Lereng dengan Bidang Longsor Berbentuk Lingkaran

Untuk lereng tanah homogen, kebanyakan peristiwa kelongsoran tanah terjadi dengan bentuk bidang longsor yang berupa lengkungan. Keruntuhan lereng dari jenis tanah kohesif banyak terjadi karena bertambahnya kadar air tanah. Sebab terjadinya longsor adalah karena tidak tersedianya kuat geser tanah yang cukup untuk menahan gerakan tanah longsor ke bawah, pada bidang longsornya.

Lengkung bidang longsor dapat berbentuk bidang lingkaran, spiral logaritmik ataupun kombinasi dari keduanya. Kadang-kadang, dijumpai pula suatu bidang longsor ini diperlihatkan dalam Gambar 3.7.

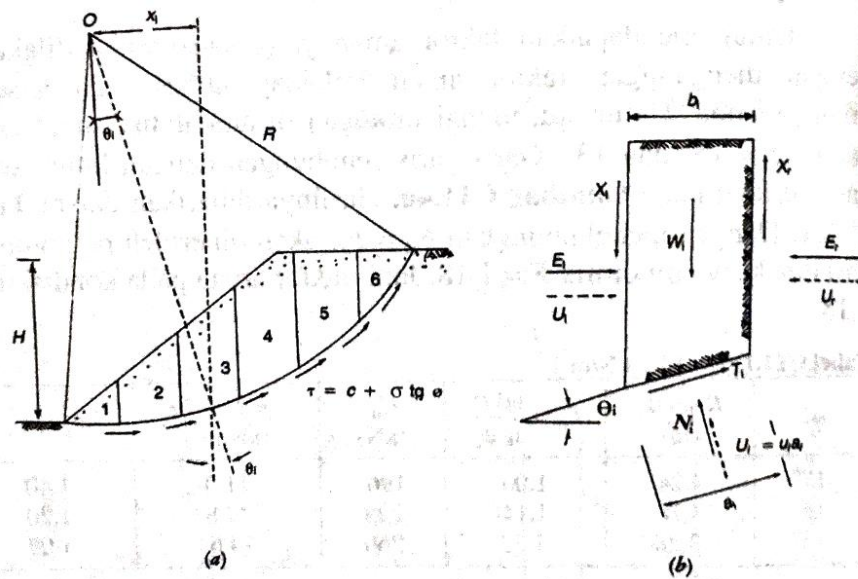


Gambar 3.7 Bentuk-Bentuk Bidang Longsor Pada Lereng
(Sumber: Hardiyatmo, 2014)

Bentuk anggapan bidang longsor berupa lingkaran dimaksudkan untuk mempermudah hitungan analisis stabilitas secara matematik, dan dipertimbangkan mendekati bentuk sebenarnya dari bidang longsor yang sering terjadi di alam. Keakuratan hasil hitungan analisis stabilitas lereng, sangat bergantung pada sifat-sifat tanah dan lokasi bidang longsor kritisnya. Penentuan sifat-sifat tanah harus dilakukan pada benda uji asli (*undisturbed*). Untuk tanah-tanah yang mengandung kerikil atau pasir, benda uji sangat sulit diperoleh.

3.2.4 Analisis Stabilitas Lereng *Fellenius Sliced Method*

Analisis stabilitas yang dibahas bila tanah tidak homogen dan aliran rembesan terjadi didalam tanah tidak menentu, cara yang lebih cocok adalah dengan metode irisan (*method of slice*). Gaya normal yang bekerja pada suatu titik di lingkaran bidang longsor, terutama dipengaruhi oleh berat tanah diatas titik tersebut. Dalam metode irisan, massa tanah yang longsor dipecah-pecah tiap irisan. Dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Irisan
(Sumber: Hardiyatmo. 2014)

Pada Gambar diatas, memperlihatkan satu irisan dengan gaya-gaya yang bekerja. Gaya-gaya ini terdiri dari gaya geser (X_r dan X_l) dan gaya normal efektif (E_r dan E_l) di sepanjang sisi irisannya, dan juga resultan gaya normal efektif (T_i) dan resultan gaya normal efektif (N_i) yang bekerja disepanjang dasar irisan. Tekanan air pori (U_i dan U_r) bekerja di kedua sisi irisan, dan tekanan air pori (U_i) bekerja pada dasarnya. Dianggap tekanan air pori sudah diketahui sebelumnya.

Analisis stabilitas lereng cara Fellenius (1936) menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Dengan anggapan ini, keseimbangan arah vertikal dan gaya-gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori terdapat pada Persamaan 3.5.

$$N_i + U_i = W_i \cos \Theta_i$$

Atau

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

Faktor aman didefinisikan pada Persamaan 3.6.

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\text{Jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}} \\ &= \frac{\Sigma M_r}{\Sigma M_d} \end{aligned} \quad (3.6)$$

Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah $R \sin \Theta$ dilihat pada Persamaan 3.7.

$$\Sigma M_d = R \Sigma W_i \sin \Theta_i$$

dengan,

R = jari-jari lingkaran bidang longsor (m)

W_i = berat massa tanah irisan ke-i (kN)

Θ_i = sudut yang didefinisikan ($^\circ$)

Dengan cara yang sama, momen yang menahan tanah akan longsor dilihat pada Persamaan 3.7.

$$\Sigma M_r = R \Sigma (c\alpha_i + N_i \text{tg}\phi) \quad (3.7)$$

Sehingga Persamaan untuk faktor aman dapat dilihat pada Persamaan 3.8.

$$SF = \frac{\Sigma(c\alpha_i + N_i \text{tg}\phi)}{\Sigma W_i \sin \Theta_i} \quad (3.8)$$

Bila terdapat air pada lereng, tekanan air pori pada bidang longsor tidak menambah momen akibat tanah yang akan longsor (M_d), karena resultan gaya akibat tekanan air pori lewat titik pusat lingkaran. Substitusi Persamaan 3.5 ke Persamaan 3.8, diperoleh Persamaan 3.9.

$$SF = \frac{\Sigma c\alpha_i + (W_i \cos \Theta_i - u_i \alpha_i) \text{tg}\phi}{\Sigma W_i \sin \Theta_i} \quad (3.9)$$

dengan,

SF = faktor aman

C = kohesi tanah (kN/m^2)

ϕ = sudut gesek dalam ($^\circ$)

α_i = panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-i (m)

W_i = berat massa tanah irisan ke-i (kN)

u_i = tekanan air pori pada irisan ke-i (kN/m^2)

Θ_i = sudut yang didefinisikan ($^\circ$)

Jika terdapat gaya-gaya selain berat tanahnya sendiri, seperti beban bangunan diatas lereng, maka momen akibat beban ini diperhitungkan sebagai M_d .

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

Menurut buku Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah yang diterbitkan oleh Bowles (1989) tentang keruntuhan lereng, dibagi menjadi 3 kelompok rentang faktor keamanan (SF) ditinjau dari intensitas kelongsorannya, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hubungan Nilai Faktor Keamanan Lereng Dan Intensitas Longsor

Nilai Faktor Keamanan (SF)	Kejadian/Intensitas Longsor
SF kurang dari 1,07	Longsor terjadi biasa/sering (Lereng labil)
SF antara 1,07 sampai 1,25	Longsor pernah terjadi (Kritis)
SF diatas 1,25	Longsor jarang terjadi

Sumber: Bowles (1989)

3.3 Geotekstil

3.3.1 Pendahuluan

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 ayaman (*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. Sifat-sifat lima *polymer* sebagai bahan dasar material geosintetik (Pilarczyk., 2000 dalam Hardiyatmo., 2013) ditunjukkan dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Sifat-Sifat *Polymer* Bahan Dasar Pembentuk Geotekstil

Sifat-sifat	Polyester	Polyamide	Polypropylene	Polyethylene
Kekuatan	Tinggi	Sedang	Rendah	Rendah
Modulus elastis	Tinggi	Sedang	Rendah	Rendah
Regangan saat runtuh	Sedang	Sedang	Tinggi	Tinggi
Rayapan	Rendah	Sedang	Tinggi	Tinggi
Berat satuan	Tinggi	Sedang	Rendah	Rendah
Harga	Tinggi	Sedang	Rendah	Rendah
Ketahanan terhadap:				
Ultra violet (distabilisasi)	Tinggi	Sedang	Tinggi	Tinggi
Ultra violet (tak distabilisasi)	Tinggi	Sedang	Sedang	Rendah
Alkali	Rendah	Tinggi	Tinggi	Tinggi
Jamur, kutu	Sedang	Sedang	Sedang	Tinggi
Minyak/oli	Sedang	Sedang	Rendah	Rendah
Detergen	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi

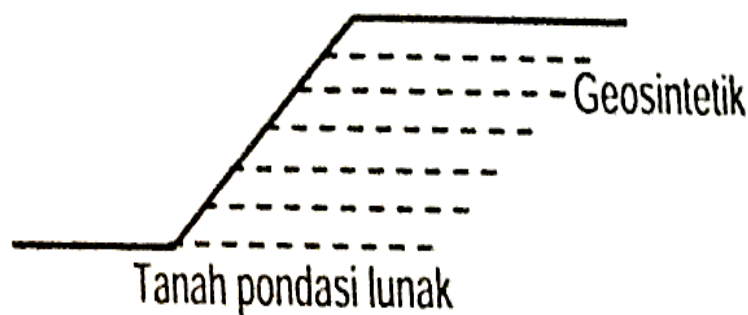
Sumber: Pilarczyk (2000) dalam Hardiyatmo (2013).

3.3.2 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 3.9.



Gambar 3.9 Peletakan Geotekstil Untuk Memperkuat Lereng Timbunan

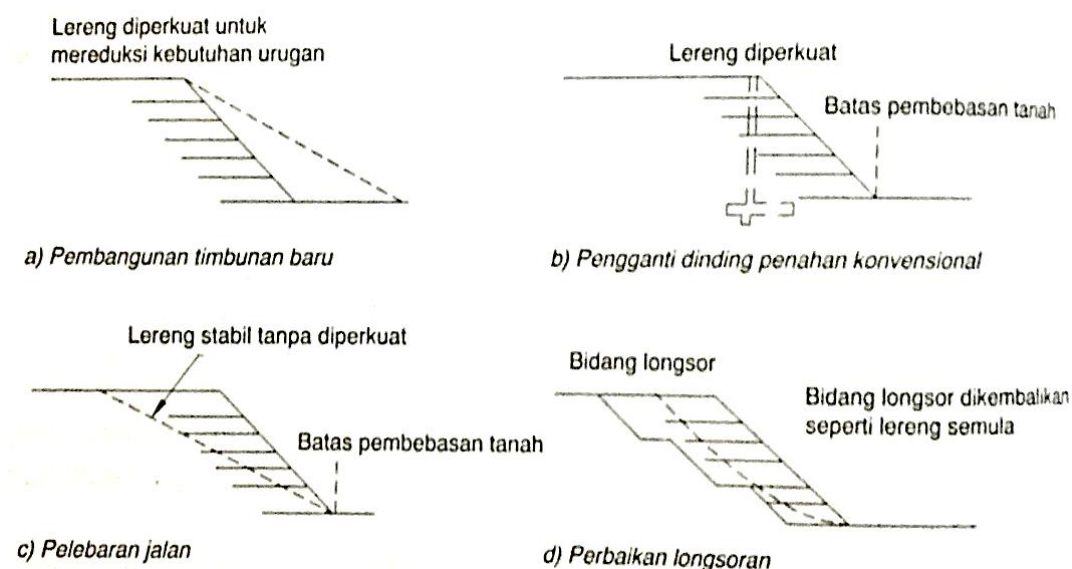
(Sumber: Hardiyatmo. 2013)

Aplikasi geotekstil untuk penulangan 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 3.10.



Gambar 3.10 Aplikasi Lereng Tanah Bertulang (Reinforced Soil Slope, Rss)

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

3.3.3 Perancangan Perkuatan Lereng

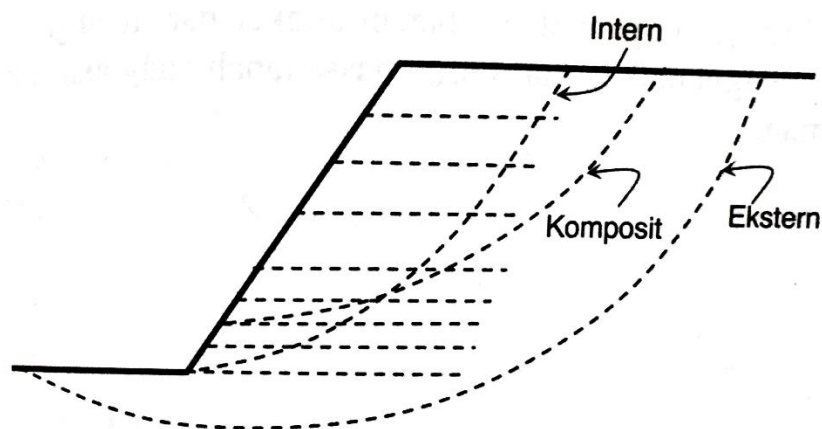
Syarat perancangan lereng diperkuat dengan tulangan pada prinsipnya sama dengan lereng tanpa tulangan, yaitu faktor aman harus memenuhi, baik dalam kondisi jangka pendek maupun jangka panjang untuk semua kemungkinan model keruntuhan. Dalam perancangan, struktur timbunan dianggap sebagai struktur permanen 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:

- keruntuhan intern, yaitu keruntuhan timbunan dengan bidang longsor yang melewati elemen-elemen tulangan,
- keruntuhan ekstern, yaitu keruntuhan timbunan dengan bidang longsor yang melewati bagian belakang dan di bawah zona tanah bertulang, dan
- 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 3.11.



Gambar 3.11 Keruntuhan Intern, Ekstern, Dan Komposit
(Sumber: Berg et al., 1989 dalam Hardiyatmo., 2013)

Pada umumnya, hitungan faktor aman lereng bertulang dihitung berdasarkan analisis stabilitas lereng tanah tak bertulang klasik. Faktor aman lereng tak bertulang (SF_U), didefinisikan pada Persamaan 3.10.

$$SF_U = \frac{\text{Momen menahan (Mr)}}{\text{Momen menggerakkan (Md)}} \quad (3.10)$$

Faktor aman lereng bertulang (SF_R) ditentukan dengan menambahkan faktor aman lereng tak bertulang dengan pengaruh tahanan momen oleh tulangan, dapat dilihat pada Persamaan 3.11.

$$SF_R = SF_U + \frac{T_s \cdot Y}{Md} \quad (3.11)$$

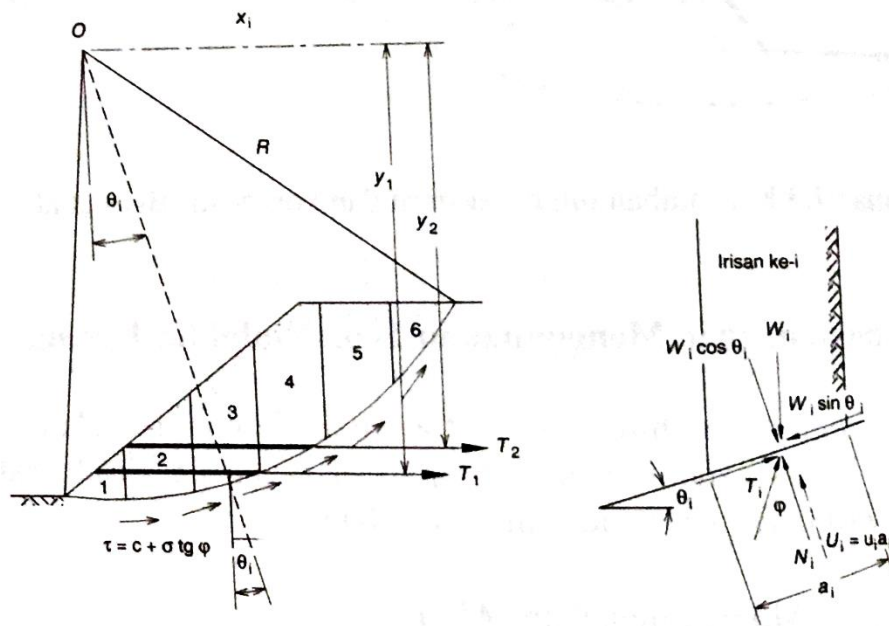
dengan,

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

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

3.3.4 Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil (*Fellenius Sliced Method*)

Lereng diperkuat dengan tulangan geotekstil dengan bidang longsor potensial berbentuk lingkaran yang berpusat di titik O ditunjukkan dalam Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Analisis Stabilitas Lereng Tanah Bertulang

(Sumber: Hardiyatmo. 2013)

Pada analisis lereng bertulang, faktor aman didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah tahanan momen dari tahanan geser tanah disepanjang bidang longsor dan tahanan geotekstil dari tulangan (M_r), dan jumlah momen menggerakkan dari berat massa tanah yang akan longsor (M_d), atau faktor aman

seperti yang terdapat pada Persamaan 3.6 diatas. Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah $R \sin \Theta_i$, terdapat pada Persamaan 3.12.

$$\Sigma M_d = \Sigma(W_i \sin \Theta_i) R \quad (3.12)$$

dengan,

R = jari-jari lingkaran bidang longsor (m)

W_i = berat massa tanah irisan ke-i (kN)

Θ_i = sudut yang didefinisikan ($^\circ$)

Dengan cara yang sama, momen yang menahan tanah akan longsor dapat dilihat pada Persamaan 3.13.

$$\Sigma M_r = \Sigma(c\alpha_i + N_i \text{tg}\phi) R + \Sigma T_i y_i \quad (3.13)$$

Sehingga Persamaan faktor aman dapat dilihat pada Persamaan 3.14.

$$SF = \frac{\Sigma(c\alpha_i + N_i \text{tg}\phi) R + \Sigma T_i y_i}{\Sigma(W_i \sin \Theta_i) R} \quad (3.14)$$

Persamaan 3.12 digunakan bila timbunan tidak ada pengaruh muka air tanah dan dalam kondisi belum jenuh air. Bila ada pengaruh air tanah, yaitu kondisi tipikal dari bendungan tanah urug dan tanah timbunan kohesif, maka Persamaan 3.14 diubah menjadi dalam tegangan efektif yang terdapat pada Persamaan 3.15.

$$SF = \frac{\Sigma(c\alpha_i + (W_i \cos \Theta_i - u_i \alpha_i) \text{tg}\phi) R + \Sigma T_i y_i}{\Sigma(W_i \sin \Theta_i) R} \quad (3.15)$$

dengan,

SF = faktor aman

C = kohesi tanah (kN/m^2)

ϕ = sudut gesek dalam ($^\circ$)

α_i = panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-i (m)

W_i = berat massa tanah irisan ke-i (kN)

u_i = tekanan air pori pada irisan ke-i (kN/m^2)

Θ_i = sudut yang didefinisikan ($^\circ$)

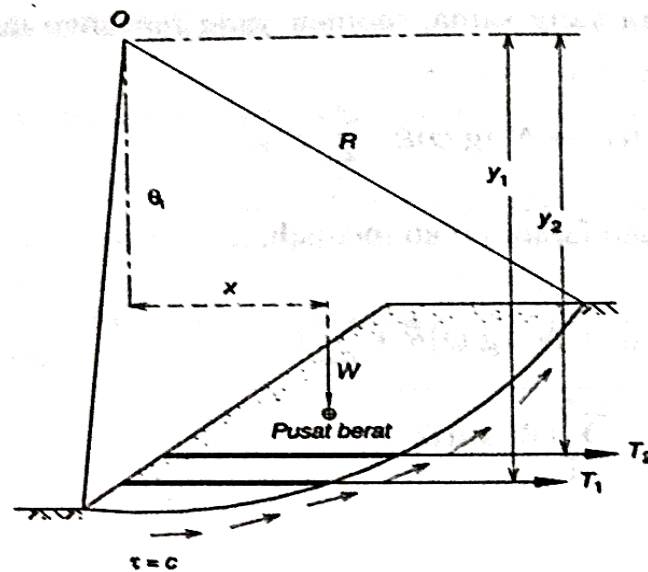
T_i = kuat tarik ijin geotekstil pada tulangan geotekstil ke-i (kN)

y_i = $R \cos \Theta_i$

= lengan momen tulangan geosintetik ke-i (m)

Faktor aman minimum dari berbagai bidang longsor coba-coba dibutuhkan untuk hasil hitungan final. Untuk ini, biasanya hitungan faktor aman minimum dilakukan dengan bantuan program komputer.

Untuk tanah timbunan yang terdiri dari tanah berbutir halus pada kondisi *undrained* (dengan $\phi = 0$) dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Tulangan Geotekstil Pada Kondisi *Undrained*.

(Sumber: Hardiyatmo. 2013)

Berikut faktor aman pada kondisi *undrained* dapat dilihat pada Persamaan 3.16.

$$SF = \frac{c_u LR + \sum T_i y_i}{WX} \quad (3.16)$$

dengan,

X = lengan momen ke pusat berat massa tanah yang longsor (m)

c_u = kohesi *undrained* (kN/m^2)

W = berat total tanah yang akan longsor (kN/m)

T_i = kuat tarik ijin geotekstil pada tulangan geotekstil ke-i (kN)

y_i = lengan momen tulangan geosintetik ke-i (m)

R = jari-jari lingkaran bidang longsor (m)

L = panjang (m)

Hitungan dengan cara coba-coba memerlukan waktu yang lama. Pada analisis stabilitas lereng bertulang, kuat tarik, panjang dan jarak tulangan geosintetik perlu diestimasi terlebih dahulu dengan cara pendekatan. Pada dasarnya banyak hitungan dengan menggunakan grafik, contohnya grafik-grafik yang disaarankan oleh Jewell (1984), Schemertmann et al (1987), dan lain-lain. Sebelum mencari nilai K menggunakan grafik, terlebih dahulu mencari nilai sudut gesek dalam tanah urug terfaktor ($\phi'f$). berikut adalah persamaan nilai sudut gesek dalam tanah urug terfaktor dapat dilihat pada Persamaan 3.17.

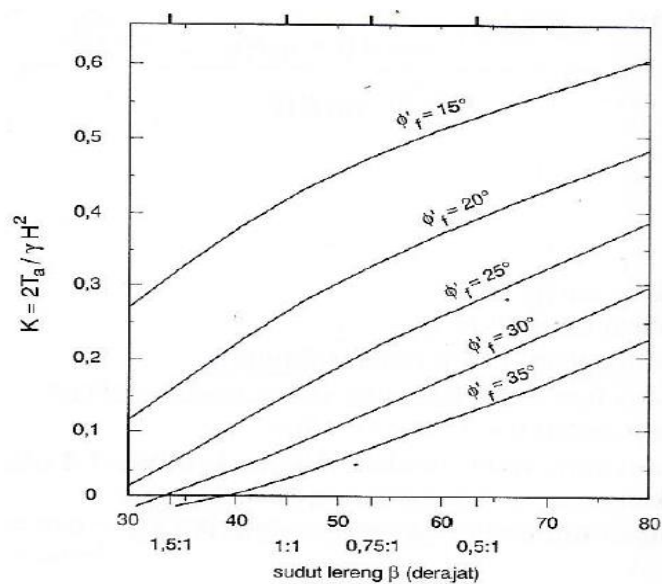
$$\phi'f = \arctg \left(\frac{tg \phi}{SF} \right) \quad (3.17)$$

dengan,

SF = faktor aman lereng

ϕ = sudut geser ($^{\circ}$)

Dibawah ini akan dipelajari cara pendekatan untuk menghitung kebutuhan tulangan dengan menggunakan grafik yang diberikan oleh Schemertmann et al (1987) di dalam Hardiyatmo (2013). Pada Gambar 3.14 digunakan untuk menentukan nilai koefisien tekanan tanah lateral (K) yang akan digunakan untuk menghitung gaya tarik tulangan total. Berikut adalah grafik nilai K dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Grafik Penentuan Nilai K

(Sumber: Schmertman et al., 1987 dalam Hardiyatmo. 2013)

Setelah mendapatkan nilai K, selanjutnya mencari tegangan horizontal (σ_h) dapat dilihat pada Persamaan 3.18.

$$\sigma_h = K \cdot \gamma \cdot Z_i \quad (3.18)$$

dengan,

K = nilai koefisien tekanan tanah lateral

γ = berat volume tanah (t/m^3)

Z_i = tinggi lapisan ke-i pada geotekstil (m)

Mecari nilai kuat tarik tulangan yang terjadi (P_{req}) dapat dilihat pada persamaan 3.19.

$$P_{req} = \sigma_h \cdot S_{v_i} \cdot SF \quad (3.19)$$

dengan,

σ_h = tegangan horizontal (t/m^2)

S_{v_i} = jarak antar geotekstil zona ke-i (m)

SF = faktor aman

Untuk faktor aman yang digunakan untuk mencari P_{req} adalah faktor aman minimum yang digunakan untuk perencanaan perkuatan geotekstil $SF \geq 1,3$. Adapun persyaratan dalam merencanakan P_{req} dapat dilihat pada Persamaan 3.20.

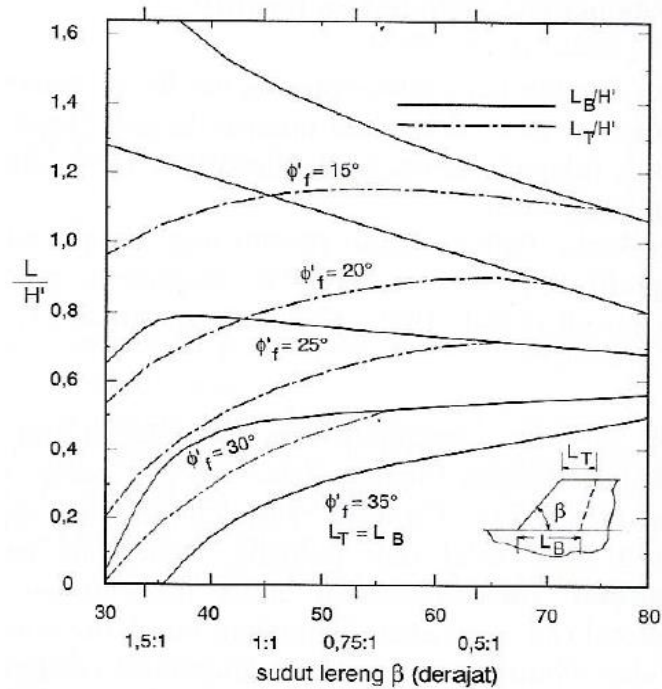
$$P_u \geq P_{req} \quad (3.20)$$

dengan,

P_u = kuat tarik geotekstil (t/m)

P_{req} = kuat tarik tulangan yang terjadi (t/m^2)

Setelah memenuhi persyaratan, selanjutnya menghitung panjang tulangan geosintetik di bagian atas (L_T) dan bawah lereng (L_B) digunakan cara grafik L/H' Schemertmann et al (1987) dalam Hardiyatmo (2013). Berikut adalah grafik L/H' dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Grafik Penentuan Nilai L/H'

(Sumber: Schmertman et al., 1987 dalam Hardiyatmo., 2013)

Nilai L/H' digunakan dalam menghitung panjang penjangkaran di bagian atas (L_T) dan bawah lereng (L_B), setelah menghitung panjang penjangkaran selanjutnya menentukan panjang geotekstil *overlapping* (L_o) yang diambil panjang minimum sebesar 1 m. Rumus panjang penjangkaran di bagian atas (L_T) dan bawah lereng (L_B) dapat dilihat pada Persamaan 3.21.

$$L_B = \left(\left(\frac{L}{H'} \right) \cdot \left(H + \left(\frac{q}{\gamma} \right) \right) \right) \cdot SF \quad (3.21)$$

dengan,

H = tinggi lereng (m)

q = beban merata (t/m^2)

γ = berat volume tanah (t/m^3)

3.4 Pemetaan pada Lereng

3.4.1 Tahapan Awal

Menurut buku Ilmu Ukur Tanah yang diterbitkan oleh Kanisius (1980), untuk menganalisis stabilitas lereng diperlukan survey pemetaan terlebih dahulu, guna mengetahui topografi pada lereng yang akan ditinjau. Tanpa survey pemetaan, maka stabilitas lereng tidak dapat di analisis karena tahap awal dalam merencanakan stabilitas lereng harus mengetahui topografi dan kontur pada lereng yang akan ditinjau. Pada survey pemetaan dapat digunakan alat seperti *theodolite*, waterpass, total station, dan lain-lain sebagai alat pengukur, biasanya pada survey pemetaan lereng seringkali digunakan alat ukur *theodolite* dan total station. *Theodolite* adalah sebuah alat optis yang mempunyai fungsi utama untuk mengukur sudut, baik sudut vertikal maupun horizontal, serta alat ini juga dapat digunakan untuk mengukur jarak dan beda tinggi yang akan menjadi acuan dalam membuat Gambar peta kontur. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.16.

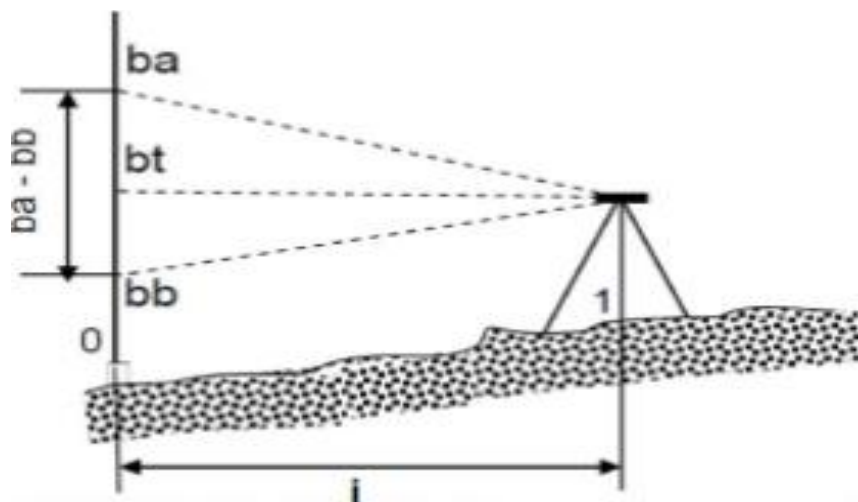


Gambar 3.16 *Theodolite*

(Sumber: www.teknologisurvey.com)

Adapun alat-alat lainnya yang digunakan dalam survey pemetaan seperti, rambu ukur, kompas, statif, meteran, unting-unting, prisma, buku alat tulis, dan lain-lain. Berikut adalah cara menggunakan *theodolite* yaitu:

- a. menentukan titik patok,
- b. mendirikan statif setinggi dagu,
- c. memasang *theodolite* diatas statif, dan kunci (usahakan tegak lurus dengan patok),
- d. menyeting nivo kotak,
- e. menyeting nivo tabung,
- f. tentukan titik acuan alat sebagai titik $0^{\circ}0'0''$ (arah utara dengan menggunakan kompas),
- g. tetapkan lah rambu ukur pada posisi yang akan diukur,
- h. arahkan *theodolite* dan teropong pada rambu ukur,
- i. kunci semua sekrup penggerak horizontal dan vertikal,
- j. nyalakan alat dengan menekan tombol power,
- k. untuk menyeting sudut horizontal $0^{\circ}0'0''$, tekan tombol (0set) 2x,
- l. untuk menampilkan sudut vertikal, tekan tombol (v%), dan
- m. *theodolite* siap digunakan untuk membaca rambu, dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Pembacaan Benang Pada Rambu

(Sumber: www.slideplayer.com)

Rumus yang digunakan untuk mengetahui jarak optis (D) dapat dilihat pada Persamaan 3.22.

$$D = A.(B_a - B_b). \cos^2 H \quad (3.22)$$

Untuk menghitung beda tinggi dapat dilihat pada Persamaan 3.23.

$$\Delta H = V + B_t - T_a \quad (3.23)$$

dengan,

D = jarak antara alat ke rambu ukur (m)

A = konstanta alat (100)

B_a = pembacaan benang atas rambu ukur

B_b = pembacaan benang bawah rambu ukur

B_t = pembacaan benang tengah rambu ukur

H = heling ($90^\circ - S_v$)

S_v = sudut vertikal ($^\circ$)

T_a = tinggi alat (m)

V = D.tan H

3.4.2 Profil Memanjang dan Profil Melintang

Profil memanjang diperlukan untuk membuat trase. Dengan jarak dan beda tinggi titik-titik diatas permukaan bumi didapatkan irisan tegak lapangan yang dinamakan profil memanjang pada sumbu proyek. Di lapangan dipasang pancang-pancang dari kayu yang menyatakan sumbu proyek, dan pancang-pancang itu digunakan pada pengukuran menyipat datar yang memanjang untuk mendapatkan profil memanjang.

Sebagai contoh pengukuran profil memanjang diambil antara mistar belakang dan mistar muka ditempatkan lagi seperlunya mistar-mistar diatas titik-titik pada sumbu proyek yang diberi tanda dengan huruf, berlainan dengan titik-titik belakang dan muka yang diberi tanda dengan angka. Mencatat pengukuran dilakukan dengan daftar seperti Tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3.3 Contoh Pembuatan Daftar Untuk Mencatat Pengukuran.

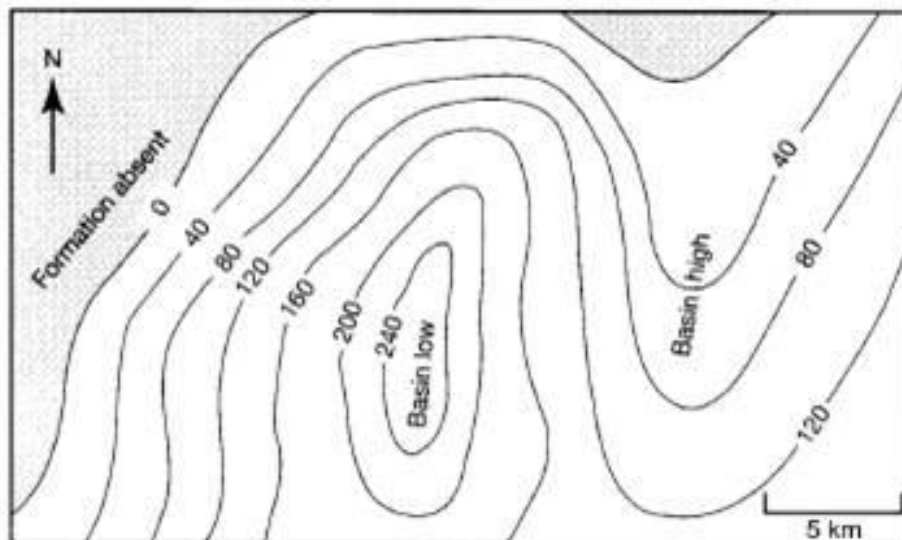
Titik	Pembacaan Mistar			Tinggi garis bidik, T_{ab}	Tinggi titik	Jarak, m	Keterangan
	Belakang	Muka	Lain-lain				
1	0,6	1,93		351,92	351,27	0	Tinggi tetap yang dipakai
a			0,43		351,49	10	
b			1,22		350,70	20,3	
c			1,85		350,07	46,6	
2	1,4	0,31		351,44	349,99	55,3	
a			2,23		349,21	70,5	
b			2,19		349,97	77	
c			1,47		550,13	80,9	
3	2,24	1,11		353,49	351,13	115,3	
a			2,15		351,22	124,2	
b			1,3		352,26	131,8	
c			0,86		352,08	164,8	

Sumber: Kanisius (1980)

Titik-titik profil pada sumbu proyek atau pada garis polygon proyek dinyatakan dilapangan dengan pancang-pancang dari kayu yang bidang atasnya sama dengan bidang tanah dan pancang lain ditanam didekatnya dan diberi nomor, dengan pancang mana dapat diketemukan kembali pancang-pancang profil. Diatas telah dikatakan bahwa banyaknya tanah yang digali sedapat mungkin dibuat sama dengan banyaknya tanah yang diperlukan untuk menimbuni. Untuk menghitung banyaknya tanah, baik untuk digali maupun menimbuni, profil memanjang belum cukup, maka diperlukan lagi profil melintang yang harus dibuat tegak lurus pada sumbu proyek dan pada tempat-tempat penting. Jarak antara profil melintang pada garis proyek melengkung dibuat lebih kecil dari pada garis proyek yang lurus. Profil melintang harus pula dibuat dititik permulaan dan titik akhir garis proyek melengkung. Profil melintang dibuat dengan lebar 50 m - 100 m kiri-kanan garis proyek.

Ada kalanya harus diketahui keadaan tinggi rendah nya suatu daerah guna pelaksanaan pekerjaan, misalnya merencanakan letak bangunan-bangunan. Untuk mendapat bayangan yang terang tentang keadaan tinggi rendahnya suatu daerah digunakan garis-garis tinggi. Garis tinggi ialah garis yang menggabungkan titik-titik yang tingginya sama. Untuk dapat melukiskan garis-garis tinggi dengan teliti,

maka haruslah diketahui tinggi sebanyak mungkin titik-titik yang letak di daerah bersangkutan, maka perlulah diukur sejumlah besar titik-titik. Supaya pekerjaan berjalan mudah lagi cepat, maka pilihlah tempat alat ukur penyipat datar sedemikian rupa, hingga dari tempat ini dapat dibidik sebanyak mungkin titik-titik disekitarnya. Cara pengukuran yang diambil ialah cara dengan menggunakan tinggi garis bidik yang harus ditentukan terlebih dahulu. Dari daerah yang digambar, harus dibuat garis-garis tinggi, supaya didapat bayangan tentang tinggi rendahnya daerah tersebut, maka dilakukan pengukuran dari 3 titik dengan cara tinggi garis bidik yang ditentukan lebih dahulu. Berikut adalah gambar garis-garis tinggi yang dihubungkan dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Garis-Garis Tinggi Yang Membentuk Sebuah Kontur

(Sumber: www.rebanas.com)

3.5 Program Geoslope

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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 seruit menganalisis proses yang melibatkan difusi, dispersi, adsorpsi, peluruhan radioaktif dan perbedaan massa jenis.

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:

- a. rancangan dan memonitor performa satu atau lebih lapisan yang menutupi tambang dan fasilitas limbah rumah,
- b. menentukan iklim yang mengontrol distribusi tekanan pori-air pada lereng untuk digunakan dalam analisis stabilitas, dan
- c. menentukan infiltrasi, evaporasi dan transpirasi dari proyek-proyek pertanian atau irigasi.

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.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Objek Penelitian

Objek yang akan digunakan pada penelitian ini adalah lereng pada aliran Sungai Code terletak di Kampung Gondolayu.

4.2 Lokasi Penelitian

Lokasi objek penelitian yang akan dianalisis yaitu aliran Sungai Code yang terletak di Kampung Gondolayu, Kecamatan Jetis, Kabupaten Yogyakarta, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Peta lokasi dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Peta Lokasi

4.3 Tahap Pengumpulan Data

4.3.1 Data Primer

Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah Potongan melintang (*Cross Section*) tebing. Didapatkan dari hasil survey pemetaan menggunakan *theodolite*, rambu ukur, kertas, meteran, dan alat tulis. Hasil survey

berupa Gambar denah dan tampak melintang sungai yang nantinya akan menjadi acuan dalam menganalisis lereng tersebut. Berikut adalah tahap-tahap dalam survey pemetaan yang akan dilakukan adalah:

- a. membuat lokasi BM (*benchmark*) sebagai titik awal berdirinya alat *theodolite*,
- b. melakukan setting alat diatas BM yang telah dibuat,
- c. mendirikan rambu ukur pada titik-titik ketinggian yang dilakukan dengan cara berpindah dari satu titik ketinggian ke titik ketinggian yang lain,
- d. tembak rambu ukur menggunakan theodolite untuk mendapatkan nilai B_A , B_B , B_T , sudut vertikal, dan sudut horizontal pada setiap titik ketinggian lereng,
- e. mencatat data yang telah didapat dilapangan menggunakan kertas yang telah disiapkan sebelumnya,
- f. mengolah data menggunakan program *Microsoft Excel* untuk dilakukan perhitungan dengan rumus-rumus yang telah tersedia, dan
- g. menggambar peta kontur menggunakan program *AutoCAD 2017* dengan mengacu pada data yang telah di analisis menggunakan program *Microsoft Excel*.

4.3.2 Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini diprioritaskan. Data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini antara lain.

1. Data Tanah

Data tanah yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari penelitian Kunarso (2015) di Kecamatan Jetis, Kabupaten Yogyakarta, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Tipe tanah dasar yang didapatkan merupakan hasil dari penyelidikan tanah SPT dan DCPT, untuk desain perkuatan lereng diambil dari hasil penyelidikan SPT yang sebelumnya telah dilakukan dengan 3 titik lokasi 1 (BD 1), titik lokasi 2 (BD 2), dan titik lokasi 3 (BD 3). Untuk data penyelidikan yang digunakan pada penelitian ini adalah data penyelidikan lokasi 2 (BD 2) yang dapat dilihat

pada Lampiran-1, dan untuk klasifikasi lapisan tanah dan nilai SPT lokasi 2 (BD 2) dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Klasifikasi Lapisan Tanah Dan Nilai SPT (BD 2).

Kedalaman (m)	Deskripsi	Nilai N-SPT
0 – 4,5	Silty fine sand	>50
4,5 – 10,45	Silty sand with gravel + boulder	31 - >50
10,45 – 13,5	Gravelly sand	42 - >50
13,5 - 20	Silty sand with gravel + silty fine sand	34 - >50

Sumber: Kunnarso (2015)

Parameter tanah yang diperlukan diantaranya adalah nilai γ (berat volume tanah) (kN/m^3), C (kohesi tanah) (kN/m^2), dan ϕ (sudut geser tanah) ($^\circ$). Korelasi yang dipakai untuk mendapatkan nilai γ dan ϕ dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Korelasi Pasir Dengan Nilai SPT

Deskripsi	Sangat lepas	Lepas	Medium	Padat	Sangat padat
N (halus)	1-2	3-6	7-15	16-30	?
(medium)	2-3	4-7	8-20	21-40	>40
(kasar)	3-6	5-9	10-25	26-45	>45
D_r	0	0,15	0,35	0,65	0,85
ϕ (halus)	26-28	28-30	30-34	33-38	<50
(medium)	27-28	30-32	32-36	36-42	<50
(kasar)	28-30	30-34	33-40	40-50	<50
γ (kN/m^3)	11-16	14-18	17-20	17-22	20-23

Sumber: Bowles (1977) dalam Kunnarso (2015)

Korelasi nilai C (kohesi), karena material tanah jenis pasir adalah tanah non kohesi jadi diambil nilai yang paling kritis untuk SF yaitu 0 (kN/m²). Dari korelasi-korelasi tersebut diperoleh parameter tanah per lapis untuk tanah dasar, nilai parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Material Tanah

Lapisan	Kedalaman	γ (t/m ³)	ϕ	C (t/m ²)
Lapis 1	0 - 4,5	1,8	35	0
Lapis 2	4,5 – 10,45	1,7	30	0
Lapis 3	10,45 -13,5	1,7	30	0
Lapis 4	13,5 - 20	1,8	35	0

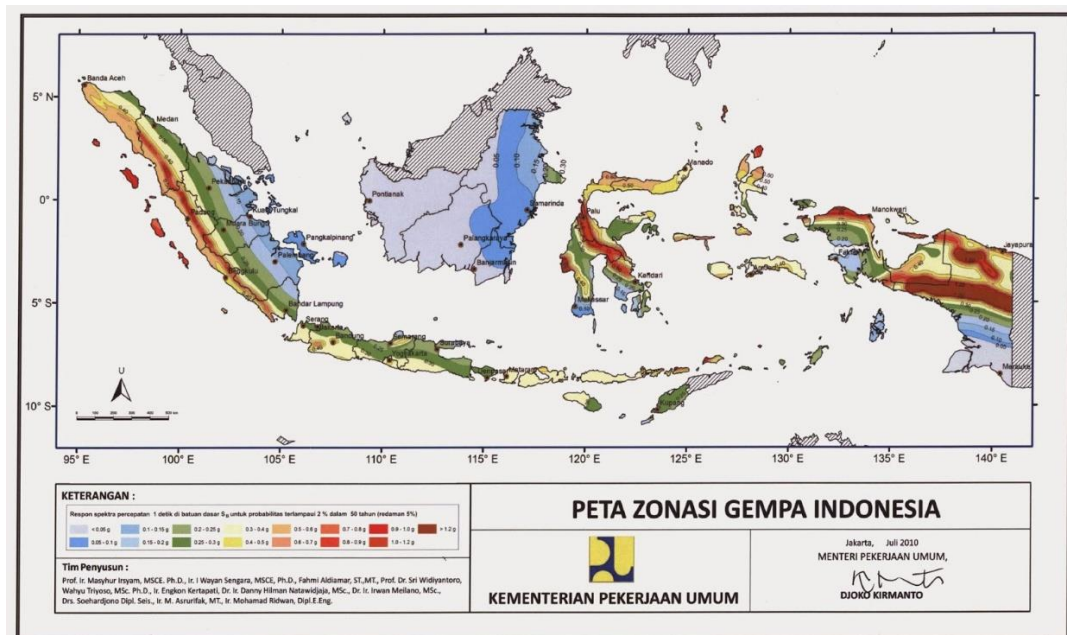
Sumber: Kunarso (2015)

2. Data Material Geotekstil

Data material geotekstil yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari PT. Geo Indogreen Karya. Data material geotekstil dapat dilihat pada Lampiran-2.

3. Data Kegempaan

Data kegempaan yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari internet (www.puskim.pu.go.id) dan dari peta zonasi gempa Indonesia yang bisa didapatkan dari berbagai sumber di internet (www.perencanaanstruktur.com). Peta zonasi gempa Indonesia dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Peta Zonasi Gempa Indonesia

(Sumber: www.puskim.go.id)

Berdasarkan gambar peta zonasi gempa diatas, Daerah Istimewa Yogyakarta berada di zona yang berwarna kuning yang nilai koefisien gempanya sebesar 0,3g.

4.4 Tahap Analisis Data

4.4.1 Analisis Stabilitas Lereng Sebelum Longsor

Pemodelan yang dilakukan pada analisis stabilitas lereng sebelum longsor adalah sebagai berikut.

1. Variasi beban vertikal

Variasi beban vertikal yang digunakan dalam analisis ini ada 2 variasi, yaitu 10 kN/m^3 , dan 20 kN/m^3 . Di input pada program *Geoslope* menggunakan tools *Surcharge Load*.

2. Variasi muka air tanah

Variasi muka air tanah yang digunakan dalam analisis ini ada 2 variasi, yaitu kedalaman -16 m , dan -19 m . Di input pada program *Geoslope* menggunakan tools *Pore Water Pressure*.

3. Gempa

Pada analisis gempa digunakan koefisien gempa vertikal, dan koefisien gempa horizontal, dengan koefisien masing-masing sebesar 0,3g yang sesuai dengan peta zonasi gempa Daerah Istimewa Yogyakarta. Di input pada program *Geoslope* menggunakan tools *Seismic Load* .

4.4.2 Analisis Stabilitas Lereng Setelah Longsor

Pemodelan yang dilakukan pada analisis stabilitas lereng setelah longsor adalah sebagai berikut.

1. Variasi beban vertikal

Variasi beban vertikal yang digunakan dalam analisis ini ada 2 variasi, yaitu 10 kN/m³, dan 20 kN/m³. Di input pada program *Geoslope* menggunakan tools *Surcharge Load* .

2. Variasi muka air tanah

Variasi muka air tanah yang digunakan dalam analisis ini ada 2 variasi, yaitu kedalaman -16 m, dan -19 m. Di input pada program *Geoslope* menggunakan tools *Pore Water Pressure* .

3. Gempa

Pada analisis gempa digunakan koefisien gempa vertikal, dan koefisien gempa horizontal, dengan koefisien masing-masing sebesar 0,3g yang sesuai dengan peta zonasi gempa Daerah Istimewa Yogyakarta. Di input pada program *Geoslope* menggunakan tools *Seismic Load* .

4.4.3 Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan

Pemodelan yang dilakukan pada analisis stabilitas lereng dengan Perkuatan adalah sebagai berikut.

1. Variasi beban vertikal

Variasi beban vertikal yang digunakan dalam analisis ini ada 2 variasi, yaitu 10 kN/m³, dan 20 kN/m³. Di input pada program *Geoslope* menggunakan tools *Surcharge Load* .

2. Variasi muka air tanah

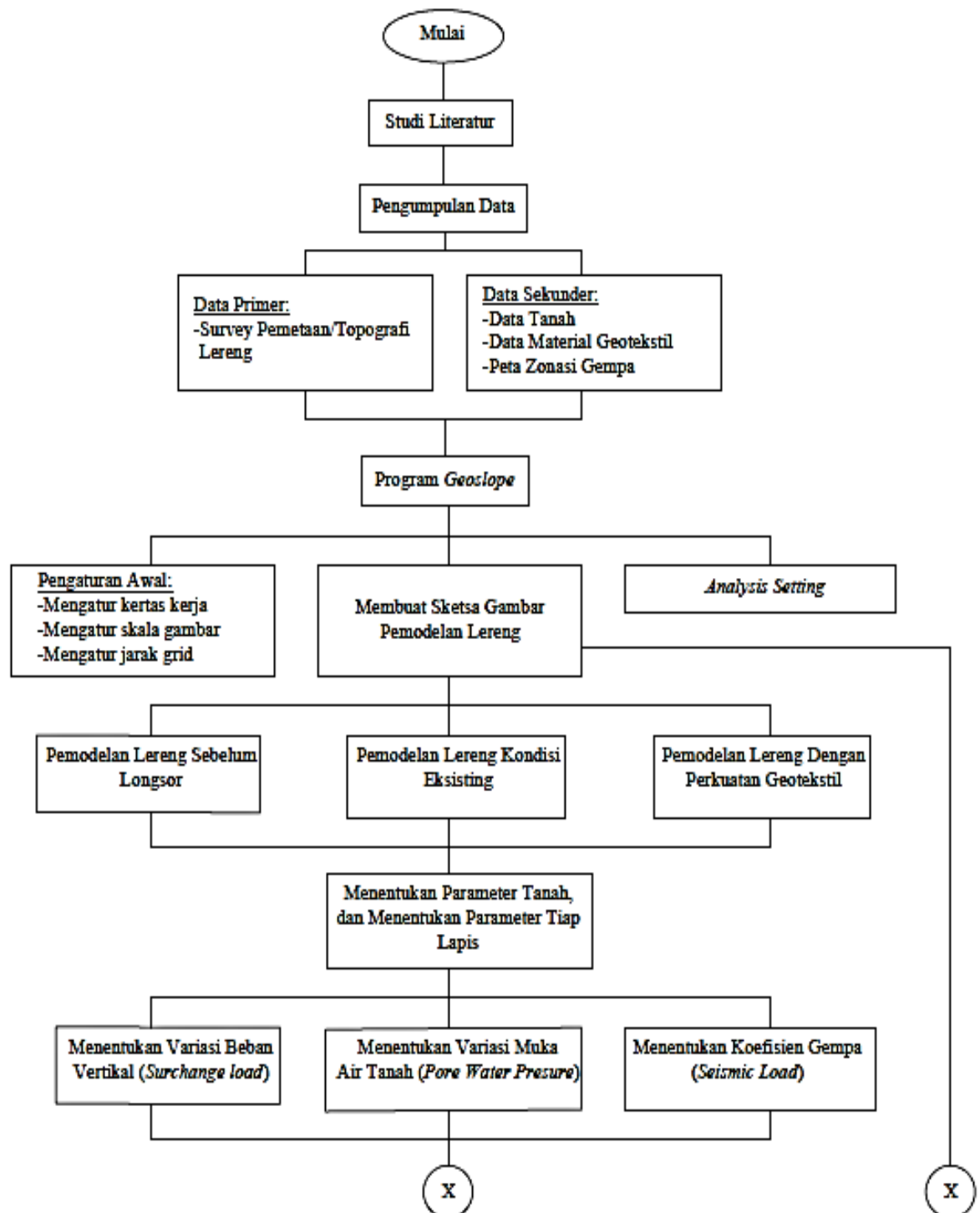
Variasi muka air tanah yang digunakan dalam analisis ini ada 2 variasi, yaitu kedalaman -16 m, dan -19 m. Di input pada program *Geoslope* menggunakan tools *Pore Water Pressure* .

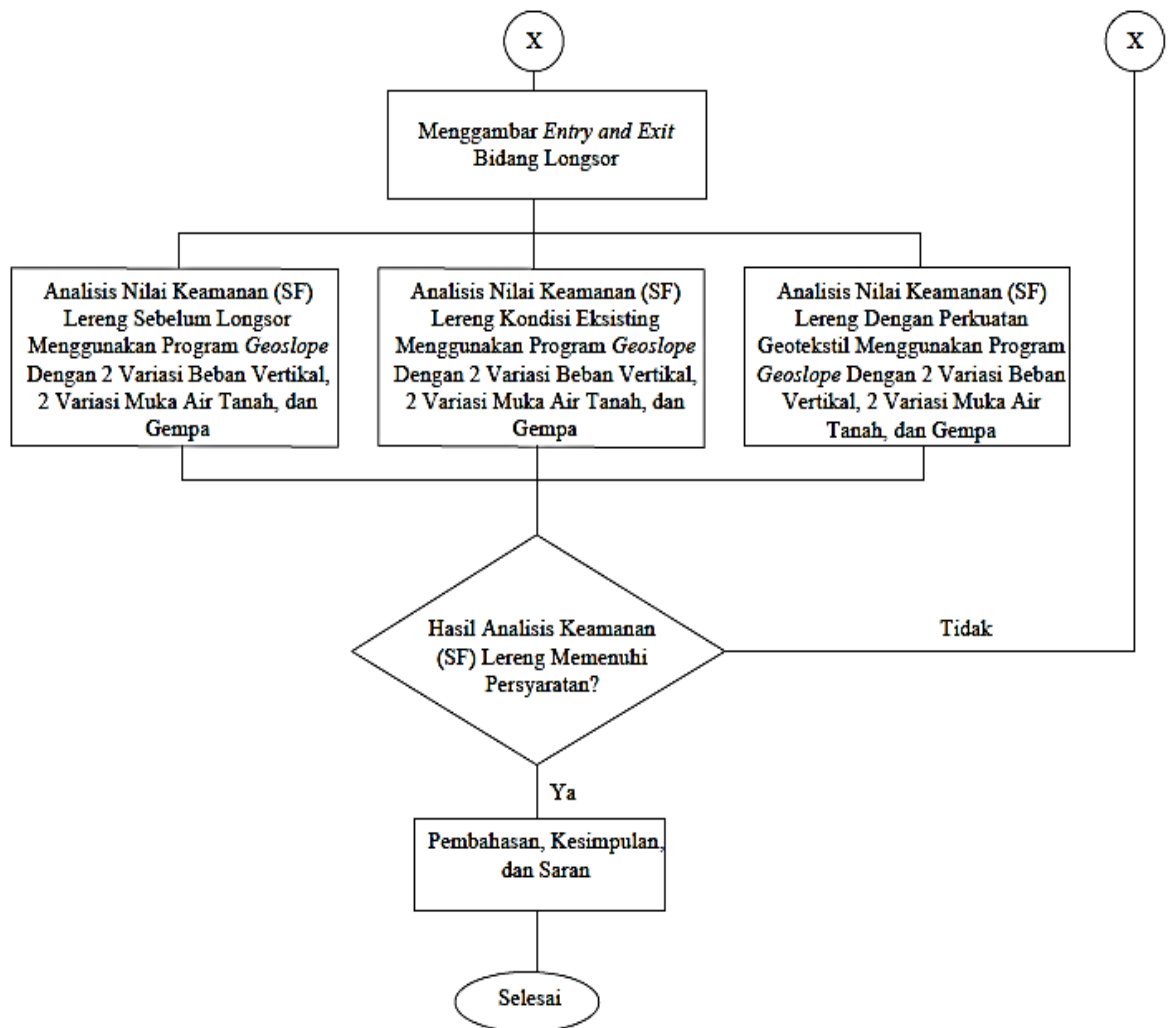
3. Gempa

Pada analisis gempa digunakan koefisien gempa vertikal, dan koefisien gempa horizontal, dengan koefisien masing-masing sebesar 0,3g yang sesuai dengan peta zonasi gempa Daerah Istimewa Yogyakarta. Di input pada program *Geoslope* menggunakan tools *Seismic Load* .

4.5 Diagram Alir Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.3 dibawah ini.





Gambar 4.3 Diagram Alir Penelitian

BAB V

DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Data Pengukuran Lereng

Analisis data pengukuran lereng dilakukan dengan melakukan survey pemetaan/topografi lereng menggunakan alat *theodolite*, statif, rambu ukur, meteran, alat tulis. Sedangkan untuk mengolah data pengukuran menggunakan program *Microsoft Excel*, dan *AutoCAD 2017*. Diketahui tinggi alat 1,6 m, elevasi muka air laut 100 m, dan koordinat $X = 100$, $Y = 100$. Dari hasil pengukuran survey pemetaan, data yang didapat pertama kali hanya ditulis di kertas menggunakan alat tulis. Data yang didapat tersebut lalu di masukan ke program *Microsoft Excel* untuk di rapikan dan di analisis menggunakan rumus-rumus yang telah disediakan sebelumnya. Berikut adalah data hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5.1.

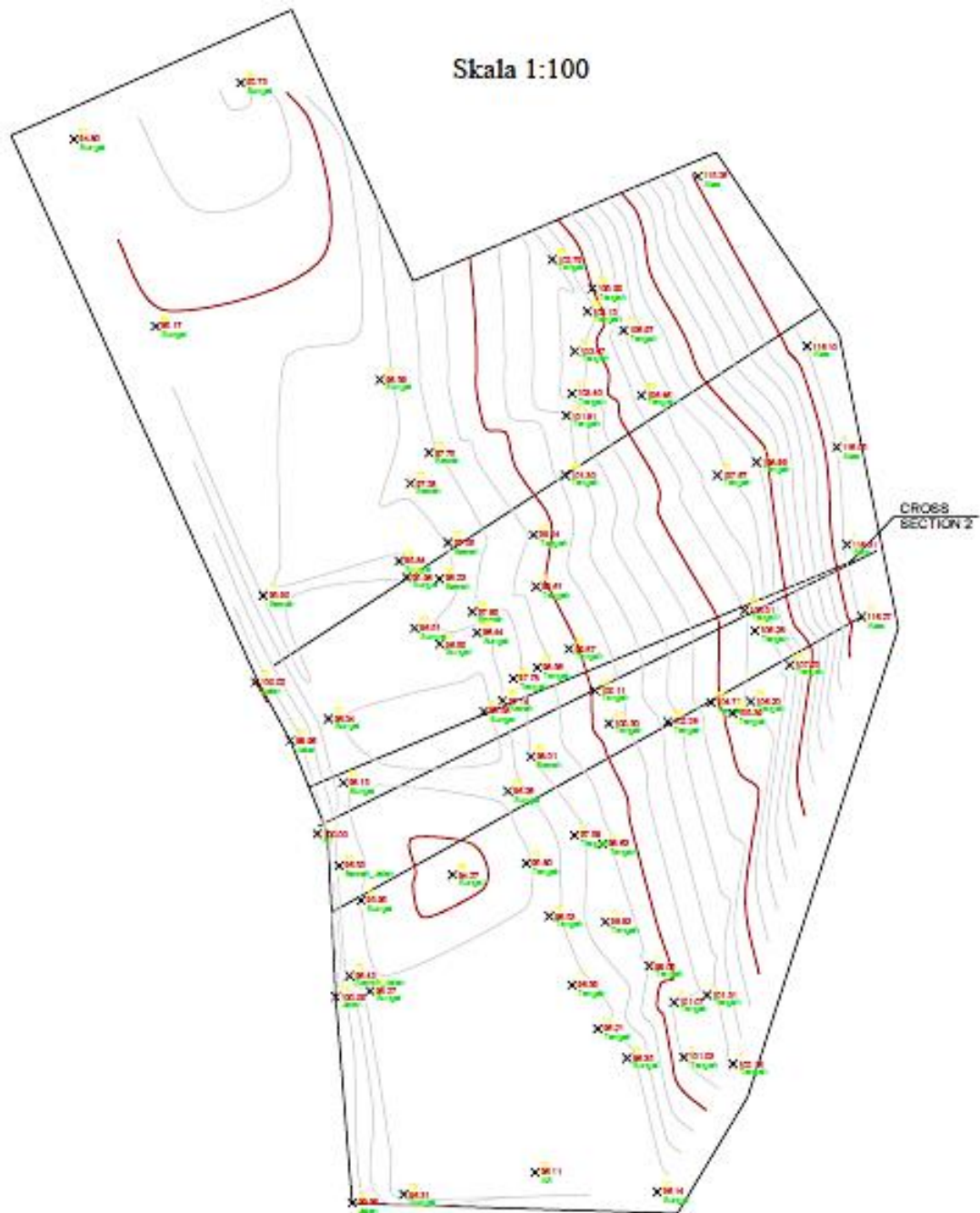
Tabel 5.1 Data Pengukuran Dari Hasil Survey Pemetaan Lereng

Titik	Sudut Horizontal			Sudut Vertikal			Pembacaan Rambu			Jarak (m)	Beda Tinggi	Koordinat			Elevasi	Keterangan
	deg	min	sec	Jumlah (RAD)	deg	min	sec	Jumlah (RAD)	BA (m)			BT (m)	BB (m)	X		
30	2	50	0.524422959	69	46	20	69.77222222	0.9	0.679	0.458	38.916	15.261	119.486	133.686	115.261	Atas
121	23	4	2.118558216	89	10	27	89.17416667	1	0.89	0.78	21.995	1.027	118.777	88.545	101.027	Tengah
45	7	35	0.787604066	66	38	32	66.64222222	1	0.79	0.58	35.398	16.097	125.085	124.975	116.097	Atas
118	59	11	2.076704251	87	19	40	87.32777778	0.7	0.578	0.456	24.347	2.158	121.297	88.201	102.158	Tengah
53	20	15	0.93091499	65	35	25	65.59027778	0.8	0.6	0.4	33.169	16.053	126.607	119.805	116.053	Atas
61	20	28	1.070604356	63	46	39	63.7775	0.7	0.508	0.316	30.903	16.313	127.117	114.821	116.313	Atas
115	16	22	2.01188951	89	14	58	89.24944444	0.9	0.799	0.698	20.197	1.066	118.263	91.378	101.066	Tengah
112	30	14	1.963563282	89	12	12	89.20333333	0.7	0.592	0.484	21.596	1.308	119.951	91.734	101.308	Tengah
68	15	1	1.191192063	62	43	17	62.72138889	1	0.81	0.62	30.018	16.269	127.881	111.123	116.269	Atas
111	43	43	1.950032133	94	12	7	94.20194444	1.3	1.208	1.116	18.301	-0.953	117.001	93.225	99.047	Tengah
107	0	35	1.867671984	96	6	33	96.10916667	1.2	1.122	1.044	15.423	-1.173	114.749	95.488	98.827	Tengah
92	4	10	1.606914946	96	1	10	96.01944444	1.5	1.426	1.352	14.637	-1.369	114.628	99.471	98.631	Tengah
90	21	8	1.576943764	100	13	5	100.2180556	1.7	1.632	1.564	13.172	-2.406	113.172	99.919	97.594	Tengah
98	1	20	1.710810518	111	5	18	111.0883333	1.7	1.638	1.576	10.795	-4.201	110.689	98.494	95.799	Tengah
109	37	18	1.913259015	105	40	56	105.6822222	1.6	1.532	1.464	12.606	-3.471	111.874	95.767	96.529	Tengah
120	44	48	2.107426894	105	56	0	105.9333333	1	0.918	0.836	15.164	-3.647	113.033	92.247	96.353	Tengah
124	48	15	2.178243629	102	49	31	102.8252778	1.5	1.408	1.316	17.493	-3.791	114.364	90.015	96.209	Tengah
125	55	3	2.197674961	102	48	58	102.8161111	0.9	0.797	0.694	19.586	-3.653	115.862	88.510	96.347	Sungai
136	30	46	2.382597443	99	24	5	99.40138889	1.4	1.27	1.14	25.306	-3.860	117.416	81.640	96.140	Sungai
141	34	41	2.471003218	99	27	42	99.46166667	1	0.84	0.68	31.135	-4.429	119.349	75.607	95.571	Sungai
147	15	45	2.57021549	100	57	30	100.9583333	1.6	1.493	1.386	20.627	-3.887	111.155	82.650	96.113	AS Sungai
166	32	38	2.90673921	101	34	33	101.5758333	1.5	1.401	1.302	19.003	-3.693	104.422	81.519	96.307	Sungai
7	50	44	0.136930776	101	9	10	101.1527778	0.5	0.378	0.256	23.487	-3.408	103.206	123.267	96.592	Sungai
16	20	25	0.285191648	98	32	4	98.53444444	0.9	0.796	0.692	20.342	-2.249	105.723	119.520	97.751	Bawah
161	28	1	2.818129814	112	52	24	112.8733333	1.8	1.75	1.7	8.489	-3.731	102.698	91.951	96.269	Sungai
14	50	39	0.259079583	100	25	27	100.4241667	1	0.904	0.808	18.571	-2.721	104.758	117.952	97.279	Bawah
146	48	41	2.562342116	127	2	10	127.0361111	2.6	2.568	2.536	4.078	-4.045	102.232	96.587	95.955	Sungai
16	43	0	0.291760873	107	17	54	107.2983333	1.3	1.22	1.14	14.585	-4.162	104.195	113.969	95.838	Sungai
26	41	33	0.465872011	121	2	40	121.0444444	3.7	3.68	3.66	2.936	-3.847	101.319	102.623	96.153	Sungai
19	7	33	0.333808764	105	37	37	105.6269444	1.8	1.725	1.65	13.912	-4.016	104.558	113.144	95.984	Sungai
365	25	47	6.377951837	105	56	36	105.9433333	3.9	3.868	3.836	5.917	-3.958	100.560	105.891	96.042	Sungai
24	11	2	0.422088487	101	11	35	101.1930556	1.4	1.315	1.23	16.359	-2.952	106.702	114.924	97.048	Bawah
25	3	32	0.437360118	111	3	56	111.0655556	2.3	2.25	2.2	8.708	-4.004	103.688	107.888	95.996	Sungai
25	35	57	0.446789744	104	8	42	104.145	1.8	1.723	1.646	14.480	-3.772	106.257	113.059	96.228	Bawah
25	15	48	0.440928347	104	13	15	104.2208333	2.2	2.138	2.076	11.652	-3.491	104.973	110.537	96.509	Sungai
32	50	25	0.573170974	106	40	12	106.67	1.7	1.637	1.574	11.563	-3.500	106.271	109.715	96.500	Sungai
34	55	50	0.609653204	101	7	31	101.1252778	1.1	1.028	0.956	13.864	-2.154	107.938	111.366	97.846	Bawah
38	27	5	0.671103338	104	12	40	104.2111111	1.9	1.83	1.76	13.156	-3.562	108.181	110.303	96.438	Sungai
51	36	19	0.900682009	103	59	19	103.9886111	0.7	0.632	0.564	12.805	-2.222	110.036	107.953	97.778	Tengah
41	31	25	0.724723731	94	19	36	94.32666667	0.8	0.715	0.63	16.903	-0.394	111.206	112.655	99.606	Tengah
52	49	12	0.921882911	94	29	44	94.49555556	2	1.929	1.858	14.113	-1.439	111.244	108.529	98.561	Tengah
35	52	14	0.626059299	94	5	10	94.08611111	1.2	1.105	1.01	18.904	-0.855	111.077	115.318	99.145	Tengah
53	42	55	0.937508456	90	44	58	90.74944444	1.8	1.72	1.64	15.997	-0.329	112.895	109.467	99.671	Tengah
62	43	8	1.094651114	90	15	30	90.25833333	1.5	1.42	1.34	16.000	0.108	114.220	107.334	100.108	Tengah

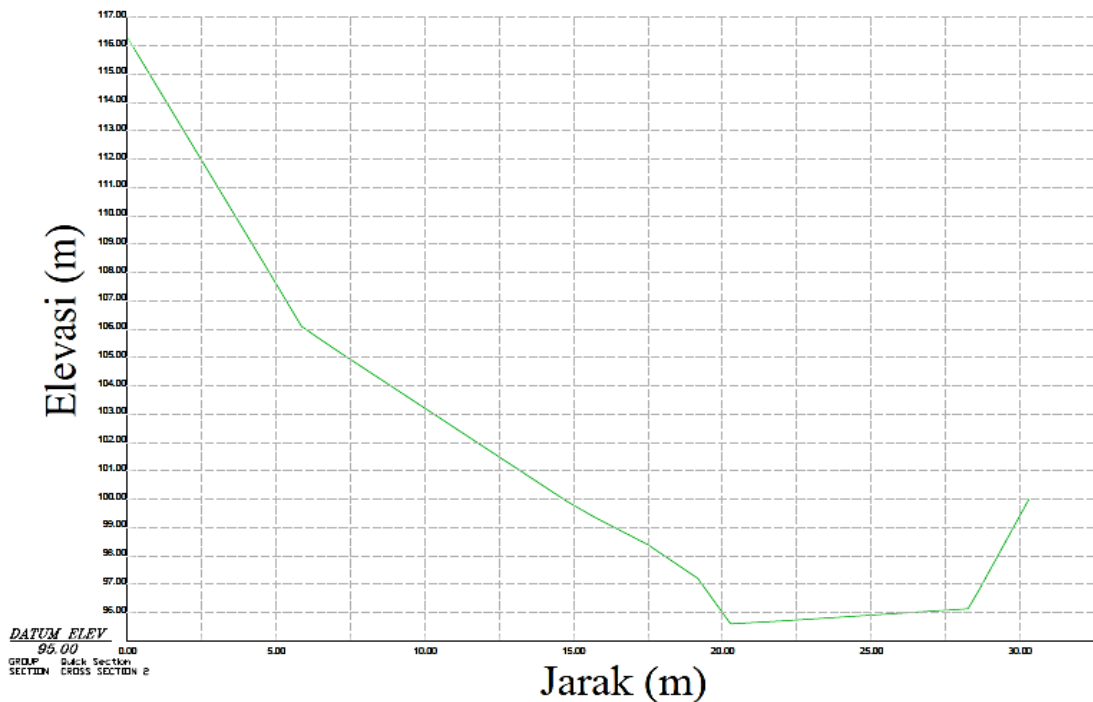
Tabel 5.1 Data Pengukuran Dari Hasil Survey Pemetaan Lereng (Lanjutan)

	34	38	3	0.604480242	86	56	49	86.94694444	1.6	1.488	1.376	22.336	1.303	112.695	118.378	101.303	Tengah
	69	16	55	1.209198043	87	4	32	87.07555556	2	1.92	1.84	15.958	0.495	114.926	105.646	100.495	Tengah
	30	46	35	0.537149318	87	3	33	87.05916667	1.2	1.075	0.95	24.934	1.806	112.759	121.423	101.806	Tengah
	72	14	48	1.260942207	84	38	25	84.64027778	1.2	1.105	1.01	18.834	2.262	117.937	105.743	102.262	Tengah
	71	32	44	1.24870551	79	20	0	79.33333333	1	0.89	0.78	21.246	4.712	120.154	106.726	104.712	Tengah
	30	1	6	0.523918753	83	30	21	83.50583333	1.3	1.168	1.036	26.062	3.399	113.038	122.566	103.399	Tengah
	73	48	10	1.288101469	78	48	57	78.81583333	0.7	0.585	0.47	22.135	5.391	121.256	106.174	105.391	Tengah
	28	5	36	0.490321165	83	25	36	83.42666667	1.5	1.358	1.216	28.028	3.472	113.199	124.726	103.472	Tengah
	73	1	55	1.27464789	77	10	24	77.17333333	0.8	0.678	0.556	23.197	6.204	122.188	106.770	106.204	Tengah
	27	20	26	0.477182714	84	32	53	84.54805556	1.5	1.348	1.196	30.126	3.127	113.836	126.760	103.127	Tengah
	70	17	51	1.226922831	74	46	55	74.78194444	1.5	1.362	1.224	25.698	7.229	124.194	108.664	107.229	Tengah
	65	5	57	1.136194799	77	6	46	77.11277778	1.1	0.97	0.84	24.707	6.283	122.410	110.403	106.283	Tengah
	62	21	52	1.088464892	77	3	25	77.05694444	1.4	1.27	1.14	24.696	6.006	121.878	111.455	106.006	Tengah
	26	46	0	0.467166463	81	23	38	81.39388889	1.5	1.34	1.18	31.283	4.995	114.089	127.931	104.995	Tengah
	54	21	30	0.948731893	104	2	14	104.0372222	1.6	1.538	1.476	11.670	-2.856	109.484	106.801	97.144	Bawah
	53	40	58	0.936941224	107	10	51	107.1808333	2.8	2.742	2.684	10.588	-4.416	108.531	106.271	95.584	Sungai
	22	13	43	0.387962452	85	16	46	85.27944444	1.6	1.44	1.28	31.783	2.785	112.024	129.421	102.785	Tengah
	70	2	17	1.222394671	100	0	33	100.0091667	1.6	1.54	1.48	11.637	-1.994	110.938	103.973	98.006	Bawah
	77	27	43	1.351965976	111	45	50	111.7638889	1.4	1.342	1.284	10.005	-3.736	109.767	102.172	96.264	Sungai
	106	54	30	1.865902414	121	39	25	121.6569444	2.915	2.865	2.815	7.246	-5.732	106.932	97.893	94.268	Sungai
	342	18	56	5.974533525	96	5	36	96.09333333	3.654	3.516	3.378	27.289	-4.829	91.710	125.999	95.171	Sungai
	340	40	52	5.946007088	95	0	13	95.00361111	3.69	3.5	3.31	37.711	-5.202	87.524	135.588	94.798	Sungai
	354	10	17	6.181456852	100	29	50	100.4972222	1.9	1.7	1.5	38.672	-7.266	96.073	138.472	92.734	Sungai
	36	25	57	0.63586708	74	46	6	74.76833333	2.9	2.75	2.6	27.929	6.455	116.587	122.471	106.455	Tengah
	48	6	26	0.839629422	74	37	24	74.62333333	1.65	1.502	1.354	27.519	7.666	120.485	118.375	107.666	Tengah
	49	44	34	0.868175251	73	41	56	73.69888889	1.389	1.229	1.069	29.479	8.992	122.497	119.050	108.992	Tengah
	31	17	43	0.546205638	76	58	9	76.96916667	1.77	1.611	1.452	30.183	6.974	115.679	125.792	106.974	Tengah
	174	37	18	3.047723029	90	8	17	90.13805556	1.687	1.592	1.497	19.000	-0.038	101.781	81.084	99.962	Jalan
	173	37	48	3.03041518	90	9	1	90.15027778	1.62	1.578	1.536	8.400	0.000	100.932	91.652	100.000	Jalan
	167	14	20	2.918869248	97	52	0	97.86666667	4.18	4.142	4.104	7.458	-3.572	101.647	92.727	96.428	Bawah Jalan
	145	51	19	2.545654829	108	38	33	108.6425	4.412	4.401	4.39	1.975	-3.467	101.109	98.365	96.533	Bawah Jalan
	337	46	28	5.895276185	90	54	14	90.90388889	1.49	1.448	1.406	8.398	0.020	96.823	107.774	100.020	Jalan
	343	47	42	6.000354702	93	30	14	93.50388889	1.36	1.335	1.31	4.981	-0.040	98.610	104.783	99.960	Jalan

Setelah didapatkan hasil perhitungan seperti diatas, lalu hasil tersebut digambarkan menggunakan program *AutoCAD 2017* untuk mendapatkan gambar tampak melintang (*Cross Section*) dan kontur dari lereng tersebut. Berikut adalah gambar tampak melintang dan kontur lereng dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2.



Gambar 5.1 Kontur Lereng Kali Code



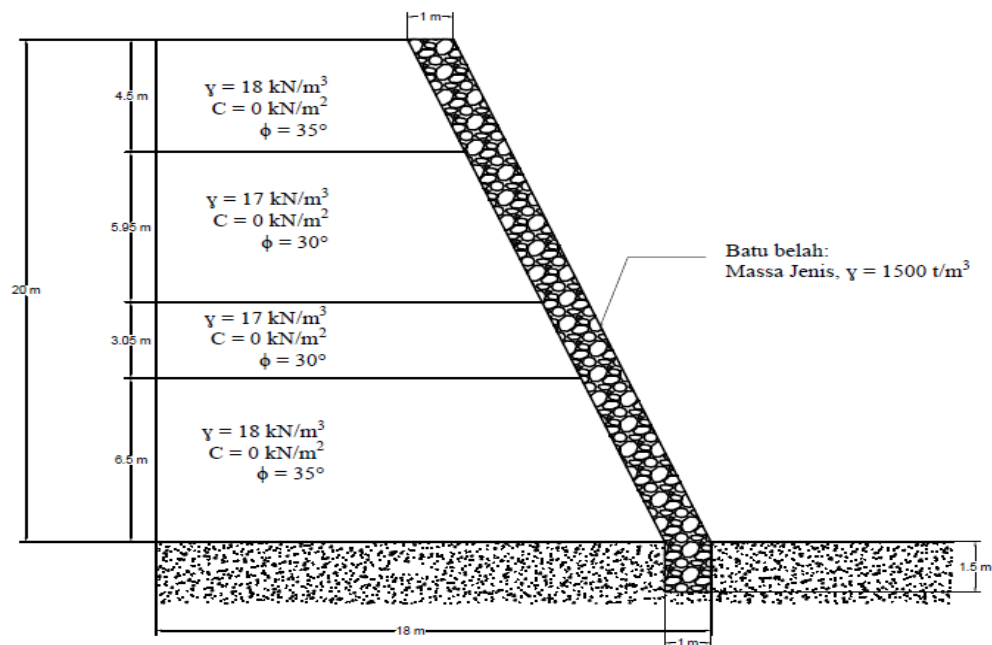
Gambar 5.2 Tampak Melintang (*Cross Section*) Lereng

5.2 Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Program *Geoslope*

Stabilitas lereng yang dianalisis menggunakan program *Geoslope* pada penelitian ini meliputi, analisis stabilitas lereng sebelum longsor, analisis stabilitas lereng kondisi eksisting, dan analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil. Dengan masing-masing menggunakan 2 variasi beban vertikal, 2 variasi muka air tanah, dan gempa. Metode yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng adalah *Fellenius Sliced Method*. Digunakan *Fellenius Sliced Method* karena metode ini dapat menghasilkan faktor aman yang lebih rendah dari cara hitungan yang lebih teliti. Besarnya nilai kesalahan dapat tergantung dari faktor aman, sudut pusat lingkaran yang dipilih, dan besarnya tekanan air pori. Walaupun analisis ditinjau dalam tinjauan tegangan total, kesalahan analisis masih merupakan fungsi dari faktor aman dan sudut pusat dari lingkaran. Cara ini telah banyak digunakan dalam praktek, karena cara hitungan sederhana dan kesalahan hitungan yang dihasilkan masih pada sisi yang aman.

5.2.1 Analisis Stabilitas Lereng Sebelum Longsor

Pada analisis stabilitas lereng sebelum longsor, bentuk geometri lereng yang di analisis menggunakan program *Geoslope* hanya perkiraan peneliti saja, Karena penelitian ini dilakukan setelah lereng di Kali Code mengalami longsor. Data penyelidikan tanah yang dipakai pada analisis ini adalah data penyelidikan tanah pada lokasi 2 (BD 2) yang dapat dilihat pada Lampiran-1. Untuk data tanah dapat dilihat pada Tabel 4.3. Berikut adalah perkiraan bentuk geometri dan lapisan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.3.

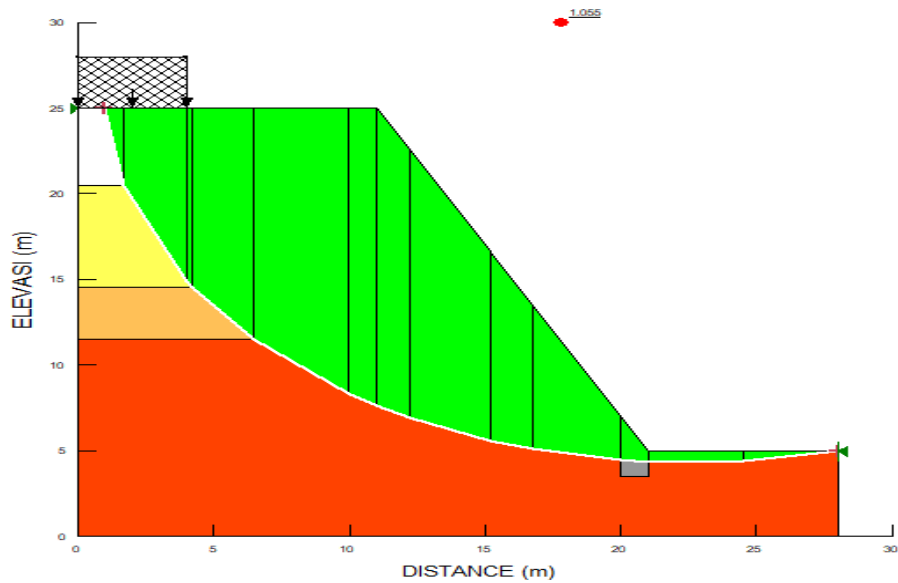


Gambar 5.3 Geometri Lereng Sebelum Longsor

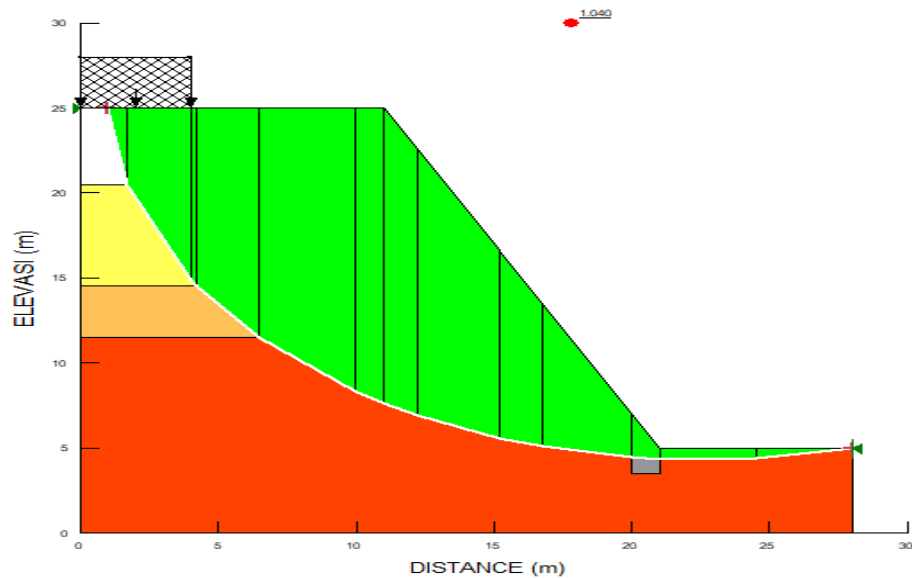
Setelah mendesain geometri lereng sebelum longsor, lalu menganalisis stabilitas menggunakan program *Geoslope* dengan 2 variasi beban vertikal, 2 variasi muka air tanah, dan gempa untuk mencari angka keamanannya (SF).

5.2.1.1 Variasi Beban Vertikal

Variasi beban vertikal dianalisis dengan 2 variasi pembebanan, yaitu beban 10 kN/m^3 dan 20 kN/m^3 . Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas lereng sebelum longsor menggunakan program *Geoslope* dengan 2 variasi beban dapat dilihat pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5.



Gambar 5.4 Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Sebelum Longsor Variasi
Beban Vertikal 1 (10 kN/m^3)



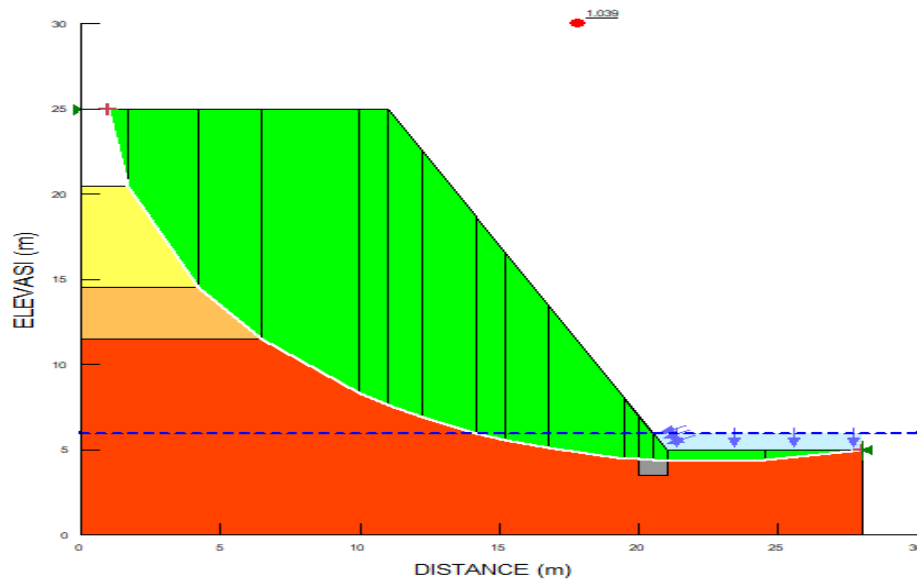
Gambar 5.5 Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Sebelum Longsor Variasi
Beban Vertikal 2 (20 kN/m^3)

Berdasarkan dari Gambar 5.4 dan Gambar 5.5 diatas, diperoleh hasil sebagai berikut.

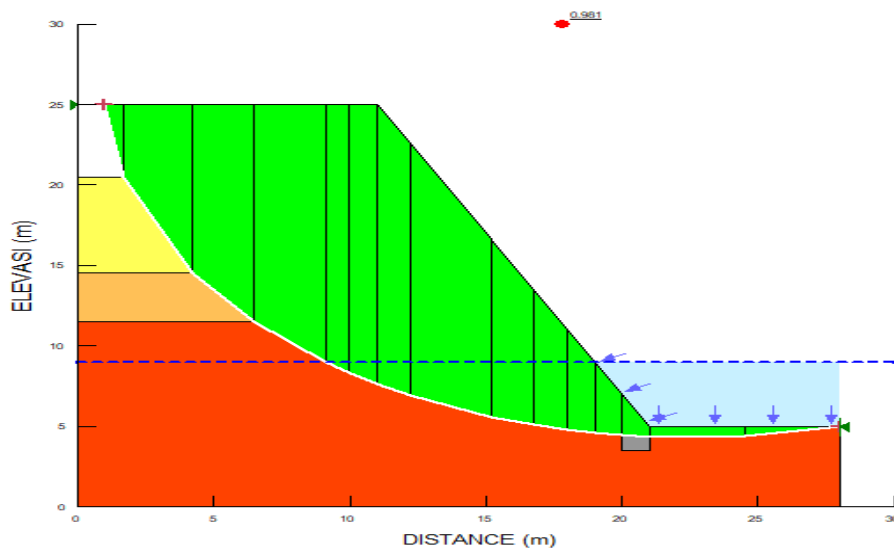
1. Angka keamanan (SF) ditinjau pada variasi 1 (10 kN/m^3) sebesar 1,055
2. Angka keamanan (SF) ditinjau pada variasi 2 (20 kN/m^3) sebesar 1,040

5.2.1.2 Variasi Muka Air Tanah

Variasi muka air tanah dianalisis dengan 2 variasi kedalaman tanpa beban vertikal, yaitu kedalaman -19 m atau ketinggian air 1 m, dan -16 m atau ketinggian air 4 m. Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas lereng sebelum longsor menggunakan program *Geoslope* dengan 2 variasi kedalaman dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7.



Gambar 5.6 Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Sebelum Longsor Variasi Muka Air 1 (-19 m atau ketinggian air 1 m)



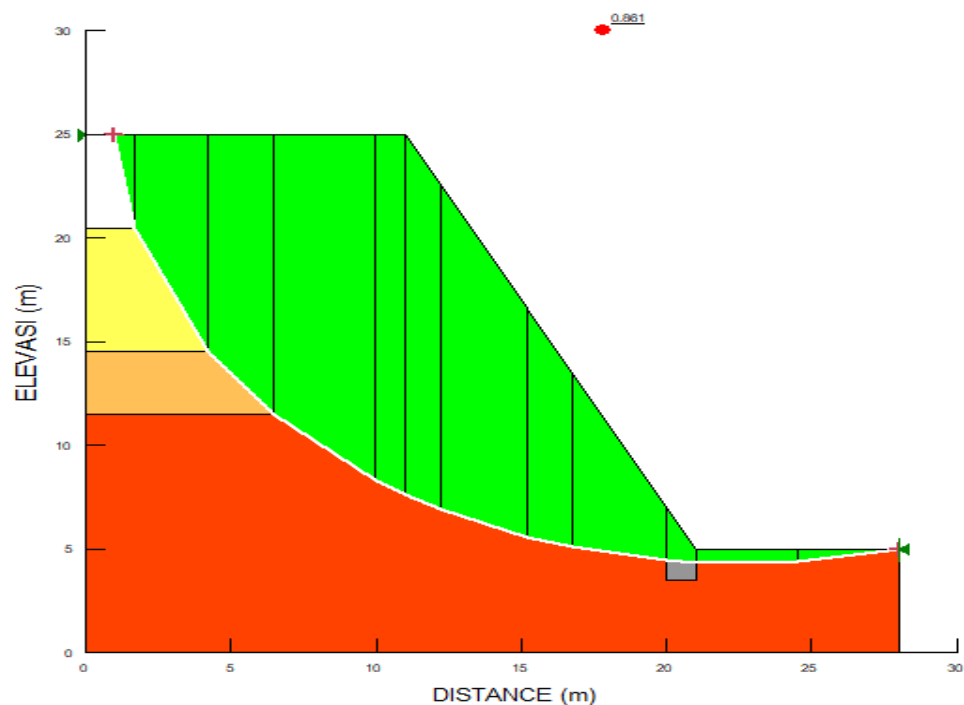
Gambar 5.7 Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Sebelum Longsor Variasi Muka Air 2 (-16 m atau ketinggian air 4 m)

Berdasarkan dari Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 diatas, diperoleh hasil sebagai berikut.

1. Angka keamanan (SF) ditinjau pada variasi 1 (-19 m) sebesar 1,039
2. Angka keamanan (SF) ditinjau pada variasi 2 (-16 m) sebesar 0,981

5.2.1.3 Gempa

Gempa dianalisis dengan melihat koefisien gempa vertikal dan gempa horizontal pada peta zona gempa sesuai daerah. Diketahui koefisien gempa vertikal dan gempa horizontal pada Daerah Istimewa Yogyakarta adalah 0,3g, dan tanpa beban vertikal diatas lereng. Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas lereng sebelum longsor menggunakan program *Geoslope* dengan koefisien gempa dapat dilihat pada Gambar 5.8.

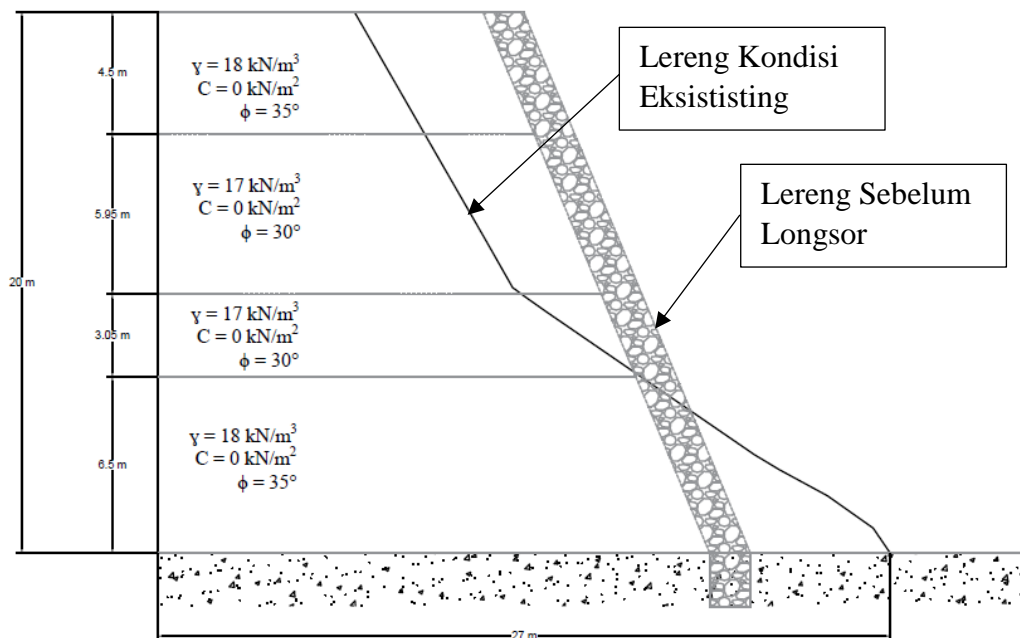


Gambar 5.8 Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Sebelum Longsor Akibat Gempa

Berdasarkan dari Gambar 5.8. tersebut, diperoleh hasil angka keamanan (SF) ditinjau pada akibat gempa sebesar 0,861.

5.2.2 Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Eksisting

Pada analisis stabilitas lereng kondisi eksisting, bentuk geometri lereng yang di analisis menggunakan program *Geoslope* adalah geometri lereng asli yang sebelumnya telah dilakukan survey pemetaan/topografi lereng di lokasi longoran, seperti yang terlihat pada Gambar 5.2. Data penyelidikan tanah yang dipakai pada analisis ini adalah data penyelidikan tanah pada lokasi 2 (BD 2) yang dapat dilihat pada Lampiran-1. Untuk data tanah dapat dilihat pada Tabel 4.3. Berikut adalah bentuk geometri yang lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 5.9.



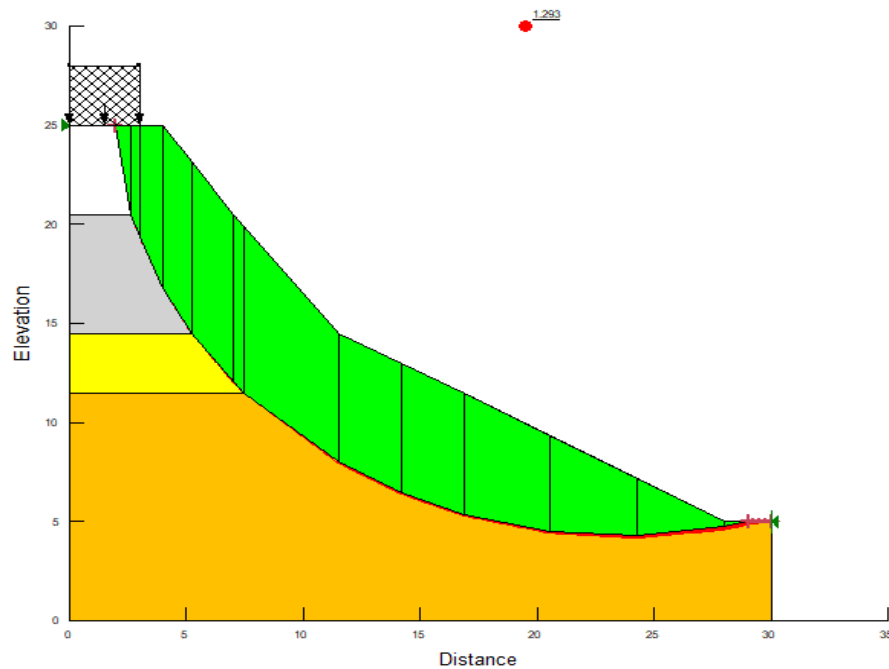
Gambar 5.9 Geometri Lereng Kondisi Eksisting

Setelah mendapatkan geometri lereng kondisi eksisting dengan melakukan survey pemetaan/topografi, lalu menganalisis stabilitas menggunakan program *Geoslope* dengan 2 variasi beban vertikal, 2 variasi muka air tanah, dan gempa untuk mencari angka keamanannya (SF).

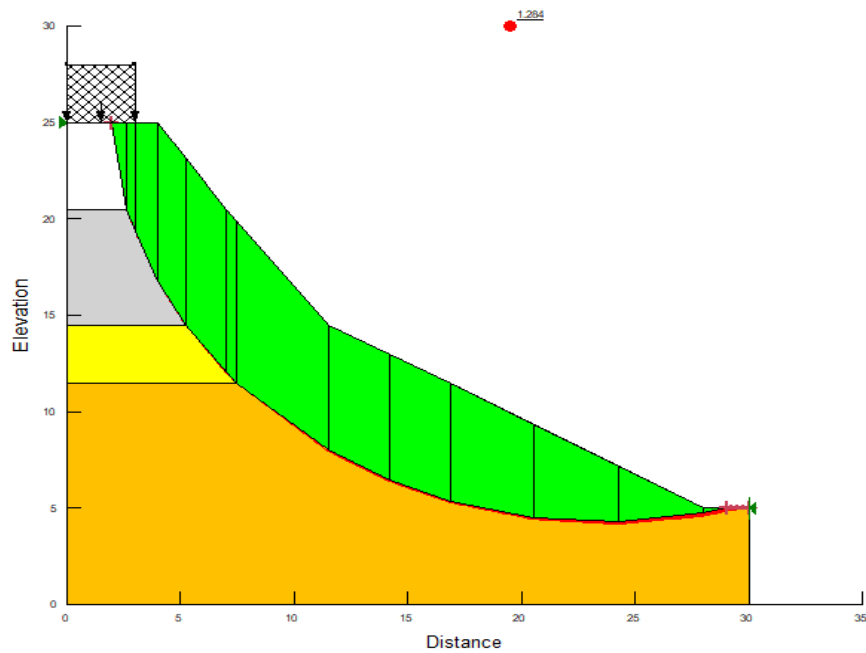
5.2.2.1 Variasi Beban Vertikal

Variasi beban vertikal dianalisis dengan 2 variasi pembebanan, yaitu beban 10 kN/m^3 dan 20 kN/m^3 . Berikut adalah angka keamanan hasil analisis

stabilitas lereng kondisi eksisting menggunakan program *Geoslope* dengan 2 variasi beban dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11.



Gambar 5.10 Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Kondisi Eksisting Variasi Beban Vertikal 1 (10 kN/m^3)



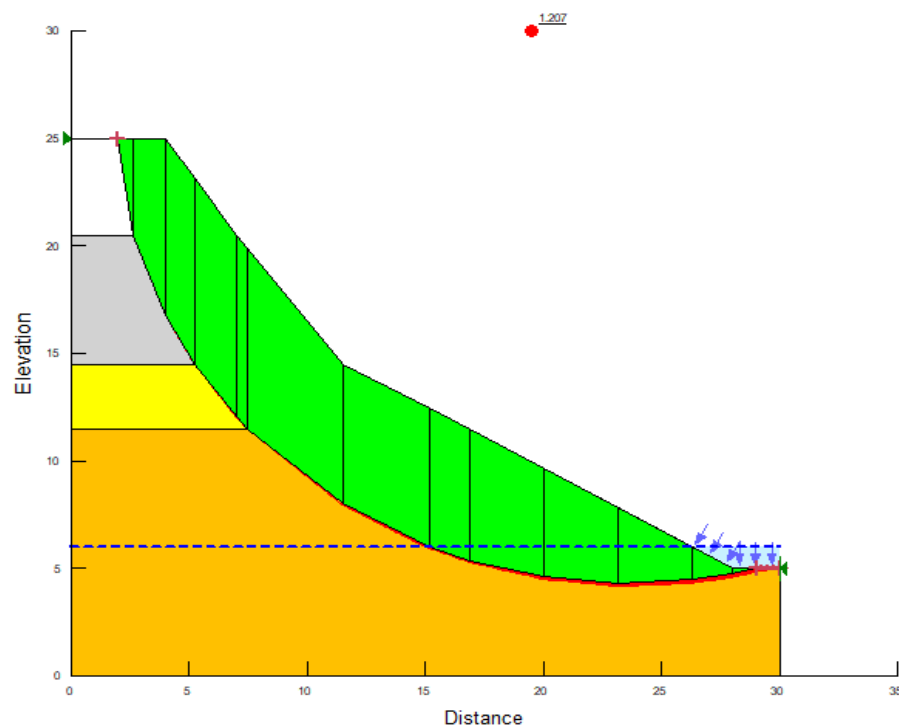
Gambar 5.11 Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Kondisi Eksisting Variasi Beban Vertikal 2 (20 kN/m^3)

Berdasarkan dari Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 diatas, diperoleh hasil sebagai berikut.

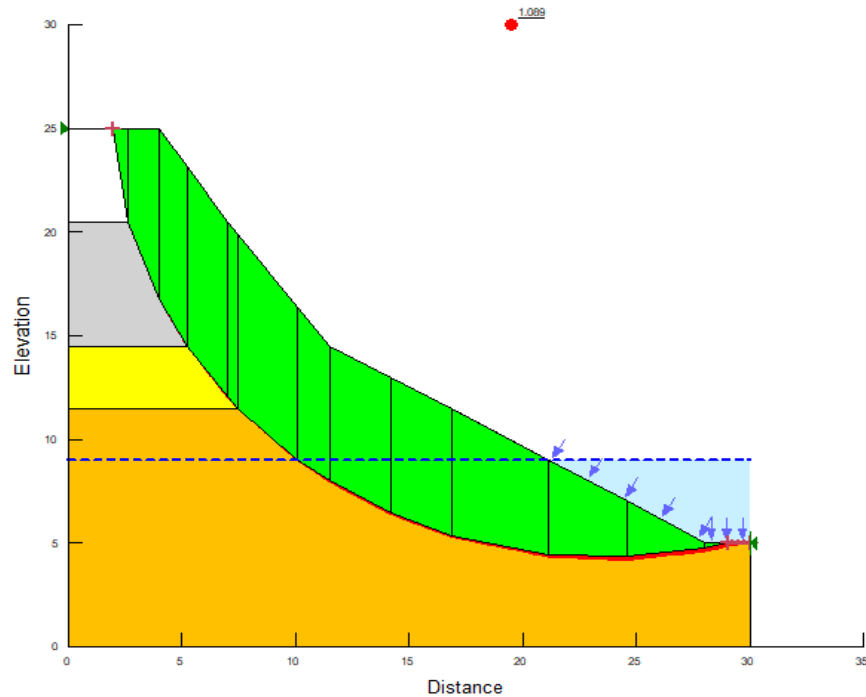
1. Angka keamanan (SF) ditinjau pada variasi 1 (10 kN/m^3) sebesar 1,293
2. Angka keamanan (SF) ditinjau pada variasi 2 (20 kN/m^3) sebesar 1,284

5.2.2.2 Variasi Muka Air Tanah

Variasi muka air tanah dianalisis dengan 2 variasi kedalaman tanpa beban vertikal, yaitu kedalaman -19 m atau ketinggian air 1 m, dan -16 m atau ketinggian air 4 m. Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas lereng kondisi eksisting menggunakan program *Geoslope* dengan 2 variasi kedalaman dapat dilihat pada Gambar 5.12 dan Gambar 5.13.



Gambar 5.12 Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Kondisi Eksisting Variasi Muka Air 1 (-19 m atau ketinggian air 1 m)



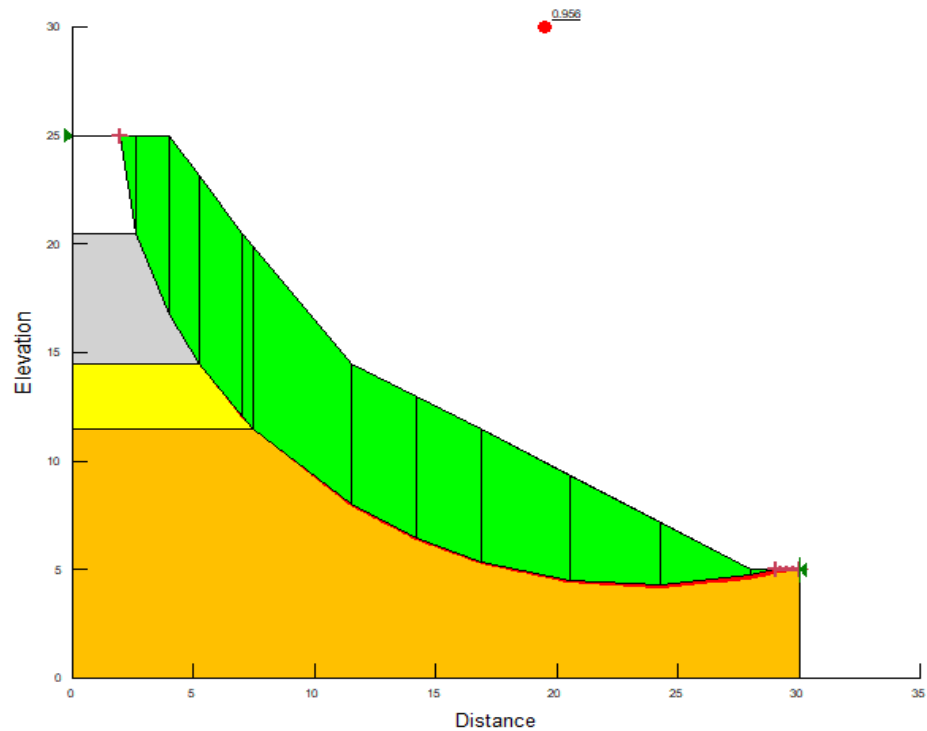
Gambar 5.13 Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Kondisi Eksisting Variasi Muka Air 2 (-16 m atau ketinggian air 4 m)

Berdasarkan dari Gambar 5.12 dan Gambar 5.13 diatas, diperoleh hasil sebagai berikut.

1. Angka keamanan (SF) ditinjau pada variasi 1 (-19 m) sebesar 1,207
2. Angka keamanan (SF) ditinjau pada variasi 2 (-16 m) sebesar 1,089

5.2.2.3 Gempa

Gempa dianalisis dengan melihat koefisien gempa vertikal dan gempa horizontal pada peta zona gempa sesuai daerah. Diketahui koefisien gempa vertikal dan gempa horizontal pada Daerah Istimewa Yogyakarta adalah 0,3g, dan tanpa beban vertikal diatas lereng. Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas lereng kondisi eksisting menggunakan program *Geoslope* dengan koefisien gempa dapat dilihat pada Gambar 5.14.

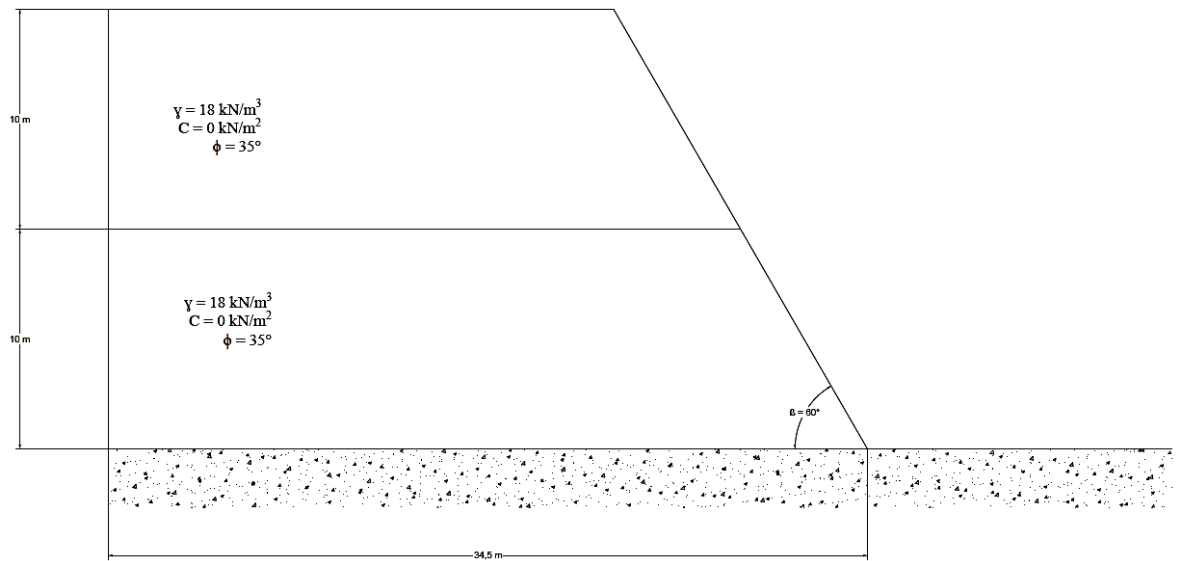


Gambar 5.14 Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Kondisi Eksisting Akibat Gempa

Berdasarkan dari Gambar 5.14 diatas, diperoleh hasil angka keamanan (SF) ditinjau pada gempa sebesar 0,956.

5.2.3 Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil

Pada analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil, bentuk geometri lereng yang di analisis menggunakan program *Geoslope* adalah geometri lereng asli yang sebelumnya telah dilakukan survey pemetaan/topografi lereng di lokasi longsor, yang telah ditambah dengan timbunan baru. Untuk perhitungan perkuatan geotekstil dilakukan perhitungan manual untuk mencari kuat tarik yang terjadi, tegangan horizontal, panjang penjangkaran, dan sebagainya. Sedangkan jarak antar geotekstil diasumsikan. Berikut adalah bentuk geometri yang lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 5.15.



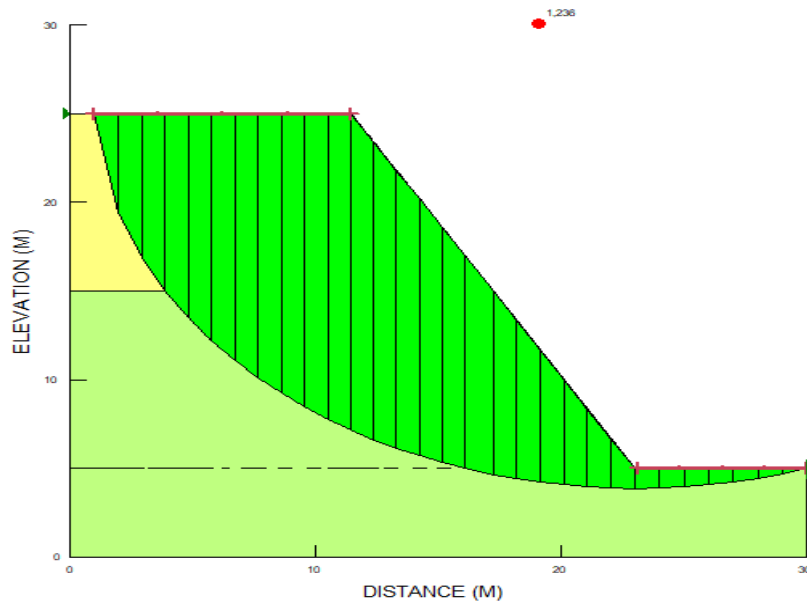
Gambar 5.15 Geometri Lereng Yang Akan Diperkuat

Data yang diperlukan untuk analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil, yaitu.

Berat volume tanah (γ)	= 1,8 t/m ³
Sudut geser (ϕ)	= 35°
Kohesi (c)	= 0°
Kuat tarik geotekstil (P_u)	= 6 t/m
Jarak antar geotekstil zona 1 (S_{v1})	= 0,5 m
Jarak antar geotekstil zona 2 (S_{v2})	= 0,6 m
Tinggi lereng 1 (Z_1)	= 10 m
Tinggi lereng 2 (Z_2)	= 10 m
Sudut lereng (β)	= 60°

1. Menentukan nilai koefisien tekanan tanah lateral (K_{req})

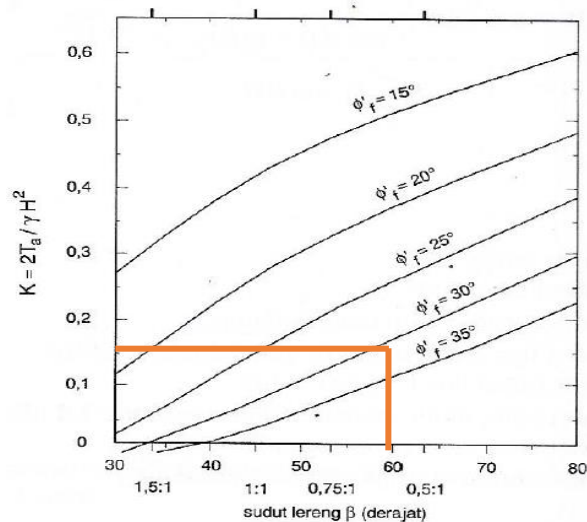
Untuk menentukan nilai koefisien tekanan tanah lateral, terlebih dahulu mencari nilai ϕ'_f . Nilai SF = 1,235 diperoleh dari analisis stabilitas lereng dengan program *Geoslope* dan dihitung secara terpisah. Berikut adalah gambar analisis stabilitas lereng dapat dilihat pada Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Analisis Stabilitas Lereng Yang Akan Diperkuat

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } \phi'_f &= \text{arc tg} \left(\frac{\text{tg } \phi}{SF} \right) \\
 &= \text{arc tg} \left(\frac{\text{tg } 35^\circ}{1,235} \right) \\
 &= 29,53^\circ
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan nilai koefisien tekanan tanah lateral digunakan grafik yang terdapat pada Gambar 3.14 . Berikut adalah Gambar 5.17 hasil penentuan nilai K_{req} .



Gambar 5.17 Grafik Hasil Penentuan Nilai K_{req} (Schmertmann, 1987)

Dari grafik diatas didapatkan nilai koefisien tekanan tanah lateral (K) sebesar 0,15.

2. Menghitung tegangan horizontal (σ_h).

$$\begin{aligned}\sigma_h &= K \cdot \gamma \cdot Z \\ &= 0,15 \cdot 1,8 \cdot 20 \\ &= 5,4 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

3. Menghitung kuat tarik tulangan yang terjadi (P_{req})

$$\begin{aligned}P_{req} &= \sigma_h \cdot S_{v1} \cdot SF \\ &= 5,4 \cdot 0,5 \cdot 1,5 \\ &= 2,7 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Berikut adalah Tabel perhitungan keseluruhan P_{req} , dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Perhitungan Keseluruhan P_{req}

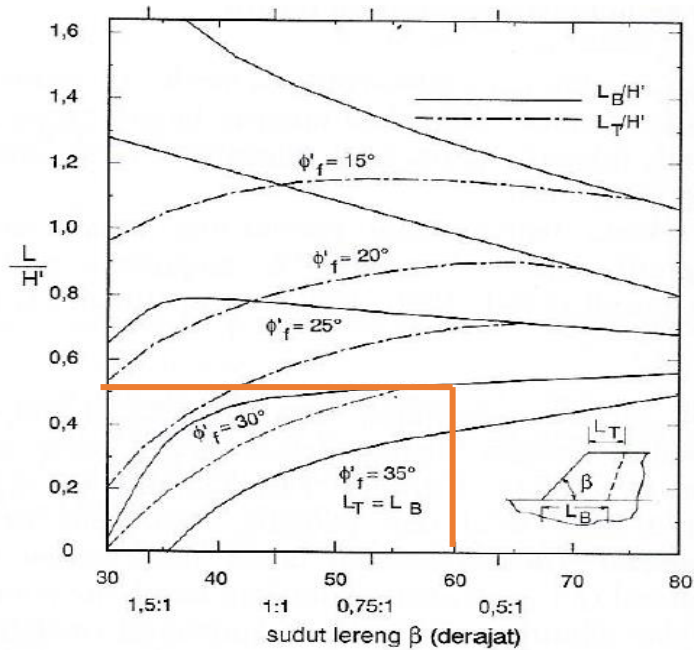
Lapis	K	γ (t/m ³)	z (m)	σ_h (t/m ²)	Sv (m)	SF	P_{req} (t/m ²)
1	0,15	1,8	20	5,4	0,5	1,5	2,7
2	0,15	1,8	19,5	5,265	0,5	1,5	2,6325
3	0,15	1,8	19	5,13	0,5	1,5	2,565
4	0,15	1,8	18,5	4,995	0,5	1,5	2,4975
5	0,15	1,8	18	4,86	0,5	1,5	2,43
6	0,15	1,8	17,5	4,725	0,5	1,5	2,3625
7	0,15	1,8	17	4,59	0,5	1,5	2,295
8	0,15	1,8	16,5	4,455	0,5	1,5	2,2275
9	0,15	1,8	16	4,32	0,5	1,5	2,16
10	0,15	1,8	15,5	4,185	0,5	1,5	2,0925
11	0,15	1,8	15	4,05	0,5	1,5	2,025
12	0,15	1,8	14,5	3,915	0,5	1,5	1,9575
13	0,15	1,8	14	3,78	0,5	1,5	1,89
14	0,15	1,8	13,5	3,645	0,5	1,5	1,8225
15	0,15	1,8	13	3,51	0,5	1,5	1,755

16	0,15	1,8	12,5	3,375	0,5	1,5	1,6875
17	0,15	1,8	12	3,24	0,5	1,5	1,62
18	0,15	1,8	11,5	3,105	0,5	1,5	1,5525
19	0,15	1,8	11	2,97	0,5	1,5	1,485
20	0,15	1,8	10,5	2,835	0,5	1,5	1,4175
21	0,15	1,8	10	2,7	0,5	1,5	1,35
22	0,15	1,8	9,4	2,538	0,6	1,5	1,5228
23	0,15	1,8	8,8	2,376	0,6	1,5	1,4256
24	0,15	1,8	8,2	2,214	0,6	1,5	1,3284
25	0,15	1,8	7,6	2,052	0,6	1,5	1,2312
26	0,15	1,8	7	1,89	0,6	1,5	1,134
27	0,15	1,8	6,4	1,728	0,6	1,5	1,0368
28	0,15	1,8	5,8	1,566	0,6	1,5	0,9396
29	0,15	1,8	5,2	1,404	0,6	1,5	0,8424
30	0,15	1,8	4,6	1,242	0,6	1,5	0,7452
31	0,15	1,8	4	1,08	0,6	1,5	0,648
32	0,15	1,8	3,4	0,918	0,6	1,5	0,5508
33	0,15	1,8	2,8	0,756	0,6	1,5	0,4536
34	0,15	1,8	2,2	0,594	0,6	1,5	0,3564
35	0,15	1,8	1,6	0,432	0,6	1,5	0,2592
36	0,15	1,8	1	0,27	0,6	1,5	0,162
37	0,15	1,8	0,4	0,108	0,6	1,5	0,0648

Berdasarkan Tabel 5.2 dapat diketahui nilai P_{req} dari masing-masing lapis. Nilai P_{req} terbesar terdapat pada lapis 1 dengan nilai $P_{req} = 2,7 \text{ t/m}^2$. Pada Persamaan 3.20 $P_u \geq P_{req}$, maka $6 \text{ t/m} \geq 2,7 \text{ t/m}^2$ nilai P_u telah memenuhi persyaratan.

4. Menentukan nilai $\frac{L}{H'}$

Untuk menentukan nilai $\frac{L}{H'}$ digunakan grafik yang terdapat pada Gambar 3.15, diketahui $\phi'_f = 29,53^\circ$. Berikut adalah Gambar 5.18 hasil penentuan nilai $\frac{L}{H'}$.



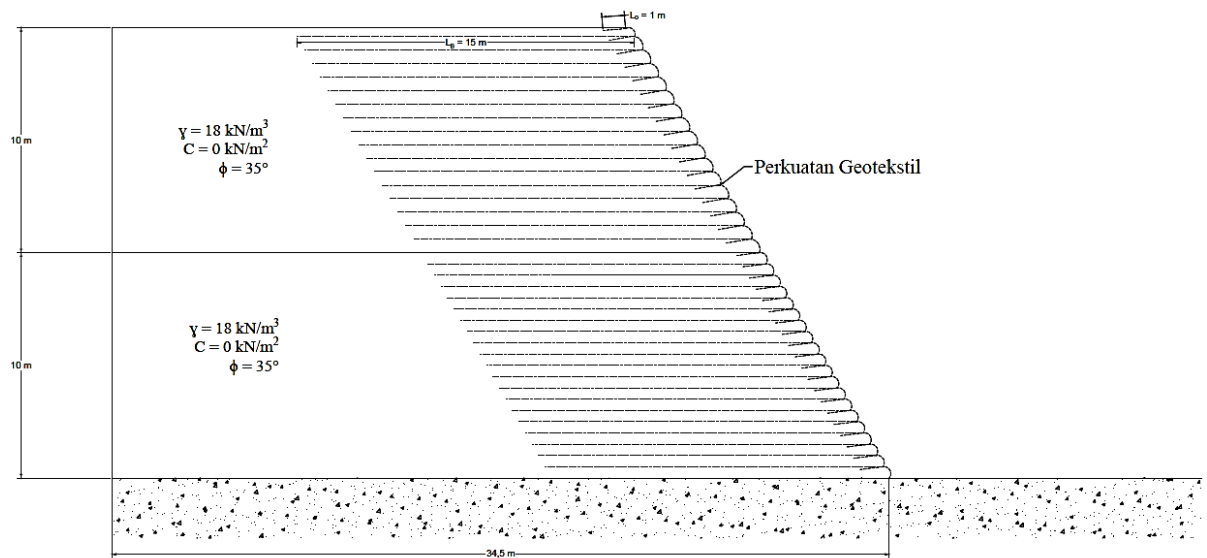
Gambar 5.18 Hasil Penentuan nilai $\frac{L}{H'}$ (Schmertmann, 1987)

Dari grafik diatas didapatkan nilai $\frac{L}{H'}$ sebesar 0,5.

5. Menghitung panjang penjangkaran ($L_B = L_T$), digunakan nilai SF = 1,5

$$\begin{aligned} L_B &= \left(\left(\frac{L}{H'} \right) \cdot \left(H + \left(\frac{q}{\gamma} \right) \right) \right) \cdot SF \\ &= \left((0,5) \cdot \left(20 + \left(\frac{0}{1,8} \right) \right) \right) \cdot 1,5 \\ &= 15 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, dari hasil perhitungan diatas panjang penjangkaran bawah dan atas ($L_B = L_T$) sebesar 15 m, dan panjang geotekstil *overlapping* (L_o) dipakai panjang minimum sebesar 1 m. Berikut adalah gambar hasil analisis perhitungan manual dapat dilihat pada Gambar 5.19.



Gambar 5.19 Geometri Lereng Perkuatan Geotekstil

Setelah menganalisis desain perkuatan geotekstil dengan perhitungan manual, lalu menganalisis stabilitasnya menggunakan program *Geoslope* dengan 2 variasi beban vertikal, 2 variasi muka air tanah, dan gempa untuk mencari angka keamanannya (SF).

5.2.3.1 Variasi Beban Vertikal

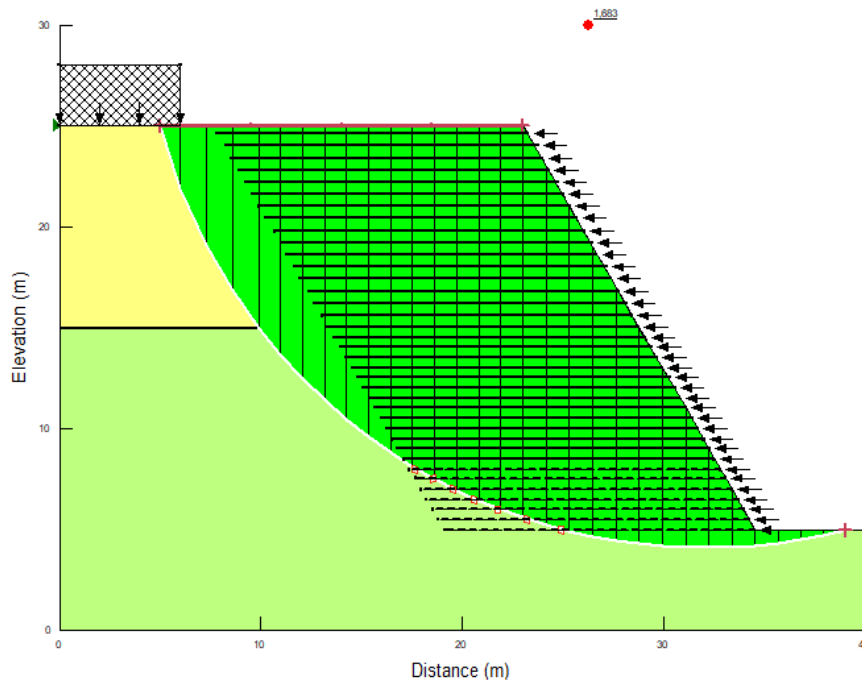
Variasi beban vertikal dianalisis dengan 2 variasi pembebanan, yaitu beban 10 kN/m^3 dan 20 kN/m^3 , untuk variasi beban 10 kN/m^3 digunakan panjang penjangkaran ($L_B = L_T$) seperti perhitungan dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 L_B &= \left(\left(\frac{L}{H'} \right) \cdot \left(H + \left(\frac{q}{\gamma} \right) \right) \right) \cdot SF \\
 &= \left((0,5) \cdot \left(20 + \left(\frac{10}{1,8} \right) \right) \right) \cdot 1,5 \\
 &= 15,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

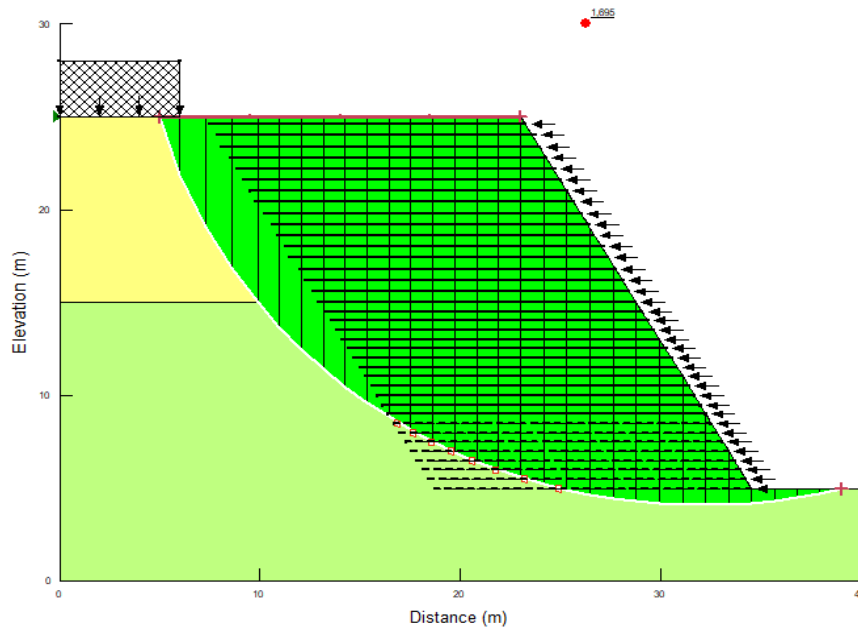
Sedangkan untuk variasi beban 20 kN/m^3 digunakan panjang penjangkaran ($L_B = L_T$) seperti perhitungan dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 L_B &= \left(\left(\frac{L}{H'} \right) \cdot \left(H + \left(\frac{q}{\gamma} \right) \right) \right) \cdot SF \\
 &= \left((0,5) \cdot \left(20 + \left(\frac{20}{1,8} \right) \right) \right) \cdot 1,5 \\
 &= 15,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, panjang penjangkaran ($L_B = L_T$) pada variasi beban 10 kN/m^3 adalah $15,4 \text{ m}$, dan panjang penjangkaran ($L_B = L_T$) pada variasi beban 20 kN/m^3 adalah $15,8 \text{ m}$. Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil menggunakan program *Geoslope* dengan 2 variasi beban dapat dilihat pada Gambar 5.20 dan Gambar 5.21.



Gambar 5.20 Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Beban Vertikal 1 (10 kN/m^3)



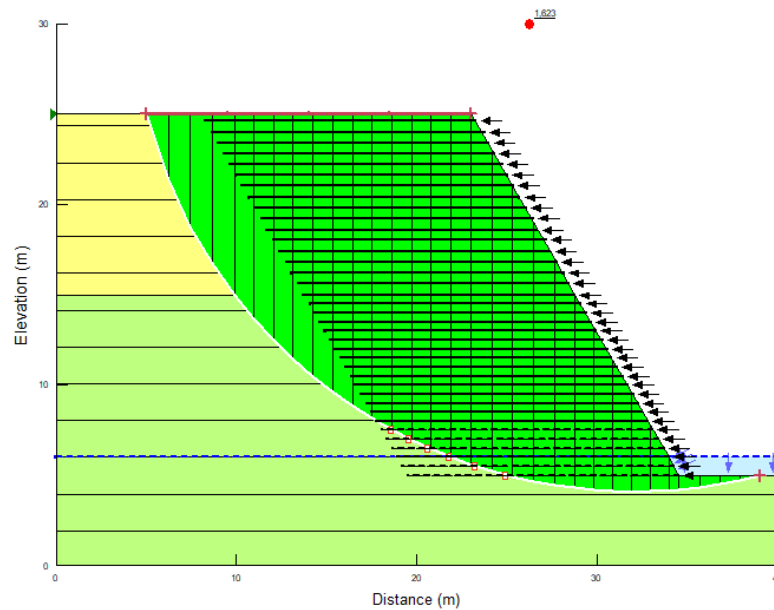
Gambar 5.21 Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Beban Vertikal 2 (20 kN/m^3)

Berdasarkan dari Gambar 5.20 dan Gambar 5.21 diatas, diperoleh hasil sebagai berikut.

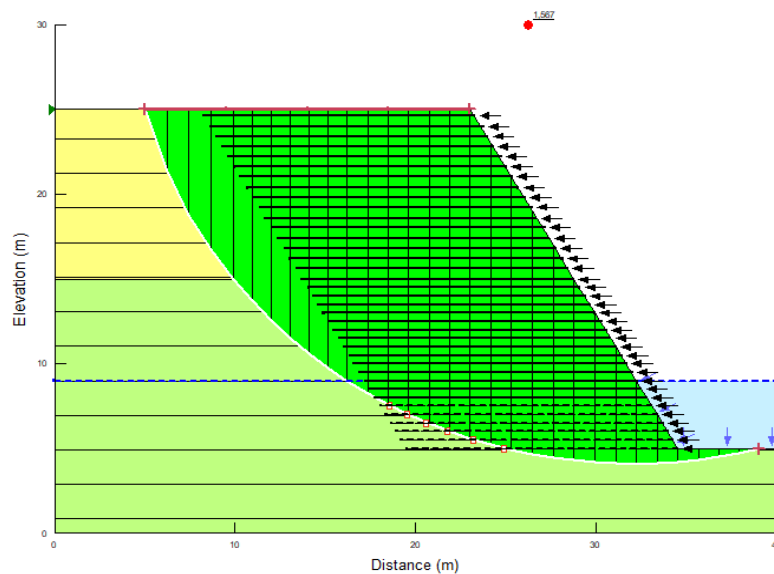
1. Angka keamanan (SF) ditinjau pada variasi 1 (10 kN/m^3) sebesar 1,683
2. Angka keamanan (SF) ditinjau pada variasi 2 (20 kN/m^3) sebesar 1,695

5.2.3.2 Variasi Muka Air Tanah

Variasi muka air tanah dianalisis dengan 2 variasi kedalaman tanpa beban vertikal, yaitu kedalaman -19 m atau ketinggian air 1 m, dan -16 m atau ketinggian air 4 m. Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil menggunakan program *Geoslope* dengan 2 variasi kedalaman dapat dilihat pada Gambar 5.22 dan Gambar 5.23.



Gambar 5.22 Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Muka Air 1 (-19 m atau ketinggian air 1m)



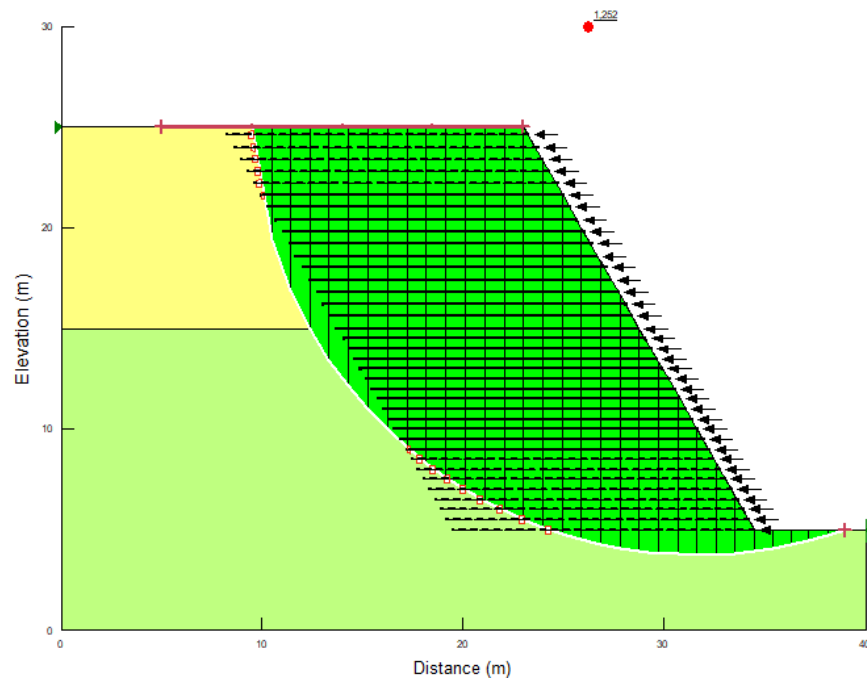
Gambar 5.23 Hasil Analisis Kelongsoran Pada Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Muka Air 2 (-16 m atau ketinggian air 4 m)

Berdasarkan dari Gambar 5.22 dan Gambar 5.23 diatas, diperoleh hasil sebagai berikut.

1. Angka keamanan (SF) ditinjau pada variasi 1 (-19 m) sebesar 1,623
2. Angka keamanan (SF) ditinjau pada variasi 2 (-16 m) sebesar 1,567

5.2.3.3 Gempa

Gempa dianalisis dengan melihat koefisien gempa vertikal dan gempa horizontal pada peta zona gempa sesuai daerah. Diketahui koefisien gempa vertikal dan gempa horizontal pada Daerah Istimewa Yogyakarta adalah 0,3g, dan tanpa beban vertikal diatas lereng. Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil menggunakan program *Geoslope* dengan koefisien gempa dapat dilihat pada Gambar 5.24.



Gambar 5.24 Hasil Analisis Kelongsoran Dengan Perkuatan Geotekstil Pada Lereng Akibat Gempa

Berdasarkan dari Gambar 5.24 diatas, diperoleh hasil angka keamanan (SF) ditinjau pada akibat gempa sebesar 1,252.

Hasil analisis stabilitas lereng sebelum longsor, kondisi eksisting, dan lereng perkuatan geotekstil dengan masing-masing 2 variasi beban vertikal, 2 variasi muka air tanah, dan gempa disajikan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Hasil Analisis Stabilitas Lereng

No	Lereng	Variasi	Stabilitas Kelongsoran Program <i>Geoslope</i> (SF)
1	Lereng sebelum longsor	Beban vertikal 1	1,055
		Beban vertikal 2	1,040
		Muka air tanah 1	1,039
		Muka air tanah 2	0,981
		Gempa	0,861
2	Lereng kondisi eksisting	Beban vertikal 1	1,293
		Beban vertikal 2	1,284
		Muka air tanah 1	1,207
		Muka air tanah 2	1,089
		Gempa	0,956
3	Lereng dengan perkuatan geotekstil	Beban vertikal 1	1,683
		Beban vertikal 2	1,695
		Muka air tanah 1	1,623
		Muka air tanah 2	1,567
		Gempa	1,252

Berdasarkan pada Tabel 5.3 diatas, menurut Tabel 3.1 hubungan nilai faktor keamanan lereng dan intensitas longsor (Bowles. 1989), untuk lereng sebelum longsor dengan berbagai variasinya, didapatkan $SF \leq 1,07$ yang berarti lereng keadaan labil. Untuk lereng kondisi eksisting dengan variasi beban vertikal didapatkan $SF \geq 1,25$ yang berarti lereng relatif stabil, untuk variasi muka air tanah didapatkan SF antara 1,07 sampai 1,25 yang berarti lereng keadaan kritis, sementara untuk gempa didapatkan $SF \leq 1,07$ yang berarti lereng keadaan labil. Perencanaan lereng dengan perkuatan geotekstil variasi beban vertikal, variasi

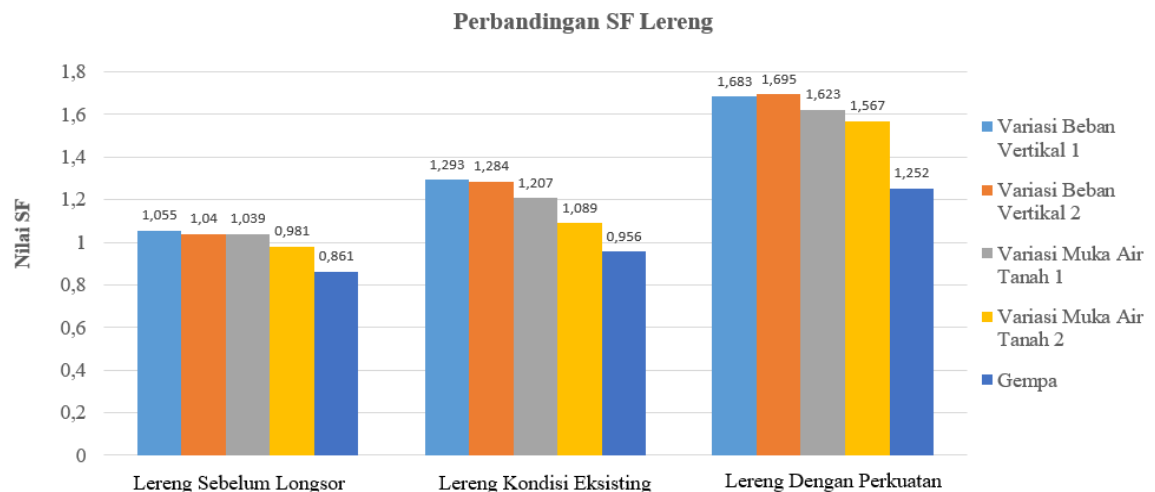
muka air tanah, dan akibat gempa didapatkan $SF \geq 1,25$ yang berarti lereng dengan variasi tersebut relatif stabil.

5.3 Pembahasan

Pembahasan pada penelitian ini menitikberatkan pada perbandingan antara faktor keamanan (SF) pada lereng sebelum longsor, lereng kondisi eksisting, dan lereng dengan perkuatan geotekstil, juga permasalahan pada penggunaan geotekstil yang tidak berfungsi secara optimal yang diperlukan perencanaan ulang menggunakan program *Geoslope*.

5.3.1 Perbandingan Hasil Analisis Stabilitas Lereng Sebelum Longsor, Lereng Kondisi Eksisting, dan Lereng dengan Perkuatan Geotekstil

Program *Geoslope* merupakan program yang digunakan untuk mencari nilai SF terhadap kelongsoran lereng, sehingga pada penelitian ini yang dibandingkan adalah hasil analisis stabilitas dari berbagai variasi terhadap kelongsoran lereng. Perbandingan nilai SF dari hasil perhitungan program *Geoslope* dapat dilihat pada Gambar 5.25.

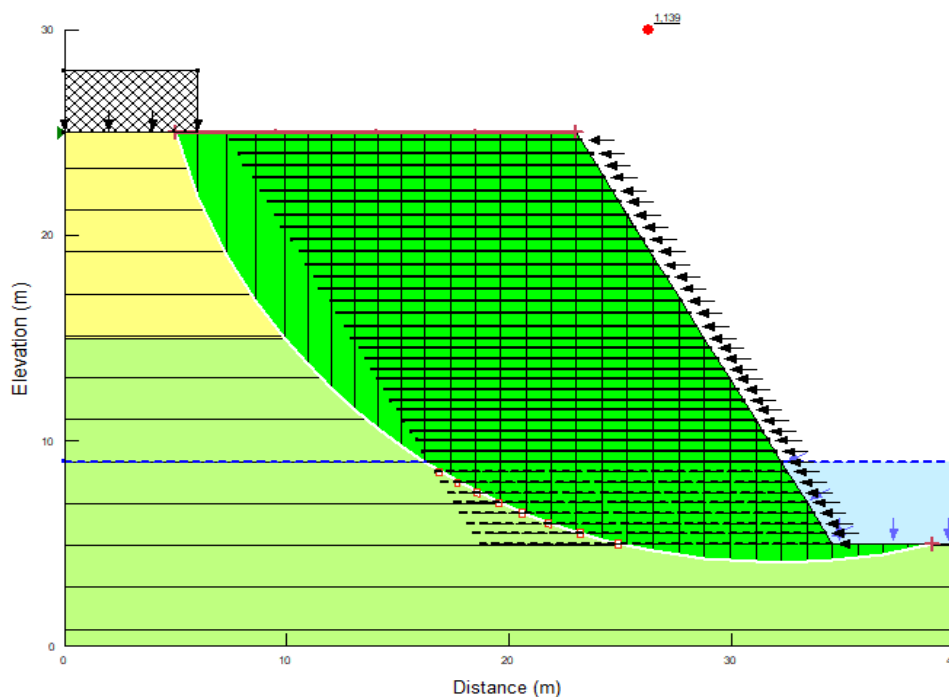


Gambar 5.25 Grafik Perbandingan Faktor Keamanan Lereng

Berdasarkan grafik diatas, diketahui bahwa SF lereng sebelum longsor lebih riskan terhadap longsor, dibandingkan dengan lereng kondisi eksisting, dan lereng dengan perkuatan geotekstil.

5.3.2 Analisis Stabilitas Lereng Perkuatan Geotekstil Dengan Gabungan Variasi

Pada analisis stabilitas lereng perkuatan geotekstil dengan gabungan variasi, bentuk geometri lereng yang di analisis menggunakan program *Geoslope* adalah geometri lereng dengan perkuatan geotekstil seperti pada Gambar 5.19, hanya saja pada analisis ini variasi beban vertikal, variasi muka air tanah, dan gempa di analisis secara keseluruhan. Variasi yang digunakan pada analisis ini adalah variasi beban merata 2 (20 kN/m^3), variasi muka air tanah 2 (-19 m), dan gempa ($0,3g$). Berikut adalah hasil analisis stabilitas lereng perkuatan geotekstil dengan gabungan variasi dapat dilihat pada Gambar 5.26.

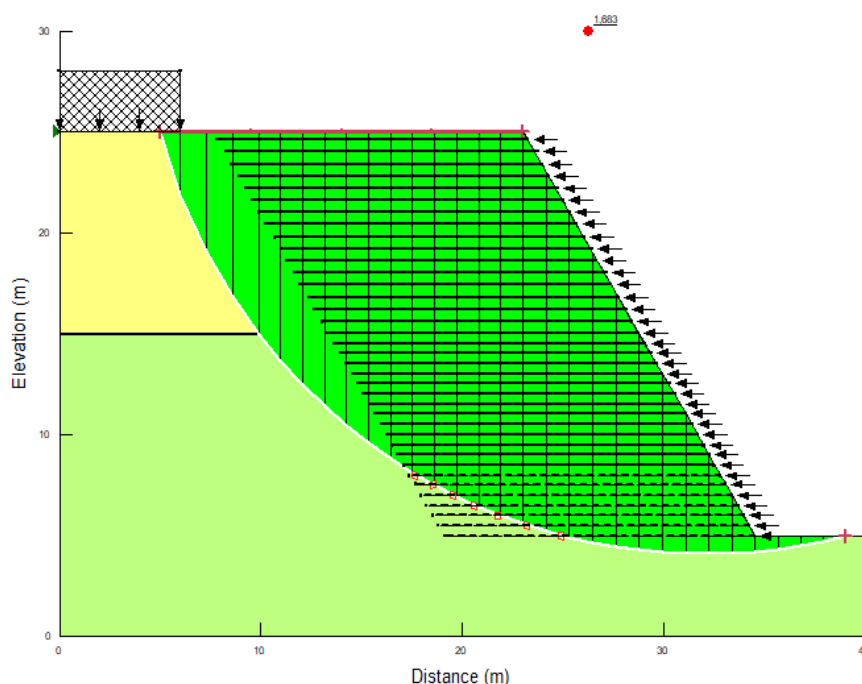


Gambar 5.26 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Perkuatan Geotekstil Dengan Gabungan Variasi

Angka keamanan (SF) yang diperoleh berdasarkan Gambar 5.26 sebesar 1,139. Menurut Tabel 3.1 hubungan nilai faktor keamanan lereng dan intensitas longsor (Bowles. 1989), untuk lereng perkuatan geotekstil dengan gabungan variasi, didapatkan SF antara 1,07 sampai 1,25 yang berarti lereng keadaan kritis.

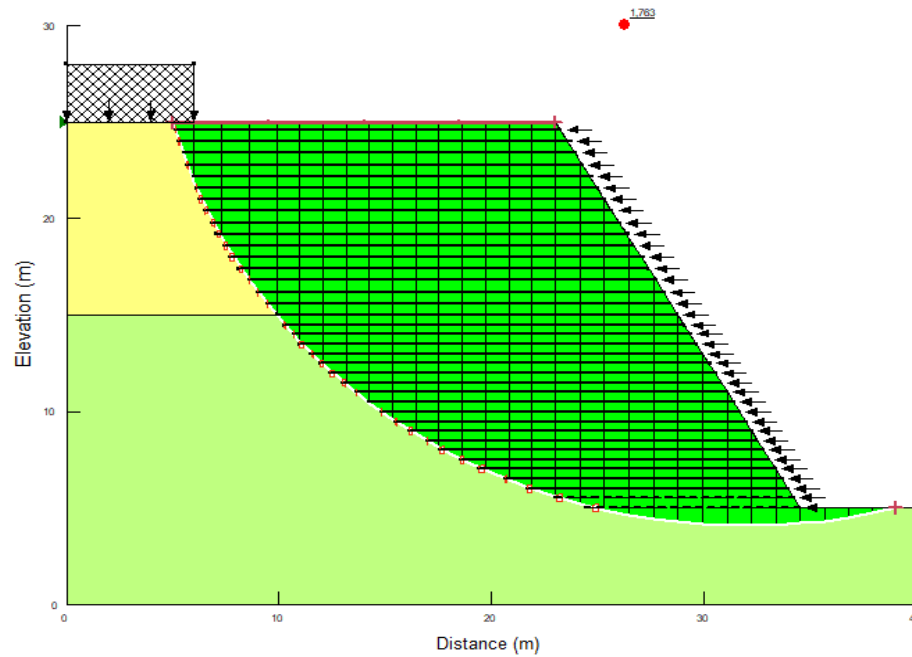
5.3.3 Permasalahan Pada Penggunaan Geotekstil

Pada tinjauan analisis lereng secara keseluruhan dapat dilihat bahwa panjang geotekstil pada lereng atas tidak berfungsi secara optimal, sedangkan pada lereng bawah perkuatan geotekstil melebihi bidang longsor. Hal ini dikarenakan bidang longsor pada lereng atas sangat besar dan pada lereng bawah sangat kecil, sehingga panjang geotekstil pada lereng atas tidak dapat mencapai bidang longsor, seperti yang terlihat pada Gambar 5.27.



Gambar 5.27. Hasil Analisis Lereng Secara Keseluruhan

Angka keamanan (SF) yang diperoleh berdasarkan Gambar 5.27. sebesar 1,683. hasil tersebut menunjukkan adanya peningkatan setelah diberi perkuatan geotekstil. Meskipun demikian, kondisi ini kurang efisien karena terjadi pemborosan geotekstil pada lereng atas, sedangkan panjang geotekstil pada lereng bawah mengalami kekurangan yang memungkinkan terjadinya kelongsoran pada lereng bawah tersebut. Oleh karena itu diperlukan perencanaan ulang, yaitu dengan mengurangi panjang geotekstil pada lereng bawah dan menambah panjang geotekstil pada lereng atas. Hasil analisis stabilitas lereng terhadap kelongsoran lereng setelah dilakukan perencanaan ulang ditunjukkan pada Gambar 5.28.



Gambar 5.28. Hasil Analisis Secara Keseluruhan Setelah Perencanaan Ulang

Berdasarkan Gambar 5.28 diperoleh nilai SF sebesar 1,763 (lebih besar dari nilai SF sebelumnya 1,683). Panjang geotekstil pada lereng atas dibuat hampir seragam, sedangkan pada lereng bawah dibuat berbeda-beda. Penggunaan geotekstil tersebut lebih efisien karena tidak terjadi pemborosan geotekstil pada lereng bawah dan geotekstil pada lereng atas juga lebih berfungsi dalam meningkatkan nilai SF lereng secara keseluruhan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian diatas, kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu.

1. Pada lereng sebelum longsor, hasil analisis menggunakan program *Geoslope* didapatkan SF lereng setelah longsor dengan variasi beban vertikal 1, dan beban vertikal 2 adalah 1,055 dan 1,040. Karena $SF \leq 1,07$, maka lereng labil. Variasi muka air tanah 1, dan muka air tanah 2 adalah 1,039 dan 0,981. Karena $SF \leq 1,07$, maka lereng labil. Sedangkan gempa didapatkan SF sebesar 0,861. Karena $SF \leq 1,07$, maka lereng labil.
2. Berdasarkan analisis menggunakan program *Geoslope* lereng setelah longsor didapatkan SF dengan variasi beban vertikal 1, dan beban vertikal 2 adalah 1,293 dan 1,284. Karena $SF \geq 1,25$, maka longsor jarang terjadi. Variasi muka air tanah 1, dan muka air tanah 2 adalah 1,207 dan 1,089. Karena SF antara 1,07 sampai 1,25, maka lereng keadaan kritis. Sedangkan gempa didapatkan SF sebesar 0,956. Karena $SF \leq 1,07$, maka lereng labil.
3. Hasil perencanaan menggunakan perkuatan geotekstil pada lereng dengan mengubah sedikit geometri dari lereng asli setelah longsor, didapatkan SF variasi beban vertikal 1, dan beban vertikal 2 adalah 1,683 dan 1,695. Karena $SF \geq 1,25$, maka longsor jarang terjadi. Variasi muka air tanah 1 dan muka air tanah 2 adalah 1,623 dan 1,567. Karena $SF \geq 1,25$, maka longsor jarang terjadi. Sedangkan gempa didapatkan SF sebesar 1,252. Karena $SF \geq 1,25$, maka longsor jarang terjadi. Hasil dari perencanaan ini relatif stabil menurut Bowles (1989) yang terdapat pada Tabel 3.1.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka perlu adanya penelitian lanjut untuk melengkapi dan mengembangkan tema penelitian ini. Adapun saran-saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut ini.

1. Membandingkan dengan jenis perkuatan lain, misalnya dengan dinding penahan tanah (*retaining wall*), soil nailing, *strip reinforcement*, geonet, geogrid, dan lain-lain.
2. Pemodelan *Geoslope* dengan menggunakan metode lain, seperti metode Janbu, Bishop, metode elemen hingga, dan lain-lain.
3. Pemodelan selanjutnya dapat dilakukan dengan software geoteknik lain, seperti Miraslope, STABB, dan lain-lain.
4. Menambah variasi beban vertikal.
5. Menambah variasi muka air tanah.
6. Mengubah geometri lereng dengan variasi geometri yang lain.

DAFTAR PUSTAKA




- Azizah, F.N., Surjandari, N.S., Dan Asád, Sholihin. 2014. Penggunaan Geotekstil Pada Lereng Sungai Putih Surakarta. *Penelitian*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Bowles, J.E. 1989. Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah. Erlangga. Daerah Khusus Ibukota Jakarta.
- Chasanah, Uswatun. 2012. Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program *Geoslope*. *Tugas Akhir*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Hardiyatmo, H.C.. 2013. Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya (Perancangan Dan Aplikasi), 2nd Ed. Gajah Mada University Press. Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C.. 2014. Mekanika Tanah 2, 5th Ed. Gajah Mada University Press. Daerah Istimewa Yogyakarta.
- International, GEO-SLOPE. 2008. *Stability Modeling With SLOPE/W 2007 Version*. (<http://downloads.geo-slope.com/geostudioresources/8/0/6/books/slope%20modeling.pdf?v=8.0.7.6129>). Diakses 18 Desember 2017.
- Kasthalisti, Dita P.A. 2007. Analisa Pengaruh Gempa Terhadap Konstruksi Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Woven. *Tugas Akhir*. Universitas Bina Nusantara. Jakarta.
- Koerner, R.M. 2005. *Designing with Geosynthetics 5th Edition*. Pearson Education, Inc. United States of America.
- Kunarso. 2015. Perkuatan Lereng Dengan Geosintetik Pada Tepi Kali Code Yogyakarta. *Tugas akhir*. Universitas Mercu Buana. Jakarta.
- Mitchell, J.K., And Villet, Willem C.B. 1987. *Reinforcement Of Earth Slopes And Embankments*. National Corporation Highway Research Program. Transportation Research Board. Washington, D.C.
- Murdiyanto, Slamet. 2012. Analisis Stabilitas Lereng Metode *Fellenius* Dengan Variasi Bidang Longsor Berdasarkan Teori Probabilitas. *Tugas Akhir*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Pamungkas, Fika., Suyadi, Widodo., Dan Zaika, Yulvi. 2015. Analisis Stabilitas Lereng Memakai Perkuatan Geotekstil Dengan Bantuan Perangkat Lunak (Studi Kasus Pada Sungai Parit Raya). *Penelitian*. Universitas Brawijaya. Malang.

- Prasetyo, Ichsan. 2017. Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Tugas Akhir*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- PUSKIM. 2014. Peta Zonasi Gempa (<http://puskim.pu.go.id/peta-zonasi-gempa/>). Diakses 2 Maret 2018.
- Rebanas. 2017. Ringkasan Cekungan Sedimen Based Sam Boggs Vol. 5 (<https://rebanas.com/gambar/images/ringkasan-cekungan-sedimen-based-sam-boggs-jr-vol-5-gambar>). Diakses 2 Maret 2018.
- Rekzyanti, R., Balamba, Sjachrul., Manaroinsong, Lanny. 2016. Analisis Kestabilan Lereng Akibat Gempa (Studi Kasus: IAIN Manado). *Penelitian*. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Simatupang, Andry., Iskandar, Rudi. 2013. Perbandingan Antara Metode *Limit Equilibrium* dan Metode *Finite Element* Dalam Analisa Stabilitas Lereng. *Penelitian*. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Sutedja, Teguh. 2018. Pengukuran Waterpass (<http://slideplayer.info/slide/12475169/>). Diakses pada 2 Maret 2018.
- Sugianti, Khoiri. 2014. Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng Pada Ruas Jalan Raya Cadas Pangeran, Sumedang. *Tugas Akhir*. Universitas Indonesia. Depok.
- Surjandari, N.S., Setiawan, Bambang., Nindyantika, Ernha. 2012. Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil. *Penelitian*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- TeknologiSurvey.com. 2018. *Digital Theodolite Nikon-100* (<http://teknologi-survey.com/digital-theodolite-nikon-ne100>). Diakses 2 Maret 2018.
- Wardana, I G.N. 2011. Pengaruh Muka Air Tanah dan Terasering Terhadap Perubahan Kestabilan Lereng. *Penelitian*. Universitas Udayana. Denpasar.
- Wongsosotjitra, Soetomo. 1980. Ilmu Ukur Tanah. Kanisius Media. Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Zakaria, Zufaldi. 2009. Analisis Kestabilan Lereng Tanah. *Makalah Ilmiah*. Universitas Padjajaran. Bandung.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Penyelidikan Tanah Lokasi 2 (BD 2) Kali Code

HOTEL TENTREM JOGJAKARTA		DRILLER : Anas	LOCATION : Jl. A.M. Sangaji 72	BORHOLE NO: BD-2																								
		STATION :	STARTING D/T/E : 18.12.09																									
		X :	FINISHING DATE : 18.12.09																									
		Y :	TOTAL SOFT(S) : 30m																									
			PAGE OF : 1 OF 1																									
BOR LOG																												
Depth (m)	SAMPLE TYPE	STANDARD PENETRATION TEST										Soil Symbol	DESCRIPTION	SAND %	▲ water content % ● liquid limit % ■ plastic limit % — sand %													
		N ₆₀	N ₆₃	N ₇₀	N	1	2	3	4	5	6					7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0														0.00	silty fine sand, dense to very dense, uncemented, blackish brown													
2	U	15	21	>25	>60									2.00	silty fine sand, dense to very dense, strongly cemented, blackish brown	70												
4	U	20	>60	>60	>60									4.00	silty fine sand, dense to very dense, cemented, blackish brown	80												
6	U	>60	>60	>60	>60									6.00	fine sand with gravel, very dense, cemented, blackish brown	80												
7														7.00	loosely, grayish black													
8	U	8	14	17	41									8.00	fine sand with gravel, dense, uncemented, grayish black													
10	U	5	>60	>60	>60									10.00	loosely, grayish black	10												
12	U	5	13	19	40									12.00	gravelly sand, dense, uncemented, grayish black													
14	U	13	18	14	34									14.00	silty fine sand, dense, cemented, black	14												
16	U	11	18	25	51									16.00	silty sand with gravel, dense to very dense, strongly cemented, brownish black	40												
18	U	17	27	>25	>60									18.00														
20	U	19	>60	>60	>60									20.00														

Note :
 SPT
 Undisturbed Sample
 Ground Water Level

Lampiran 2. Data Geotekstil

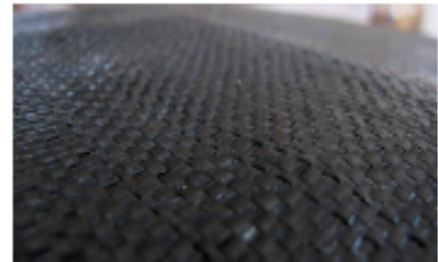


PT. GEO INDOGREEN KARYA

Woven Geotextile

Geotekstil Woven dengan bahan dasar polypropylene, diproduksi dengan menenun dua atau lebih benang (benang pita), dengan menggunakan mesin tenun dan teknologi yang berbeda (system tenun dan kerapatan) untuk setiap produknya yang disesuaikan berdasarkan kegunaan dari masing-masing produk. Pada umumnya, geotekstil woven berbahan ringan, memiliki ketahanan yang kuat terhadap kuat tarik, elongasi kecil dan stabilitas tinggi Aplikasi Penggunaan :

- Konstruksi jalan dan perkuatan lereng
- Fondasi rel kereta api
- Infrastruktur bendungan ; saluran irigasi ; jalan rel serta bandara
- Rembesan pada waduk dan pekerjaan yang berkenaan dengan penurunan tanah



Specifications	Test Method	Unit	GITW150	GITW200	GITW250
Physical Properties					
Mass Weight	ASTM D 5261	g/m ²	150	200	250
Polymer		-	PP		
Colour		-	Black		
Mechanical Properties					
Tensile Strength (MD)	ASTM D 1682	kN/m	30	45	60
Tensile Strength (CD)			30	40	55
Elongation (MD)		%	20	21	21
Elongation (CD)			21	21	22
Grab Tensile (MD)	ASTM D 4632	N	1023	1415	2355
Grab Tensile (CD)			948	1277	1604
Trapezoidal Tear Strength (MD)	ASTM D 4533		568	1070	1012
Trapezoidal Tear Strength (MD)			512	1005	815
Puncture Resistance	ASTM D 4833		284	435	705
Hydraulic Properties					
Effective Opening Size	NEN 5168	mm	0.3	0.28	0.27
Flow Rate		l/sqm/sec	25	23	21
Dimension					
Roll Width	-	M	4		
Roll Length			200	150	
Roll Diameter			0.4	0.5	0.55

