

**SKRIPSI**

**ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN METODE  
BIDANG LONGSOR DATAR DAN PROGRAM NUMERIK PLAXIS  
PADA JALAN GEOPARK SILOKEK, SIJUNJUNG**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil



Oleh :

**MUHAMMAD IRSYAD.Z**

**18.10.002.22201.089**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT**

**2022**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN METODE  
BIDANG LONGSOR DATAR DAN PROGRAM NUMERIK PLAXIS  
PADA JALAN GEOPARK SILOKEK, SIJUNJUNG

Oleh :

MUHAMMAD IRSYAD.Z  
NIM 181000222201089

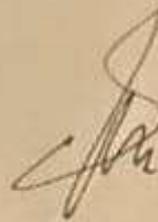
Dosen Pembimbing I



DEDDY KURNIAWAN, S.T, M.T

NIDN. 1022018303

Dosen Pembimbing II



YORIZAL PUTRA, ST.MT

NIDN. 1002049201

Diketahui Oleh :

Dekan Fakultas Teknik

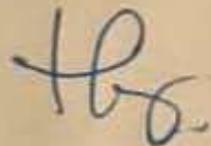
UM Sumatera Barat

  
  
MASRIIL, ST.MT

NIDN. 1005057407

Ketua Prodi Studi

Teknik Sipil



HELGA YERMADONA, S.Pd, M.T

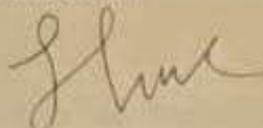
NIDN. 1013098502

## LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi tim penguji pada ujian tertutup tanggal 24 Agustus 2022 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 24 Agustus 2022

Mahasiswa



Muhammad Irsyad Z.

181000222201089

Disetujui Tim Penguji Skripsi Tanggal 24 Agustus 2022 :

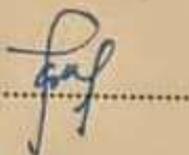
1. SELPA DEWI, S.T., M.T.

NIDN. 1011097602

1. 

2. ENDRI, S.T., M.T.

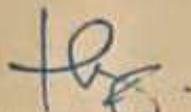
NIDN. 8900320021

2. 

Mengetahui

Ketua Program Studi

Teknik Sipil



HELGA YERMADONA, S.Pd, M.T

NIDN. 1013098502

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Irsyad.Z

NIM : 181000222201089

Judul Skripsi : Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Bidang Longsor Datar dan Program Numerik Plaxis Pada Jalan Geopark Silokek, Sijunjung

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 25 September 2022

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Irsyad.Z

NIM 1181000222201089

## ABSTRAK

Analisis stabilitas lereng yang terjadi pada jalan geopark silokek tentang angka aman pada lereng geopark silokek yang selalu dilalui oleh pengguna jalan sangat perlu dilakukan. Hasil yang didapat dari penelitian ini akan sangat membantu untuk mengetahui penanganan terhadap longsor dan perbaikan pada longsor. Pada penelitian ini dapat menggunakan dua metode yaitu metode Bidang Longsor Datar dan Program Plaxis v8.6. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng. Menilai apakah suatu lereng dalam kondisi stabil atau tidak. Menambah pengetahuan tentang cara menganalisis dengan menggunakan metode Bidang Longsor Datar dan Program Plaxis. Penelitian ini dilakukan dengan cara survey langsung ke lapangan, pengukuran tinggi lereng dan lebar lereng. Setelah didapat data-data dari lapangan maka selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode Bidang Datar Longsor dan Program Plaxis. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah, berat volume tanah aktif ( $\gamma$ ) = 16 kN/m<sup>3</sup>, sudut gesek tanah ( $\phi$ ) = 1°, Kohesi (c) = 50 kN/m<sup>2</sup>. Faktor keamanan lereng yang disarankan SNI-8460 =  $SF_{\min}$  = 1,5, faktor keamanan lereng  $SF_{\text{lereng}}$  = 1,389 > 1,5 Not Oke. Hasil faktor keamanan dengan metode Segitiga 1,28, Plaxis sebelum perbaikan 1.30 dan Plaxis setelah perbaikan 1,57, hasil perpindahan tanah sebelum perbaikan menggunakan Plaxis 17 mm dan perpindahan tanah setelah perbaikan menggunakan Plaxis 14 mm. Dari hasil perhitungan menggunakan Program Plaxis setelah perbaikan didapatkan hasil 1,57 besar dari nilai faktor keamanan lereng yang disarankan SNI -8460 yaitu 1,5 berarti lereng tersebut aman karena nilai faktor keamanan lerengnya besar dari yang disarankan SNI-8460.

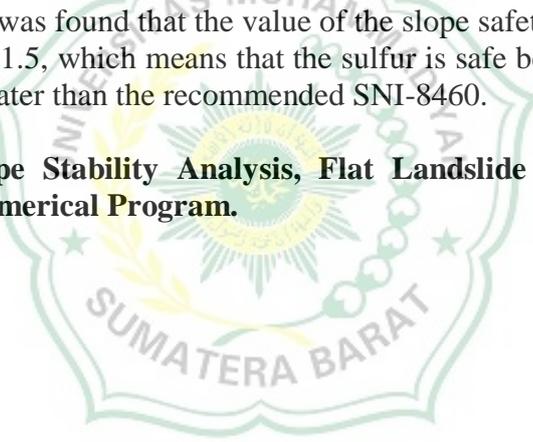
**Kata Kunci :** Analisis Kestabilan Lereng, Metode Bidang Longsor Datar Dan Program Numerik Plaxis.



## ABSTRACT

Analysis of slope stability that occurs on the Silokek geopark road about the safe number on the slopes of the Silokek geopark which is always traversed by road users is very necessary. The results obtained from this study will be very helpful to determine the handling of landslides and repairs to landslides. In this study, two methods can be used, namely the Flat Landslide Field method and the Plaxis v8.6 Program. This study aims to determine the value of the slope safety factor. Assess whether a slope is in a stable condition or not. Increase knowledge about how to analyze using the Flat Landslide Field method and Plaxis Program. This research was conducted by direct survey to the field, measuring the height of the slope and the width of the slope. After obtaining the data from the field, then the analysis is carried out using the Landslide Flat Field method and the Plaxis Program. The results obtained from this study are active soil volume weight ( $\gamma$ ) = 16 kN/m<sup>3</sup>, soil friction angle ( $\phi$ ) = 1°, Cohesion (c) = 50 kN/m<sup>2</sup>. The recommended slope safety factor is SNI-8460 = SF<sub>min</sub> = 1.5, the slope safety factor is SF slope = 1.389 > 1.5 Not OK. The results of the safety factor using the Triangle method 1.28, Plaxis before repair 1.30 and Plaxis after repair 1.57, the results of soil displacement before repair using Plaxis 17 mm and soil displacement after repair using Plaxis 14 mm. From the results of calculations using the Plaxis Program after the repair, it was found that the value of the slope safety factor recommended by SNI-8460 was 1.5, which means that the sulfur is safe because the slope safety factor value is greater than the recommended SNI-8460.

**Keywords : Slope Stability Analysis, Flat Landslide Method And Plaxis Numerical Program.**



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikan Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan bantuan, dan doa dari berbagai pihak, skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada :

1. Orang tua, kakak, dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang;
2. Bapak Masril, S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
3. Bapak Hariyadi, S.Kom., M.Kom., selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
4. Ibu Helga Yermadona, S.Pd, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil,
5. Ibu Helga Yermadona, S.Pd, M.T, selaku Dosen Pembimbing Akademik;
6. Bapak Deddy Kurniawan S.T, M.T, selaku dosen pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
7. Bapak Yorizal Putra S.T, M.T, selaku dosen pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
8. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
9. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil angkatan 2018;
10. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Bukittinggi, 2022

Penulis



## DAFTAR ISI

**HALAMAN JUDUL**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

**ABSTRAK**

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>viii</b>

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Tanah .....	4
2.2 Lereng .....	4
2.2.1 Lereng Alam .....	5
2.2.2 Lereng Buatan Manusia .....	10
2.3 Klasifikasi Pergerakan Lereng.....	11
2.4 Analisis Stabilitas Lereng .....	13
2.5 Parameter Tanah .....	15
2.5.1 Kohesi .....	15
2.5.2 Sudut Geser Dalam .....	16
2.6 Faktor Yang Mempengaruhi Ketidakstabilan Lereng .....	17
2.6.1 Gempa Atau Getaran.....	22
2.6.2 Cuaca / Iklim.....	22

2.6.3	Ketidak Seimbangan Beban Dipuncak Dan Dikaki Lereng .....	23
2.6.4	Vegetasi / Tumbuh-Tumbuhan .....	23
2.6.5	Naiknya Muka Air Tanah .....	24
2.7	Faktor Keamanan Lereng.....	24
2.8	Faktor Keamanan Lereng Menurut SNI-8460 .....	26
2.9	Berbagai Cara Analisis Kestabilan Lereng .....	27
2.10	Analisis Stabilitas Lereng Bidang Longsor Datar .....	29
2.11	Analisis Dengan Program Numerik Plaxis .....	29
2.11.1	Program <i>Input</i> .....	30
2.11.2	Program <i>Calculation</i> .....	31
2.11.3	Program <i>Output</i> .....	33
2.11.4	Program <i>Curve</i> .....	33
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		
3.1	Lokasi Penelitian.....	34
3.2	Data Penelitian.....	34
3.3	Metode Analisis Data.....	35
3.4	Bagan Alir Penelitian.....	36
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Pengolahan Data Tanah .....	37
4.2	Analisis Dengan Metode Bidang Longsor Datar .....	38
4.2.1	Bidang Longsor Datar .....	39
4.2.2	Menentukan Berat Tanah Longsor.....	39
4.2.3	Menentukan Gaya Yang Bekerja Pada Lereng .....	39
4.2.4	Faktor Keamanan .....	40
4.3	Analisis Dengan Program Numerik Plaxis .....	40
4.3.1	Analisis Sebelum Perbaikan .....	41
4.3.2	Analisis Setelah Perbaikan.....	42
4.3.3	Faktor Keramanan Lereng Yang Didapatkan .....	43

**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan ..... 45  
5.2 Saran ..... 45

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Korelasi Dari N-SPT.....	16
Tabel 2.2 Hubungan antara sudut geser dalam dan jenis tanah .....	16
Tabel 2.3 Batasan-batasan golongan tanah .....	17
Tabel 2.4 Nilai taktor keamanan untuk lereng tanah (SNI-8460).....	27
Tabel 2.5 Hubungan Nilai faktor keamanan lereng dan intensitas longsor ..	29
Tabel 4.1 Data sondir dilokasi penelitian.....	37
Tabel 4.2 Data tanah hasil pengujian .....	38
Tabel 4.3 Try and Error Panjang AB .....	40
Tabel 4.4 Faktor keamanan.....	43



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 tipe longsoran .....	12
Gambar 2.2 longsoran tipe jatuhan .....	13
Gambar 2.3 longsoran tipe robohan .....	13
Gambar 2.4 sketsa lereng dan gaya yang bekerja .....	25
Gambar 2.5 sketsa gaya yang bekerja pada satu potongan .....	26
Gambar 3.1 lokasi penelitian.....	34
Gambar 3.2 Bagan alir penelitian.....	36
Gambar 4.1 sketsa gaya yang bekerja pada satu potongan .....	38
Gambar 4.2 input data pemodelan numerik plaxis sebelum perbaikan .....	41
Gambar 4.3 keruntuhan lereng sebelum perbaikan .....	42
Gambar 4.4 perpindahan tanah sebelum perbaikan .....	42
Gambar 4.5 input dan pemodelan numerik plaxis setelah perbaikan .....	42
Gambar 4.6 keruntuhan lereng setelah diperbaiki .....	43
Gambar 4.7 perpindahan tanah setelah perbaikan .....	43

## DAFTAR NOTASI

$F$  = faktor keamanan lereng (tak bersatuan)

$L$  = Panjang segmen bidang gelincir (meter)

$\tau$  = gaya ketahanan geser/ tahanan geser sepanjang  $L$  ( $\text{ton}/\text{M}^2$ )

$S$  = gaya dorong geser ( $\text{ton}/\text{M}^2$ )

$C$  = kohesi massa lereng ( $\text{ton}/\text{M}^2$ )

$\phi$  = sudut geser dalam masa lereng (derajat)

$W$  = bobot massa di atas segmen  $L$  (Ton)

$V$  = beban luar (ton)

$\mu$  = tekanan pori ( $Y$  air  $\times h \times L$ )

$h$  = panjang garis ekuipotensial ke titik berat  $L$  (meter)

$\alpha$  = sudut yang dibentuk oleh bidang gelincir dengan bidang horizontal (.,\*/derajat)

$\gamma$  = Berat volume tanah aktif

$H$  = tinggi lereng

$AB$  = Panjang bidang  $AB$

$BC$  = Panjang bidang  $BC$

$A$  = luas bidang longsor

$W$  = berat bidang longsor

$N$  = gaya normal bidang longsor

$T$  = gaya geser bidang ongsor

$T_{\max}$  = gaya tahanan pada bidang runtuh

$SF_{\min}$  = faktor keamanan yang disarankan (SNI-8460)

$SF_{\text{lereng}}$  = faktor keamanan lereng

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sumatera Barat memiliki beraneka ragam wisata alam yang mempesona, yang mampu membuat mata dan hati senang memandangnya. Salah satunya terdapat di Kabupaten Sijunjung tak hanya dikenal dengan perkampungan adat dengan deretan rumah gadang yang kaya nilai budaya. Daerah yang dikenal juga dengan sebutan langsek manih itu juga terdapat satu objek wisata alam yang sangat indah dan rugi bila tak dikunjungi saat berada di Sijunjuang. Wisata yang terdapat di salah satu Kabupaten Sijunjung adalah Geopark Silokek.

Untuk sampai ke wisata Geopark Silokek kita harus melewati jalan berbukit, karena letak Geopark Silokek berada di daerah perbukitan. Karena jalan yang dilewati adalah jalan perbukitan yang tidak tertutup kemungkinan akan terjadi longsor, maka dari itu jalan untuk menuju kesana haruslah aman dari ancaman longsor. Agar pengguna jalan tersebut merasa aman saat melewati jalan tersebut. Dengan kondisi jalan sebelah kiri tebing dan sebelah kanan jurang, maka pada jalan tersebut telah terjadi longsor yang mengakibatkan badan jalan terpotong.

Pada skripsi ini, penulis tertarik untuk menganalisis masalah longsor yang terjadi pada jalan Geopark Silokek tentang angka aman pada lereng Geopark Silokek yang sering dilalui oleh pengguna jalan. Pada kondisi cuaca tertentu, seperti hujan, jalan tersebut bisa dibilang rawan terjadi longsor karena jalan berada pada tebing lereng yang curam.

Banyak metode yang dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng, dan metode yang paling umum dari analisis stabilitas lereng didasarkan atas batas keseimbangan. Pada analisis jenis ini faktor aman mengenai stabilitas dari lereng destimasi dengan menguji kondisi keseimbangan pada saat terhitung keruntuhan tepat mulai terjadi sepanjang suatu bidang runtuh yang semula ditetapkan, dan kemudian memperbandingkan antara kekuatan yang diperlukan untuk mempertahankan

keseimbangan terhadap kekuatan dari tanah. Perhitungan untuk menganalisis stabilitas lereng dan deformasi tanah secara bertahap dengan perhitungan manual dapat menyita waktu. Saat ini banyak muncul berbagai jenis aplikasi software untuk perhitungan mekanika tanah, maka lebih mudah bagi pengguna untuk menganalisis berbagai macam kondisi tanah dengan cepat. Metode yang digunakan adalah Bidang longsor datar dan Program Plaxis v8.6.

## **1.2 Rumusan Masalah**

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

1. Berapa angka aman menggunakan metode Bidang Longsor Datar?
2. Berapa angka aman menggunakan aplikasi Plaxis?

## **1.3 Batasan Masalah**

Penelitian tugas akhir ini memiliki batasan – batasan penelitian yang bertujuan menjaga agar penelitian yang dibahas tidak terlalu melebar dan topik masalah yang dibahas menjadi terfokus. Batasan penelitian yang ditetapkan sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada STA 96+800 sampai STA 96+900 Jalan Geopark Silokek, Kabupaten Sijunjung, Sumatera Barat.
2. Penelitian ini hanya sebatas menganalisis masalah stabilitas lereng.
3. Penelitian yang dilakukan tidak mencakup detail gambar, proses dan metode pelaksanaan konstruksi.
4. Data tanah yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari Dinas PUPR Kabupaten Sijunjung.
5. Program yang digunakan adalah metode Bidang Longsor Datar dan Program Plaxis.

## **1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Penelitian yang penulis buat diharapkan dapat dimanfaatkan oleh pembaca. Berikut beberapa tujuan dan manfaat yang dapat penulis

sampaikan:

1. Mengetahui nilai faktor keamanan lereng.
2. Menilai apakah suatu lereng dalam kondisi stabil atau tidak.
3. Menambah pengetahuan tentang cara menganalisis dengan menggunakan Metode Bidang Longsor Datar dan Program Numerik Plaxis.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan berdasarkan tahapan – tahapan pembahasan sebagai berikut :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menguraikan tentang Defenisi dan Rumus dinding penahan tanah

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini menguraikan tentang lokasi Penelitian, Data Penelitian, Metode Analisis Data serta *flowchart* penyusunan skripsi.

### **BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menjelaskan tentang perhitungan Analisis Kestabilan Lereng Geopark Silokek.

### **BAB V : PENUTUP**

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dari pembahasan dan saran-saran.

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanah**

Tanah merupakan salah satu penunjang yang membantu kehidupan semua makhluk hidup yang ada di bumi. Tanah juga adalah salah satu bagian penting dalam mendukung pembangunan infrastruktur yang dimana menjadi pijakan dan dasar yang menerima semua beban yang ditimbulkan. Tetapi tidak semua jenis tanah mampu menopang beban yang diterima sehingga tingkat kestabilan dan daya dukung tanah perlu diperhatikan

Tanah didefinisikan oleh (Das, 1995) sebagai material yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Tanah terbentuk dari bahan induk yang telah mengalami modifikasi/pelapukan akibat dinamika faktor iklim, organisme (termasuk manusia), dan relief permukaan bumi (topografi) seiring dengan berjalannya waktu (Hans Jenny, 1980). Tekstur tanah ditentukan oleh komposisi tiga partikel pembentuk tanah, pasir, lanau (debu), dan lempung. Tanah pasiran didominasi oleh pasir, tanah lempungan didominasi oleh lempung. Tanah dengan komposisi pasir, lanau, dan lempung yang seimbang dikenal sebagai geluh (*loam*). Lempung (*clay*) adalah partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif (Bowles, 1984).

#### **2.2 Lereng**

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng merupakan bentuk permukaan bumi yang terbentuk karena proses alami maupun karena buatan manusia dengan tujuan tertentu. Contoh lereng yang terbentuk secara alami adalah lereng sungai, lereng bukit dan tanggul sungai. Sedangkan lereng yang terbentuk karena aktivitas manusia adalah bendungan dan dinding

pertambangan (DAS, 1991). Menurut SNI 8460-2017, lereng terbagi menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah lereng alam dan lereng buatan (lereng galian dan lereng timbunan).

### 2.2.1 Lereng Alam

Lereng alam terbentuk akibat kegiatan alam (erosi, gerakan tektonik, dan sebagainya). Material yang membentuk lereng memiliki kecenderungan tergelincir akibat beratnya sendiri dan gaya-gaya luar yang ditahan oleh kuat geser tanah dari material tersebut. Gangguan terhadap kestabilan terjadi bilamana tahanan geser tanah tidak dapat mengimbangi gaya-gaya yang menyebabkan gelincir pada bidang longsor. Lereng alam yang telah stabil selama bertahun-tahun dapat saja mengalami longsor akibat hal-hal berikut:

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

Aspek penting dari stabilitas lereng alam, yaitu:

- a. Kondisi geologi.

Kondisi geologi Indonesia adalah kondisi Indonesia berdasarkan batuan yang ada di dalam bumi. Kepulauan Indonesia memiliki kondisi geologis yang menarik karena gugus kepulauannya dibentuk oleh tumbukan lempeng-lempeng tektonik besar.

Dampak positif dan negatif dari kondisi geologis Indonesia selengkapnya yakni sebagai berikut:

1. Dampak positif dari kondisi geologis Indonesia

- Abu gunung berapi dapat menyuburkan tanah.
- Gunung berapi menghasilkan mineral industri dan bahan bangunan karena saat meletus, gunung berapi mengeluarkan material berupa pasir, kerikil, dan batu-batu besar.
- Letusan gunung berapi dapat menyingkap adanya barang tambang.
- Adanya gunung berapi menyebabkan terjadinya hujan orografis, yaitu hujan naik pegunungan, sehingga daerah tersebut banyak hujan.
- Lereng pegunungan dapat dimanfaatkan untuk usaha kehutanan, perkebunan, dan pariwisata.
- Banyaknya deretan pegunungan di Indonesia, yaitu deretan pegunungan Sunda, deretan pegunungan Sahul atau Sirkum Australia, pegunungan Sangihe, pegunungan Halmahera, dan Pegunungan Kalimantan.

2. Dampak negatif dari kondisi geologis Indonesia

- Indonesia sering mengalami bencana gempa bumi, terutama di pulau-pulau sepanjang pertemuan lempeng Sumatra, Jawa, Nusa Tenggara, Maluku, dan Sulawesi. Gempa yang terjadi di Indonesia yaitu gempa tektonik dan gempa vulkanik (gempa yang terjadi karena adanya aktivitas gunung berapi).
- Indonesia rentan bencana tsunami karena guncangan akibat gempa bumi membuat gerakan tanah dasar laut yang menimbulkan gelombang tsunami.
- Indonesia rawan bencana letusan gunung berapi. Lubang kepundan gunung berapi atau rekahan dalam kerak bumi dapat mengeluarkan cairan magma, gas, atau cairan lain ke permukaan bumi yang berbahaya bagi jiwa penduduk.

b. Kondisi topografi

Topografi secara ilmiah artinya adalah studi tentang bentuk permukaan bumi dan objek lain seperti planet, satelit alami (bulan dan sebagainya), dan asteroid. Dalam pengertian yang lebih luas, topografi tidak hanya mengenai bentuk permukaan saja, tetapi juga vegetasi dan pengaruh manusia terhadap lingkungan, dan bahkan kebudayaan lokal (Ilmu Pengetahuan Sosial).

c. Kemiringan lereng.

Tingkat kemiringan pada lereng bisa dilihat dari kontur tanahnya. Sedikit penjelasan, kontur merupakan garis tanah yang menghubungkan dari satu titik ke titik yang lainnya. Ada juga yang mengartikan kontur tanah sebagai tinggi rendahnya suatu tanah atau yang disebut topografi. Untuk menentukan kontur maka dilakukan topografi dengan melihat garis kontur yaitu garis horizontal dan garis tinggi sehingga nantinya akan terlihat naik turunnya suatu permukaan tanah. Garis kontur ini dapat memberikan informasi seputar kemiringan tanah rata-rata (slope), perhitungan galian dan timbunan permukaan tanah asli. Tingkat kemiringan lereng harus dipantau agar ketika terjadi pergerakan dan berpotensi terjadinya longsor bisa langsung diketahui. Memantau kemiringan lereng harus dilakukan 24 jam tapi tidak harus dilakukan secara manual, sekarang ini sudah ada slope monitoring system. Dengan menggunakan sistem ini maka kemiringan dan pergerakan lereng bisa diketahui menggunakan instrument dan sensor yang telah dipasang sebelumnya.

d. Jenis lapisan tanah.

Lapisan pada tanah adalah susunan yang terbuat dari tingkatan dan secara spesifik bisa dibedakan secara kimiawi, geologi, dan biologis. Ketika sebuah tanah dipotong secara vertikal dari samping maka bentuk lapisan tanah akan terlihat jelas karena pada tingkat atau lapisan memang memiliki perbedaan karakteristiknya. Melalui sisi vertikal tersebut akan bisa terlihat tahapan pembentukan sebuah

tanah. Bisa dikatakan bahwa dalam setiap lapisan tanah itu membentuk sebuah periode yang pada lapisan tanah atas menjadi hasil akhir dari proses pembentukan tanah, sedangkan untuk lapisan tanah paling dalam yang banyak berupa batu yang keras, menjadi awal sebelum tanah terbentuk. Setiap dari jenis tanah pada umumnya memiliki tiga sampai empat lapisan yang berbeda-beda, yang bisa dikelompokkan penampakan warna, fisik, dan tekstur tanah. Melalui tekstur tanah bisa dilihat dari ukuran partikel tanah, apakah itu liat, berpasir, lempung, mengandung kadar organik tinggi ataupun berbentuk endapan.

e. Kuat geser.

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan/tarikan (Hardiyatmo, 2006). Kuat geser tanah diukur dengan 2 parameter tanah yaitu kohesi ( $c$ ) atau gaya tarik-menarik antar partikel dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) atau gesekan antara butir tanah.

f. Aliran air bawah permukaan.

Air bawah permukaan adalah aliran air di bawah permukaan yang menjadi hasil dari sebuah resapan yang terkandung dari air permukaan. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian akan tertahan oleh partikel-partikel tanah dan akan menguap kembali ke atmosfer. Sebagian akan diserap oleh tumbuhan dan sebagian lagi akan terus meresap ke bawah sampai pada zona di mana pori-pori dari tanah seluruhnya terisi oleh air. Zona tersebut disebut zona yang jenuh air (saturated zone). Air yang terdapat dalam zona ini disebut air tanah. Batas teratas dari zona yang jenuh air ini disebut muka air tanah (water table).

Daerah di atas muka air tanah, berdasarkan kadar pengisian butiran air dan udara dapat dibedakan ke dalam beberapa wilayah berikut:

- Wilayah funikuler. Terdapat di atas wilayah kapiler. Pada bagian ini sebagian pori-pori tanah telah berisi udara, tetapi pengisian air masih lebih banyak daripada udara.

- Wilayah kapiler. Terdapat di atas muka air tanah. Pada bagian ini pori-pori tanah seluruhnya telah berisi air akibat pengerjaan kapiler dari pori-pori tanah.
- Wilayah penduler. Terdapat di atas zona funikuler. Pada bagian ini pori-pori tanah lebih banyak diisi udara dari pada air dan jaringan air telah terputus-putus.

g. Kecepatan pelapukan.

Pelapukan adalah proses alterasi dan fragsinasi batuan dan material tanah pada dan/atau dekat permukaan bumi yang disebabkan karena proses fisik, kimia dan biologi. Hasil dari pelapukan ini merupakan asal (source) dari batuan sedimen dan tanah (soil).

Pelapukan merupakan proses proses alami yang menghancurkan batuan menjadi tanah. Jenis pelapukan :

- Pelapukan organik: merupakan pelapukan yang disebabkan oleh makhluk hidup. contoh: tumbuhnya lumut.
- Pelapukan fisika: merupakan pelapukan yang disebabkan oleh perubahan suhu atau iklim .contoh: perubahan cuaca.
- Pelapukan kimia: merupakan pelapukan yang disebabkan oleh tercampurnya batuan dengan zat - zat kimia . contoh: tercampurnya batu oleh limbah pabrik yang mengandung bahan kimia.

h. Gangguan lalu lintas.

Lalu lintas kendaraan mengakibatkan retakan yang bila dibiarkan, semakin lama bisa terjadi longsor. Apalagi di daerah lereng perbukitan, lebih rawan terjadi getaran akibat kendaraan berat.

Faktor-faktor yang menyebabkan ketidakstabilan lereng alam, yaitu:

- a. Perubahan profil kemiringan lereng akibat beban tambahan di bagian atas lereng atau berkurangnya kekuatan di bagian dasar lereng.
- b. Peningkatan tekanan air tanah yang mengakibatkan penurunan tahanan geser pada tanah nonkohesif atau terjadinya pengembangan pada tanah kohesif. Tekanan air tanah dapat meningkat ketika tanah mengalami penjumlahan akibat air hujan, rembesan, atau munculnya

air permukaan.

- c. Penurunan kuat geser tanah atau batuan yang disebabkan oleh pelapukan, pencucian, perubahan mineralogi, dan adanya rekahan.
- d. Getaran yang disebabkan oleh gempa bumi, peledakan, atau pemancangan tiang.

### 2.2.2 Lereng Buatan Manusia

#### a. Lereng Galian

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

Aspek penting dari stabilitas lereng galian, yaitu:

1. Kuat geser pada bagian galian.
2. Berat isi tanah.
3. Tinggi lereng.
4. Kemiringan lereng.
5. Tekanan air pori.

#### b. Lereng Timbunan (*Embankment*)

Lereng timbunan umumnya digunakan untuk badan jalan raya, jalan kereta api, dan bendungan tanah. Sifat teknis lereng timbunan dipengaruhi oleh jenis tanah, cara penimbunan dan derajat kepadatan tanah. Analisis secara terpisah harus dilakukan pada lereng timbunan, yaitu pada kondisi jangka pendek (saat penimbunan selesai), kondisi jangka panjang, kondisi penurunan muka air seketika (*sudden draw-down*), dan gangguan gempa.

Faktor-faktor yang menyebabkan ketidakstabilan lereng timbunan, yaitu:

1. Terjadinya *overstressing* pada fondasi timbunan tanah kohesif setelah masa konstruksi. Biasanya pada lereng timbunan, stabilitas jangka pendek pada tanah kohesif lunak lebih penting daripada stabilitas jangka panjang, karena fondasi timbunan mendapatkan kekuatan yang merupakan hasil disipasi air pori. Perlu pemeriksaan stabilitas pada beberapa kondisi tekanan air pori.
2. Penurunan muka air cepat dan erosi buluh. Pada timbunan bendungan, penurunan muka air cepat menyebabkan meningkatnya beban efektif timbunan tanah yang dapat menyebabkan ketidakstabilan. Penyebab lain dari ketidakstabilan lereng timbunan adalah erosi bawah permukaan atau erosi buluh.
3. Gaya-gaya dinamis. Getaran dapat dipicu oleh gempa bumi, peledakan, pemancangan tiang, dan lainnya.

### 2.3 Klasifikasi Pergerakan Lereng

Tanah longsor adalah gerakan massa batuan, serta puing-puing atau tanah yang menuruni sebuah lereng. Longsor juga dapat terjadi pada lereng alam atau pun buatan. Hal ini diakibatkan karena adanya kuat geser tanah ( $c$ ) dan sudut geser tanah ( $\phi$ ).

Tanah yang mengalami longsor terdapat tiga penyebab utama yaitu tanah yang jenuh air, aktivitas seismik, dan aktivitas vulkanik. Faktor kerentanan tanah longsor adalah lokasi, aktivitas manusia, penggunaan lahan, dan frekuensi terjadinya longsor. Tipe klasifikasi pergerakan longsor menurut Varnes (1978) sebagai berikut:

#### 1. Tipe Gelincir (*slide*)

Tipe gelincir ini terdiri dari tiga jenis utama yaitu tipe gelincir rotasional, tipe gelincir transional dan tipe gelincir blok.

##### a. Tipe gelincir rotasional (*rotational slide*)

Tipe gelincir rotasional ini merupakan pergerakan massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung ke atas, dan pergerakan longsornya secara umum berputas pada satu sumbu yang sejajar dengan

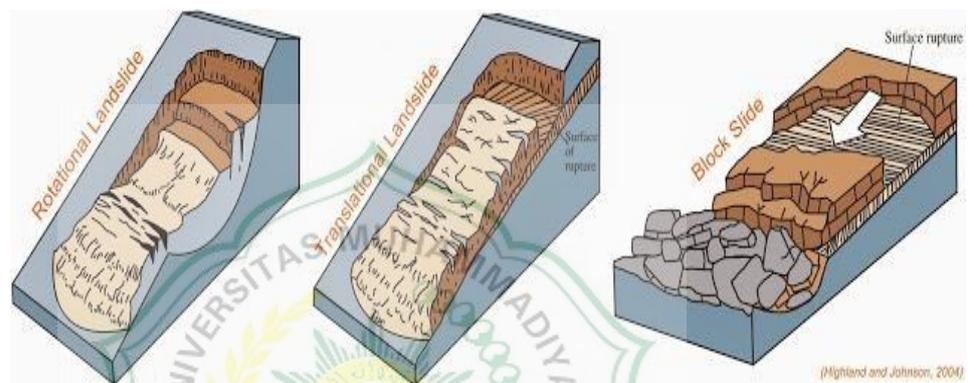
permukaan tanah.

b. Tipe gelincir transional (*translational slide*)

Tipe gelincir transional ini merupakan Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata dengan sedikit rotasi atau miring ke belakang.

c. Tipe gelincir blok (*block slide*)

Tipe gelincir blok ini merupakan pergerakan batuan yang hampir sama dengan *translational slide*, tetapi massa yang bergerak terdiri dari blok-blok yang koheran.



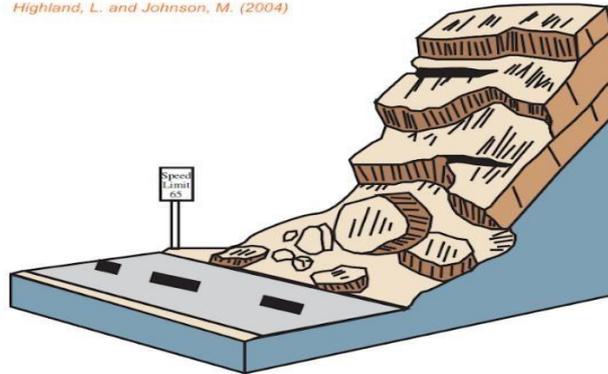
**Gambar 2.1** Tipe longsoran

Sumber: Highland dan Jahnson (2004)

2. Tipe Runtuhan (*fall*)

Tipe runtuhan adalah gerakan massa jatuh melalui udara. Umumnya massa yang jatuh ini terlepas dari lereng yang curam dan tidak ditahan oleh suatu geseran dengan material yang berbatasan. Pada jenis runtuhan batuan umumnya terjadi dengan cepat dan ada kemungkinan tidak didahului dengan gerakan awal.

Highland, L. and Johnson, M. (2004)



**Gambar 2.2** Longsoran tipe jatuhan

Sumber: Highland dan Johnson (2004)

### 3. Tipe Pengelupasan (*Topples*)

Tipe pengelupasan adalah gerakan ini berupa rotasi keluar dari suatu unit massa yang berputar terhadap suatu titik akibat gaya gravitasi atau gaya-gaya lain seperti adanya air dalam rekahan

Highland, L. and Johnson, M. (2004)



**Gambar 2.3** Longsoran tipe robohan

Sumber: Highland dan Johnson (2004)

## 2.4 Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng adalah menentukan faktor keamanan dari bidang longsor. Faktor keamanan (FK) didefinisikan sebagai nilai perbandingan antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan. Dari perbandingan di atas akan mendapatkan faktor keamanan (FK) yang merupakan nilai kestabilan lereng. Nilai-nilai faktor keamanan (FK) atau *safety factor* (SF) untuk menilai kestabilan suatu lereng mengacu pada SNI 8460-2017 kondisi

lereng dikatakan aman jika  $FK > 1,25$  menunjukkan lereng stabil.

Sebuah lereng dikatakan stabil apabila lereng tersebut tidak mengalami kelongsoran. Keruntuhan pada lereng alami atau buatan disebabkan karena adanya perubahan antara lain topografi, seismik, aliran air tanah, kehilangan kekuatan, perubahan tegangan, dan musim/iklim/cuaca.

Akibat adanya gaya-gaya luar yang bekerja pada material pembentuk lereng menyebabkan material pembentuk lereng mempunyai kecenderungan untuk menggelincir. Kecenderungan menggelincir ini ditahan oleh kekuatan geser material sendiri. Meskipun suatu lereng telah stabil dalam jangka waktu yang lama, lereng tersebut dapat menjadi tidak stabil karena beberapa faktor seperti:

1. Jenis dan keadaan lapisan tanah / batuan pembentuk lereng.
2. Bentuk geometris penampang lereng (misalnya tinggi dan kemiringan lereng).
3. Penambahan kadar air pada tanah (misalnya terdapat rembesan air atau infiltrasi hujan).
4. Berat dan distribusi beban.
5. Getaran atau gempa.

Pada prinsipnya, ada beberapa cara untuk menstabilkan lereng yang berpotensi terjadi kelongsoran. Ada dua cara yang dapat digunakan untuk menstabilkan suatu lereng, yaitu

1. Memperkecil gaya penggerak atau momen penyebab longsor. Gaya atau momen penyebab longsor dapat diperkecil dengan cara merubah bentuk lereng, yaitu dengan cara:
  - a. Merubah lereng lebih datar atau memperkecil sudut kemiringan.
  - b. Memperkecil ketinggian lereng.
  - c. Merubah lereng menjadi lereng bertingkat (*multi slope*).
2. Memperbesar gaya lawan atau momen penahan longsor. Gaya lawan atau momen penahan longsor dapat diperbesar dengan beberapa cara yaitu:
  - a. Menggunakan *counter weight* yaitu tanah timbunan pada kaki lereng. Cara ini mudah dilaksanakan asalkan terdapat tempat di kaki lereng untuk tanah timbunan tersebut.

- b. Dengan mengurangi air pori di dalam lereng.
- c. Dengan cara mekanis yaitu dengan memasang tiang pancang atau tembok penahan tanah.

## 2.5 Parameter Tanah

Pemodelan lereng yang diperkuat oleh *geocell* yang dilakukan pada *software* Plaxis 2D membuat parameter-parameter tanah. Parameter tanah yang digunakan untuk menggambarkan kondisi tanah asli yang akan digunakan dalam pemodelan. Parameter tanah pada tugas akhir ini diantaranya angka pori, modulus elastisitas, kohesi dan sudut geser dalam.

### 2.5.1 Kohesi

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah (Bowles, 1997). Deformasi ini terjadi akibat kombinasi keadaan kritis pada tegangan normal dan tegangan geser yang tidak sesuai dengan faktor aman dari yang direncanakan. Nilai ini didapat dari pengujian *Triaxial Test* dan *Direct Shear Test*. Nilai kohesi secara empiris dapat ditentukan dari data sondir ( $qc$ ) yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kohesi (c)} = \frac{qc}{20} \quad (2.1)$$

Rumus diatas dapat digunakan dengan menggunakan data sondir, data korelasi dari N-SPT dengan sondir di sajikan pada **Tabel 2.1**

**Tabel 2.1** Korelasi dari N-SPT

N SPT (blows/ft)	Konsistensi	$q_c$ ( <i>Unconfined Compressive Strength</i> )	$\gamma_{sat}$ kN/m <sup>3</sup>
		tons/ft <sup>2</sup>	
<2	<i>Very Soft</i>	<0,25	16 - 19
2 - 4	<i>Soft</i>	0,25 - 0,50	16 - 19
4 - 8	<i>Medium</i>	0,50 - 1,00	17 - 20
8 - 15	<i>Stiff</i>	1,00 - 2,00	19 - 22
15 - 30	<i>Very Stiff</i>	2,00 - 4,00	19 - 22
>30	<i>Hard</i>	>4,00	19 - 22

Sumber: Bowles (1997)

### 2.5.2 Sudut Geser Dalam

Kekuatan geser dalam mempunyai variabel kohesi dan sudut geser dalam (Bowles, 1984). Sudut geser dalam bersamaan dengan kohesi menentukan tanah akibat tegangan yang bekerja berupa tekanan lateral tanah. Nilai ini juga didapatkan dari pengukuran *engineering properties* tanah berupa *Triaxial Test* dan *Direct Shear Test*. Hubungan sudut geser dalam dan jenis tanah ditunjukkan pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Hubungan antara sudut geser dalam dan jenis tanah

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )
Kerikil Kepasiran	35° - 40°
Kerikil Kerakal	35° - 40°
Pasir Padat	35° - 40°
Pasir Lepas	30°
Lempung Kelanauan	25° - 30°
Lempung	20° - 25°

Sumber: Das (1995)

Tanah memiliki butiran yang variatif dan keanekaragaman butiran tersebut menjadi batasan-batasan ukuran golongan tanah menurut

beberapa sistem. **Tabel 2.3** merupakan batasan-batasan ukuran golongan tanah.

**Tabel 2.3** Batasan-batasan ukuran golongan tanah

Nama Golongan	Ukiran Butiran ( mm )			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
<i>Massachussets Institute Of Technology ( MIT)</i>	>2	2-0.06	0.06-0.002	<0.002
<i>U.S. Departement of Agriculture ( USDA)</i>	>2	2-0.05	0.05-0.002	<0.002
<i>Ameican Association of and Transportation</i>	76,2-2	2-0,075	0,075-0,002	<0,002
<i>Unified Soil Classification System</i>	76,2-4,75	4,75-0,075	Halus (yaitu lanau dan lempung <0,075)	

(Sumber: Das, 1995)

Fungsi dari sistem klasifikasi tanah ialah untuk menentukan dan mengidentifikasi tanah dengan cara yang sistematis guna menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu yang didasarkan pada pengalaman terdahulu. (Bowles,1989).

## 2.6 Faktor Yang Mempengaruhi Ketidak Stabilan Lereng

Faktor-faktor penyebab lereng rawan longsor meliputi faktor internal (dari tubuh lereng sendiri) maupun faktor eksternal (dari luar lereng), antara lain: kegempaan, iklim (curah hujan), vegetasi, morfologi, buatan/tanah maupun situaaasi setempat (anwar dan kesumadharma, 1991, hirmawan, 1994), tingkat kelembaban tanah (moisture), adanya rembesan, dan aktifitas geologi seperti patahan (terutama yang masih aktif), rekahan dan liniasi 9 sukanar, 1991). Proses eksternal penyebab longsor yang dikelompokan oleh Brunsdan (1993), diantaranya adalah:

- Pelapukan (fisika, kimia daan biologi) erosi.

Pelapukan yang terjadi pada batuan bisa disebabkan oleh berbagai macam faktor. Adanya perbedaan faktor inilah yang akan menyebabkan perbedaan

jenis- jenis pelapukan. Secara umum, pelapukan dibedakan menjadi tiga macam, yakni pelapukan organik atau biologis, pelapukan fisika dan pelapukan kimiawi atau kimia. Pada dasarnya ketiga jenis pelapukan ini bekerja bersama- sama, namun ada kemungkinan salah satu prosesnya lebih dominan dibandingkan dengan yang yang lainnya, itulah sebabnya muncul salah satu jenis pelapukan. Agar kita mengetahui lebih dalam mengenai jenis- jenis pelapukan, maka kita akan membahasnya sebagai berikut:

- Pelapukan organik atau biologis, yakni pelapukan yang disebabkan karena adanya makhluk hidup. Contoh dari pelapukan organik atau biologis ini adalah hancurnya batuan (baca: jenis batuan) karena adanya tanaman lumut yang hidup menempel di batuan tersebut.
  - Pelapukan fisika, yakni pelapukan yang disebabkan oleh perubahan suhu atau iklim. Sebagai contoh dari pelapukan ini adalah hancurnya batuan dikarenakan adanya perubahan cuaca dari musim kemarau ke musim penghujan (baca: pembagian musim di Indonesia).
  - Pelapukan kimia atau kimiawi, yakni pelapukan yang terjadi karena tercampurnya batuan dengan zat- zat kimia. Contoh dari pelapukan ini adalah hancurnya batuan yang disebabkan karena tercampur oleh limbah pabrik yang banyak mengandung bahan kimia.
- Penurunan tanah (ground subsidence).  
Penurunan tanah timbul akibat pengambilan air tanah yang berlebihan pada lapisan pembawa air yang tertekan; penurunan muka tanah yang disebabkan oleh beberapa faktor penyebab seperti proses-proses geologi, pengambilan bahan cair dari dalam tanah yaitu air tanah atau minyak bumi, adanya beban-beban berat di atasnya seperti struktur bangunan sehingga lapisan-lapisan tanah di bawahnya mengalami konsolidasi, pengambilan bahan padat dari tanah (aktivitas penambangan)
- Deposisi (fluvial, glasial dan gerakan tanah).
1. Fluvial adalah pengendapan yang diakibatkan karena adanya air yang mengalir, contohnya air sungai. Beberapa hal yang memengaruhi proses sedimen fluvial yaitu aliran sungai laminar dan turbidit,

materialnya suplai sedimen, dan bercurah hujan tinggi & rendah. Bentuk alam hasil pengendapan oleh air (fluvial) ada banyak, antara lain meander, oxbow lake, delta, kipas aluvial, dan tanggul alam.

- Meander merupakan sungai berkelok yang disebabkan oleh adanya pengendapan. Nah, aliran sungai yang berkelok-kelok ini disebabkan oleh adanya proses sedimentasi. Ada beberapa hal yang dapat menyebabkan terjadinya meander antara lain karena hilir sungai, erosi vertikal, material sedang-halus, kecepatan air sungai rendah, dan geomorfologi datar.
  - Oxbow lake adalah danau berbentuk U yang terbentuk ketika meander terpotong dari sungai utamanya. Katakanlah proses pengendapan meander terjadi secara terus menerus, maka dapat menghasilkan oxbow lake. Salah satu contoh oxbow lake di Indonesia yakni Danau Hanjalutung yang berada di Kalimantan Tengah.
  - Delta adalah endapan di muara sungai (laut terbuka, pantai, danau) akibat dari berkurangnya laju aliran air saat memasuki laut. Syarat terjadinya delta yaitu sedimen suplai banyak, arus sepanjang pantai tidak kuat, dan pantai harus dangkal. Salah satu delta yang dapat mudah ditemukan di Indonesia adalah delta Sungai Mahakam yang berada di Kalimantan Timur.
  - Kipas aluvial merupakan endapan sedimen yang berbentuk seperti kipas dan terbentuk oleh aliran sungai, biasanya berada di wilayah pegunungan. Syarat terjadinya kipas aluvial yaitu material sedimen halus-halus, tersortir buruk, geomorfologi pegunungan, curam hingga landai, tektonik aktif, dan adanya perubahan lereng tiba-tiba. Salah satu contoh kipas aluvial di Indonesia yaitu berada di Kebumen dan Purworejo.
  - Tanggul alam merupakan bentuk alam yang terbentuk di tepi sungai karena terjadi hujan lebat.
2. Glasial adalah pengendapan material sedimen oleh media transport gletser. Terbentuknya sedimen glasial dipengaruhi oleh gletser,

materialnya sedimen (halus-kasar), geomorfologinya pegunungan es, dan ditemukan di iklim yang dingin. Bentuk alam dari sedimen glasial adalah moraine, drumlin, kettle, dan esker.

- Moraine adalah akumulasi batuan dan tanah yang jatuh ke permukaan glasial atau dapat juga sebagai akumulasi karena dibawa oleh gletser.
- Drumlin adalah bukit yang memanjang atau ramping, searah dengan aliran gletser dan terdiri dari endapan gletser. Ciri-ciri drumlin yaitu bentuknya bukit kecil, berbentuk seperti telur, terdapat bagian terjal & hampir datar, dan terbentuk di ujung moraine.
- Kettle adalah depres/lubang di dataran outwash yang dibentuk oleh gletser yang mengalir. Pertama, blok es dengan gletser terpisah karena adanya banjir gletser. Lama kelamaan, blok es akan tertimbung oleh outwash. Selanjutnya, ketika blok es yang tertimbun di dalam outwash tersingkap, maka menyebabkan blok es mencair.
- Eskers adalah bukit yang memanjang atau ramping searah dengan aliran gletser dan terdiri dari endapan gletser.

### 3. Gerakan Tanah

- Longsoran : adalah masa tanah bergerak di sepanjang lereng dengan bidang longsoran yang melengkung (memutar, rotasi) dan mendatar (translasi). Longsoran dengan bidang longsoran melengkung, biasanya gerakannya perlahan-lahan/merayap tetapi merusak dan meruntuhkan bangunan di atasnya, sehingga mengancam keselamatan penghuninya.
- Aliran: adalah masa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lerengannya, volume, tekanan air, dan jenis materialnya. Umumnya gerakannya di sepanjang lembah dan bisa mencapai ratusan meter. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di daerah gunung api. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak.

- Jatuhan: adalah batu atau tanah jatuh bebas dari atas tebing, umumnya materialnya tidak banyak dan terjadi pada lereng yang sangat terjal.
  - Robohan: Pergerakan blok tanah/batuan yang bergerak pada satu tumpuan.
  - Gabungan: adalah kejadian tanah longsor gabungan antara longsor dengan aliran atau jatuhan dengan aliran
- Jatuhan tepra.

Pelapukan dan erosi sangat dipengaruhi oleh iklim yang diwakili oleh kehadiran hujan di daerah setempat, curah hujan kadar air (*water content*; %) dan kejenuhan air (*saturation*; Sr, %). Pada beberapa kasus longsor, hujan sering sebagai pemicu karena hujan meningkatkan kadar air tanah yang menyebabkan kondisi fisik/mekanik material tubuh lereng berubah. Kenaikan kadar air akan memperlemah sifat fisik-mekanik tanah dan menurunkan faktor keamanan lereng (Brunsden & Prior, 1984; Bowles, 1989; Hirmawan & Zakaria, 1991).

Penambahan beban di tubuh lereng bagian atas (pembuatan/peletakan bangunan, misalnya dengan membuat perumahan atau vila di tepi lereng atau di puncak bukit) merupakan Tindakan beresiko mengakibatkan longsor. Demikian juga pemotongan lereng pada pekerjaan *cut & fill*, jika tanpa perencanaan dapat menyebabkan perubahan keseimbangan tekanan pada lereng.

Letak atau posisi tanaman keras dan kerapatannya mempengaruhi faktor keamanan lereng (Hirmawan, 1993), hilangnya tumbuhan penutup menyebabkan alur-alur pada beberapa daerah tertentu. Penghanyutan yang semakin meningkat akhirnya mengakibatkan terjadinya longsor (Pengular, 1985). Dalam kondisi erosi tentunya memegang peran penting.

Penyebab lain dari kejadian longsor adalah gangguan-gangguan internal, yaitu yang datang dari dalam tubuh lereng sendiri terutama karena ikut sertanya peranan air dalam tubuh lereng, kondisi ini tak lepas dari pengaruh luar, yaitu iklim yang diwakili oleh curah hujan. Jumlah air yang meningkat dicirikan oleh peningkatan kadar air tanah, derajat

kejenuhan, atau muka air tanah. Kenaikan air tanah akan menurunkan sifat fisik dan mekanik tanah dan meningkatkan tekanan pori ( $m$ ) yang berarti memperkecil ketahanan geser dari masa lereng (lihat rumus faktor keamanan). Debit air tanah juga membesar dan erosi dibawah permungkaan (*piping* atau *subaqueous erosion*) meningkat. Akibatnya lebih banyak fraksi halus (lanau) dari masa tanah yang dihanyutkan, lebih jauh ketahanan mass tanah akan menurun (Bell, 1984, dalam Hirnawan, 1993).

### 2.6.1 Gempa Atau Getaran

Banyak kejadian longsor terjadi akibat gempa bumi. Gempa bumi terbesar di Sumatra selatan tahun 1952 dan di Wonosobo tahun 1924, juga di Assam 27 Maret 1964 menyebabkan timbulnya tanah longsor (pangalar, 1985). Demikian juga di Jayawijaya, Irian juga tahun 1987 (siagian, 1989, dalam Tadjudin, 1996) dan di Sindangwanggu, Majalengka tahun 1990 (Soehaimi, et.al., 1985) akibat getaran dan di Cadas Pangeran, Sumedang bulan April 1995, selain morfologi dan sifat fisik/mekanik material tanah lapukan bereaksi, getaran kendaraan pun ikut ambil bagian dalam kejadian longsor. Gempa di India dan Peru (2000) juga menyebabkan longsor.

### 2.6.2 Cuaca / Iklim

Curah hujan sebagai salah satu komponen iklim akan mempengaruhi kadar air (water content;  $w$ , %) dan kejenuhan air (saturation;  $S_r$ , %). Pada beberapa kasus longsor di Jawa Barat, air hujan seringkali menjadi pemicu terjadinya longsor. Hujan dapat meningkatkan kadar air dalam tanah dan lebih jauh akan menyebabkan kondisi fisik tubuh lereng berubah-ubah. Kenaikan kadar air tanah akan memperlemah kondisi sifat fisik-mekanik tanah (mempengaruhi kondisi internal tubuh lereng) dan menurunkan faktor keamanan lereng (Brunsden & Prior, 1984, Bowles, 1989, Hirnawan & Zufialdi, 1993).

Kondisi lingkungan geologi fisik sangat berperan dalam kejadian gerakan tanah selain kurangnya kepedulian masyarakat keren kurang informasi ataupun karena semakin merebaknya pengembangan wilayah yang mengambil tempat di daerah yang mempunyai masalah lereng rawan longsor.

### **2.6.3 Ketidak Seimbangan Beban di Puncak dan di Kaki Lereng**

Beban tambahan di tubuh lereng bagian atas (puncak) mengikut sertakan peranan aktifitas manusia.pendirian atau peletakan bangunan, terutama memandang aspek estetika belaka, misalnya dengan membuat perumahan (*real estate*) atau vila di tepi-tepi lereng atau di puncak-puncak bukit merupakan tindakan ceroboh yang dapat mengakibatkan longsor. Kondisi tersebut menyebabkan berubahnya keseimbangan tekanan dalam tubuh lereng. Sejalan dengan kenaikan beban di puncak lereng, maka keamanan lereng akan menurun.

Pengurangan beban di daerah kaki lereng berdampak menurunkan faktor keamanan. Makin besar pengurangan beban di kaki lereng. Makin besar pula penurunan faktor keamanan lerengnya, sehingga lereng makin labil atau makin rawan longsor. Aktifitas manusia berperan dalam kondisi seperti ini. Pengurangan beban di kaki lereng diantaranya oleh aktifitas penambangan galian, pemangkasan (*cut*) kaki lereng untuk perumahan, jalan dan lain-lain, atau erosi (Hirnawan, 1993).

### **2.6.4 Vegetasi/ Tumbuh Tumbuhan**

Hilangnya tumbuhan penutup, dapat menyebabkan alur-alur pada beberapadaerah tertentu. Penghanyutan makin meningkat dan akhirnya terjadilah longsor (pangular, 1985). Dalam kondisi tersebut berperan pula faktor eroi. Letak atau posisi penutup tanaman keras dan kerapatannya mempengaruhi faktor keamanan lereng. Penanaman vegetasi tanaman keras di kaki lereng akan memperkuat kestabilan lereng, sebaliknya penanaman tanaman keras di puncak lereng justru

akan menurunkan faktor keamanan lereng sehingga memperlemah kestabilan lereng (Hirawan, 1993).

Penyebab lain dari kejadian longsor adalah gangguan internal yang datang dari dalam tubuh lereng sendiri terutama karena ikut sertanya peranan air dalam tubuh lereng.

#### **2.6.5 Naiknya Muka Air Tanah**

Kehadiran air tanah dalam tubuh lereng biasanya menjadi masalah bagi kestabilan lereng. Kondisi ini tak lepas dari pengaruh luar, yaitu iklim (diawali oleh curah hujan) yang dapat meningkatkan kadar air tanah, derajat kejenuhan, atau muka air tanah. Kehadiran air tanah akan menurunkan sifat fisik dan mekanik tanah.

Kenaikan muka air tanah meningkat tekanan pori ( $m$ ) yang berarti memperkecil ketahanan geser dari masa lereng, terutama pada material tanah (soil). Kenaikan muka air tanah juga memperbesar debit air tanah dan meningkatkan erosi dibawah permukaan (*piping* atau *subaqueous*). Akibatnya lebih banyak fraksi halus (lanau) dari masa tanah yang dihanyutkan ketahanan masa tanah akan menurun (Bell, 1984, dalam Hirawan, 1993).

#### **2.7 Faktor Keamanan Lereng**

Banyak rumus perhitungan faktor keamanan lereng (material tanah) yang diperkenalkan untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng ini. Rumus dan faktor keamanan (*safety factor*,  $F$ ) lereng (material tanah) yang diperkenalkan oleh Fellenius dan kemudian dikembangkan adalah: (Lambe & Whitman, 1969; Parcher & Means, 1974).



**Gambar 2.4** Sketsa lereng dan gaya yang bekerja

$$\tau = cL + \{(W+V) \cos \alpha - \mu\} \tan \phi$$

$$S = (W+V) \sin \alpha$$

$$F = \sum \tau / s \text{ (sepanjang bidang gelincir)}$$

Keterangan:

F = faktor keamanan lereng (tak bersatuan)

L = Panjang segmen bidang gelincir (meter)

$\tau$  = gaya ketahanan geser/ tahanan geser sepanjang L (ton/M<sup>2</sup>)

S = gaya dorong geser (ton/M<sup>2</sup>)

C = kohesi masa lereng (ton/M<sup>2</sup>)

$\phi$  = sudut geser dalam masa lereng (derajat)

W = bobot massa di atas segmen L (Ton)

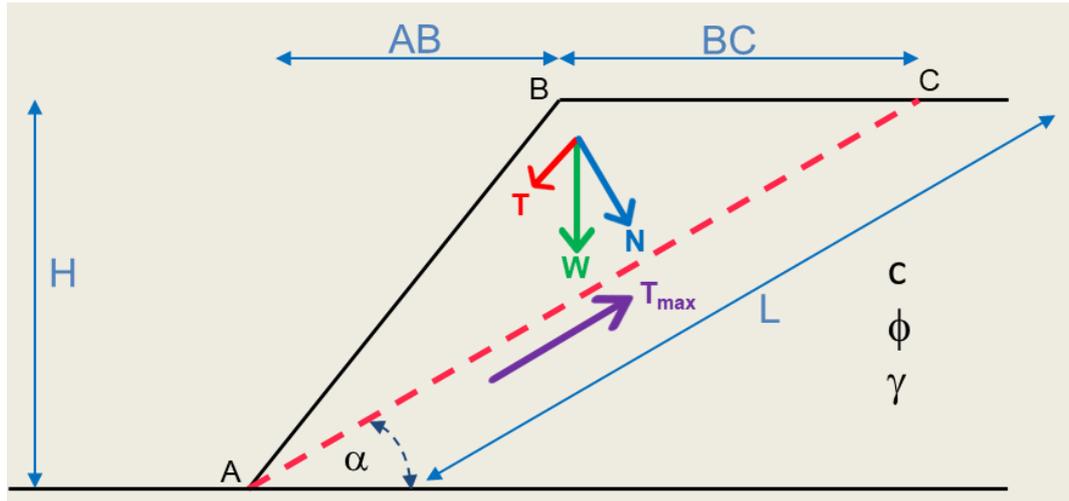
V = beban luar (ton)

$\mu$  = tekanan pori (Y air x h x L)

H = panjang garis ekuipotensial ke titik berat L (meter)

$\alpha$  = sudut yang dibentuk oleh bidang gelincir dengan bidang horizontal

(.,\*/derajat)



**Gambar 2.5** Sketsa gaya yang bekerja pada satu potongan

## 2.8 Faktor Keamanan Lereng Menurut SNI-8460

Analisis stabilitas lereng yaitu menentukan faktor keamanan dari bidang longsor. Faktor keamanan (FK) didefinisikan sebagai nilai perbandingan antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan (SNI 8460:2017). Nilai-nilai faktor keamanan (FK) atau safety factor (SF) untuk menilai kestabilan suatu lereng mengacu pada SNI 8460:2017 kondisi lereng dikatakan aman jika  $FK > 1,25$  dengan satu jenis tanah yang menunjukkan lereng stabil.

**Tabel 2.4** Nilai faktor keamanan untuk lereng tanah (SNI 8460)

Biaya dan konsekuensi dari kegagalan lereng	Tingkat ketidakpastian kondisi analisis	
	Rendah <sup>a</sup>	Tinggi <sup>b</sup>
Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merencanakan lereng yang lebih konservatif	1,25	1,5
Biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	15	2,0 atau lebih

<sup>a</sup>Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan rendah, jika kondisi geologi dapat dipahami, kondisi tanah seragam, penyelidikan tanah konsisten, lengkap dan logis terhadap kondisi di lapangan.

<sup>b</sup>Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan tinggi, jika kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan.

Sumber : SNI 8460

## 2.9 Berbagai Cara Analisis Kestabilan Lereng

Cara analisis kestabilan lereng banyak dikenal, tetapi secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu: cara pengamatan visual, cara komputasi, dan cara grafik (pangular, 1985) sebagai berikut:

### 1. Cara pengamatan visual

Cara pengamatan visual adalah cara dengan mengamati langsung dilapangan dengan membandingkan kondisi lereng yang bergerak atau diperkirakan bergerak dan yang tidak, cara ini memperkirakan lereng labil maupun stabil dengan memanfaatkan pengalaman dilapangan ( pangular, 1985). Cara ini kurang teliti, tergantung dari pengalaman seseorang, cara ini dipakai bila tidak ada resiko longor terjadi saat pengamatan. Cara ini mirip dengan menentukan indikasi gerakan tanah dalam suatu peta lereng.

### 2. Cara komputasi

Cara komputasi adalah dengan melakukan hitungan berdasarkan rumus (Fellenius, Bishop, Janbu, Sarma, Bishop modified dan lain-lain). Cara Fellenius dan Bishop menghitung faktor keamanan lereng dan dianalisis

kekuatannya. Menurut Bowles (1989), pada dasarnya kunci utama gerakan tanah adalah kuat geser tanah yang dapat terjadi:

- a) Tak terdrainase
- b) Efektif untuk beberapa kasus pembebanan
- c) Meningkatkan sejalan peningkatan konsolidasi (sejalan dengan waktu) atau dengan kedalaman.
- d) Berkurang dengan meningkatnya kejenuhan air (sejalan dengan waktu) atau terbentuknya tekanan pori yang berlebih atau yang terjadi peningkatan air tanah.

Dalam mengitung besar faktor keamanan lereng dalam analisis kerang tanah melalui metoda sayatan, hanya longsoran yang mempunyai bidang gelincir saja yang dapat di hitung.

### 3. Cara grafik

Adalah dengan menggunakan grafik yang sudah standar (Tailor, Hoek & Bray, Janbu, Cousins dan Morganstren). Cara ini dilakukan untuk material homogen dengan stuktur sederhana. Materian yang heterogen (terdiri atas berbagai lapisan) dapat didekati dengan penggunaan rumus (cara komputasi), stereonet, misalnya diagram jaring Schmidt Net Diagram) dapat menjelaskan arah longsoran atau runtuhuan batuan dengan cara mengukur *strike/dip* kekar-kekar (*joints*) dan *strike/dip* lapisan batuan.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang dilakukan dan studi-studi yang menyeluruh tetang keruntuhan lereng, maka dibagi 3 kelompok rentang faktor keamanan (F) ditinjau dari intensitas kelongsorannya (Bowles, 1989), seperti yang diperhilitkan pada **tabel 2.5**

**Tabel 2.5** Hubungan nilai faktor keamanan lereng dan intensitas longsor

Nilai faktor keamanan	Kejadian/ intensitas longsor
F kurang dari 1,07	Longsor terjadi biasa / sering (lereng labil)
F antara 1,07 sampai 1,25	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)
F diatas 1,25	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)

Sumber : Bowles (1989)

Nilai faktor keamanan ( $F$ )  $> 1,25$  pada suatu lereng menurut Bowles (1989) ditafsirkan sebagai lereng dengan lonsor jarang terjadi atau di sebut sebagai relatif stabil. Untuk menyebtkan lereng stabil perlu dibuat nilai batas yang aman selain  $F= 1,25$ , karena nilai tersebut menandakan bahwa kejadian longsor pernah terjadi (walaupun jarang). Untuk itu diusulkan nilai yang aman bagi lereng (lereng stabil).

### 2.10 Analisis Kestabilan Lereng Pada Bidang Datar

Pada lereng yang diasumsikan mempunyai bidang runtuh datar, aka analisis stabilitasnya dapat dilakukan dengan menghitung gaya-gaya yang bekerja per satuan lebar lereng sebagai berikut:

$$W - \gamma \cdot \Lambda$$

Dimana  $\Lambda$  adalah luas bidang yang longsor (luas abc pada gambar).

Lalu hitung gaya-gaya sejajar dan tegak lurus bidang keruntuhan:

$$N = W \cos \alpha$$

Dan

$$T = W \sin \alpha$$

Lalau tentukan gaya tahanan pada bidang keruntuhan:

$$T_{\max} - N \operatorname{tg} \phi + cL$$

Selanjutnya tentukan faktor keamanan (*Safety Factor* = SF) dengan membandingkan nilai  $T_{\max}$  dengan T sebagai berikut:

$$SF- T_{\max} / T$$

### 2.11 Analisis Dengan Program Numerik Plaxis

Plaxis adalah suatu program elemen hingga 2 dan 3 dimensi yang

digunakan untuk menampilkan analisis deformasi dan analisis stabilitas untuk berbagai tipe aplikasi geoteknik. Situasi kasus sebenarnya dapat dimodelkan baik dengan plane strain maupun model *axisymmetric*. Prosedur input secara grafik yang mudah dan dapat dengan cepat *generate*/memproses model elemen hingga yang kompleks dan memiliki fasilitas output yang menyediakan hasil perhitungan secara detail dan dapat dipresentasikan. Pada plaxis terdapat 4 sub-program yaitu : *Input*, *Calculation*, *Output*, dan *Curve*

### 2.11.1 Program *Input*

Untuk membuat analisis elemen hingga dengan Plaxis, pengguna harus membuat model elemen hingga dan menentukan *property* material dan kondisi batas. Dalam membuat model elemen hingga, pengguna harus membuat model *geometric* 2 dimensi pada bidang x-y,

Program Input terdiri dari beberapa tahapan antara lain :

- a. **General Setting**. Pada tahap ini terdapat dua lembar kerja (tab sheet) yaitu *Project* dan *Dimension*. Lembar *Project* berisi nama proyek dan deskripsi, tipe model dan akselerasi. Lembar *Dimension* berisi satuan panjang, gaya, waktu dan dimensi area untuk menggambar model.
- b. **Pemodelan Secara Geometric**, Tahapan dari permodelan elemen hingga dimulai dengan membuat model *geometric* yang akan melukiskan permasalahan yang terjadi. Permodelan *geometric* terdiri dari titik, garis dan kelompok (*cluster*). Titik dan garis dimasukkan oleh pengguna, sedangkan *cluster* diolah oleh program. Tambahan dari komponen dasar, objek struktur atau kondisi tertentu dapat dipilih permodelan *geometric* untuk mensimulasikan garis terowongan, dinding, plat, interaksi antara tanah dan struktur, dan beban. Setelah semua permodelan *geometric* telah ditetapkan dan semua komponen *geometric* telah memiliki *property* masing-masing, maka

struktur elemen hingga dapat diolah.

- c. **Loads dan Boundary Conditions**, menu loads berisi pilihan yang menjelaskan distribusi beban, apakah beban garis atau beban titik. Kondisi batas menjelaskan *displacement* (perpindahan) yang sama dengan nol. Kondisi ini dapat diterapkan pada garis *geometric* dan pada titik.
- d. **Material Propertise**, Pada Plaxis, *property* tanah dan *property* material dari struktur disimpan pada data material. Dimana ada 4 macam material, data untuk tanah dan interaksi, plat, geogrid, dan ankur. Semua data disimpan pada data base material. Dari data *base* tersebut dapat ditetapkan kumpulan tanah atau objek struktur pada permodelan *geometric*.
- e. **Mesh Generation**, Setelah pemodelan *geometric* semua sudah ditetapkan dan *property* material dipilih untuk semua jenis kumpulantanah dan objek struktur, pemodelan *geometric* harus dibagi-bagi menjadi elemen hingga (*mesh*) dengan tujuan untuk membuat perhitungan elemen hingga. Komposisi untuk elemen hingga disebut "*mesh*".
- f. **Initial condition**, Setelah pemodelan *geometric* dibuat dan jarring elemen hingga sudah di-generate (diproses), keadaan tegangan awal dan konfigurasi awal harus ditetapkan. Pada *Initial conditions* (kondisi awal) terdapat dua model yang berbeda, yaitu : model pertama untuk memproses tekanan air awal (*water conditions mode*) dan model kedua untuk persyaratan konfigurasi *geometric* awal dan untuk memproses tegangan efektif dasar awal (*geometric configurations mode*)

### 2.11.2 Program Calculations

Setelah memproses pemodelan hingga, perhitungan elemen hingga sebenarnya dapat dilaksanakan. Oleh karena itu perlu ditetapkan tipe dari perhitungan yang akan digunakan dan jenis pembebanan atau tahapan konstruksi yang mana harus diaktifkan

selama perhitungan. Semua ini dilakukan oleh program “*Calculations*”. Program *Calculations* hanya mempertimbangkan analisis deformasi (perpindahan) dan membedakan antara perhitungan *Plastic*, analisis *Consolidations* (pemampatan), analisis *Phi-c reduction* (faktor keamanan) dan perhitungan *Dynamic*. Pengertian *type* perhitungan tersebut secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut,

1. *Perhitungan Plastic*. Perhitungan *type* ini harus dipilih untuk mendapatkan *elastic-plastic deformation analysis* yang mana tidak diperlukan untuk memasukkan kekurangan dari kelebihan tekanan air pori beserta fungsi waktu ke dalam perhitungan. *Type* Perhitungan ini sangat cocok pada sebagian besar penerapan praktek geoteknik.
2. *Perhitungan Consolidations*, Perhitungan ini harus dipilih ketika cukup penting untuk menganalisis perkembangan dari disipasi dari kelebihan tekanan air pori pada *type* tanah lempung yang jenuh air dalam fungsi waktu.
3. *Perhitungan Phi-c reduction*, Perhitungan ini digunakan pada Plaxis untuk mendapatkan nilai factor keamanan dengan mereduksi parameter kekuatan dari tanah. Suatu analisis keamanan dapat dilakukan setelah setiap tahapan perhitungan ataupun tahapan konstruksi. Tetapi perlu diperhatikan bahwa suatu tahapan *Reduksi Phi-c* tidak dapat menjadi kondisi awal untuk tahapan perhitungan yang lain karena tahapan *Reduksi Phi-c* berakhir pada suatu kondisi keruntuhan.
4. *Perhitungan Dynamic*, Perhitungan ini digunakan apabila beban yang bekerja bukan beban statis (diam), melainkan beban bergerak, seperti gempa bumi.

### 2.11.3 Program Output

Hasil utama *output* dari perhitungan elemen hingga adalah *displacement* (perpindahan) pada titik dan perubahan tegangan pada titik yang ditinjau. Beberapa parameter yang dapat diketahui dari hasil program *output* antara lain : deformasi, perpindahan (*total, horizontal, vertical, dan incremental displacement*), regangan (*total, cartesian, dan incremental strain*), tegangan (*effective dan total stresses*), *Over Consolidations Ratio* (OCR), titik plastis (*plastis point*), tekanan aktif pori (*active pore pressure*), tekanan air pori berlebih (*excess pore pressure*), *ground water head, flowfield*, dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*).

### 2.11.4 Program Curve

Pada program *curve* dapat digunakan untuk menggambar kurva beban atau waktu terhadap *displacement* (perpindahan), diagram tegangan-regangan dan garis tegangan atau garis regangan dari titik yang sudah dipilih dan dimodelkan secara *geometric*. Kurva ini menggambarkan perkembangan dari beberapa perhitungan selama berbagai tahapan perhitungan, dan memberikan tanda secara *global* atau *local* dari perilaku tanah.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah suatu tempat dimana penelitian dilakukan. Dengan menentukan lokasi penelitian, penulis dapat melakukan penelitian sesuai lokasi yang telah ditentukan. Lokasi yang telah penulis tetapkan untuk melakukan penelitian yaitu, Jalan Geopark Silokek, Kabupaten Sijunjung, Sumatera Barat.



**Gambar 3.1** Data lokasi penelitian (*sumber : Google Earth.2021*)

### 3.2 Data Penelitian

#### Jenis dan Sumber Data

Tahap pengumpulan data merupakan langkah awal setelah tahap persiapan dalam proses pelaksanaan evaluasi dan perencanaan yang sangat penting, karena dari sini dapat ditentukan permasalahan dan rangkaian penentuan alternatif pemecahan masalah yang diambil. Data yang dibutuhkan antara lain:

#### 1. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait yang berupa peta lokasi penelitian, data sondir tanah, dan data lain

yang dirasa penting.

## 2. Data Primer

Data primer adalah sumber data yang diperoleh secara langsung dari lapangan dengan cara melakukan survei, penelitian, dan hasil observasi dari suatu objek.

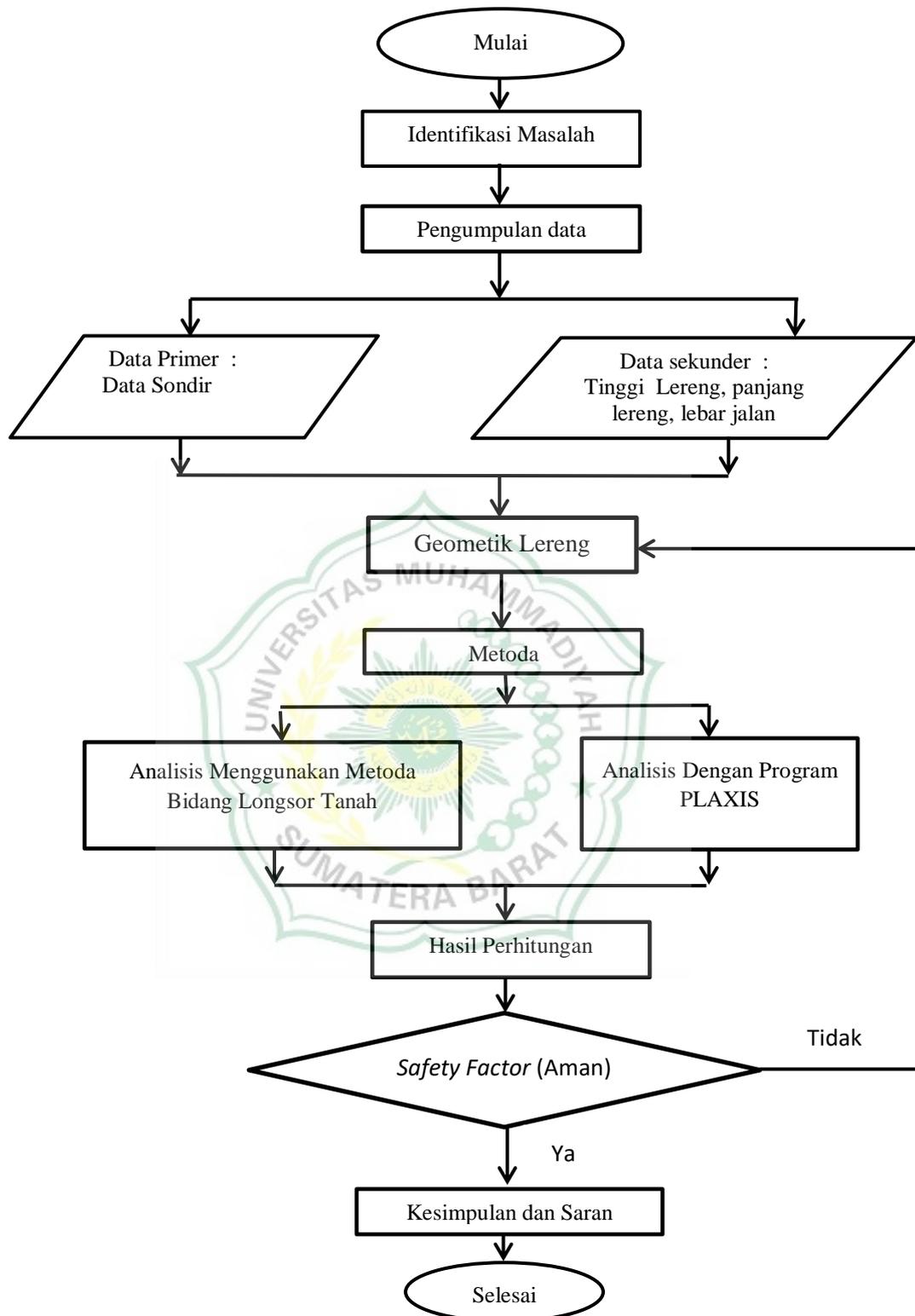
### 3.3 Metode Analisis Data

Secara umum metode analisis data dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Survei lapangan untuk melihat kondisi eksisting daerah yang mengalami longsor.
2. Perhitungan stabilitas lereng terdiri dari dua cara yaitu : dengan menggunakan Metode Bidang Longsor Datar dan Program Plaxis.
3. Analisis hasil perhitungan stabilitas lereng pada daerah penelitian dilakukan dengan Metode Bidang Longsor Datar dan Program Plaxis.



### 3.4 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.2 Bagan alir penelitian

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengolahan Data Tanah

Berikut ini adalah data tanah yang diperoleh dari PUPR dilokasi penelitian. Data tanah berupa pengujian data sondir.

**Tabel 4.1** Data sondir dilokasi penelitian

UJI PENETRASI LAPANGAN DENGAN SONDIR								
Kedalaman MT (m)	Perlawanan penetrasi konus (PK) (kg/cm <sup>2</sup> )	Perlawanan penetrasi konus (PK) (kN/cm <sup>2</sup> )	Jumlah Perlawanan (JP) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Hambatan Lekat HL= jP-PK (kg/cm <sup>2</sup> )	HL x 20/10 (Kg/cm <sup>2</sup> )	Hambatan Lekat HL= jP-PK (kN/cm <sup>2</sup> )	Jumlah Hambatan Lekat (JHL) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Hambatan Setempat HS = HL/10 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,00	0	0,00	0	0	0	0	0	0
0,2	1	0,10	0	0	0	0	0	0
0,4	1	0,10	0	0	0	0	0	0
0,6	5	0,50	7	2	4	0,2	2	0,4
0,8	5	0,50	7	2	4	0,2	4	0,4
1	5	0,50	10	5	10	0,5	9	1
1,2	5	0,50	10	5	10	0,5	14	1
1,4	5	0,50	10	5	10	0,5	19	1
1,6	5	0,50	10	5	10	0,5	24	1
1,8	5	0,50	10	5	10	0,5	29	1
2	10	1,00	15	5	10	0,5	34	1
2,2	10	1,00	15	5	10	0,5	39	1
2,4	10	1,00	15	5	10	0,5	44	1
2,6	10	1,00	15	5	10	0,5	49	1
2,8	10	1,00	20	10	20	1	54	2
3	25	2,50	40	15	30	1,5	64	3
3,2	50	5,00	65	15	30	1,5	69	3
3,4	80	8,00	85	5	10	0,5	69	1
3,6	80	8,00	85	5	10	0,5	74	1
3,8	100	10,00	110	10	20	1	79	2
4	100	10,00	110	10	20	1	84	2
4,2	120	12,00	125	10	20	1	89	2
4,4	120	12,00	130	10	20	1	94	2
4,6	145	14,50	155	10	20	1	94	2
4,8	145	14,50	155	10	20	1	94	2
5	150	15,00	160	10	20	1	94	2
Keterangan	No titik	Tiga (3)				No Alat		
	Muka Tanah	0,00				Sondir		
	M.A.T					Manometer		
	Kedalaman					Sondir Datar		
Jumlah Hambatan Setempat setiap 20 cm								

Dari data sondir diatas, didapatkan hasil parameter-parameter tanah yang berguna untuk analisis stabilitas lereng sebagai berikut :

1. Berat Volume Tanah Aktif ( $\gamma$ )

$$\gamma = \left( 0.27 (\log Rf) + 0.36 \left( \log \left( \frac{qt}{pa} \right) \right) + 1.236 \right) \gamma_w$$

$$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$$

2. Sudut Geser Tanah ( $\phi$ )

$$\phi = \text{Atan} \left( \left( \frac{1}{2.68} \right) \left( \log \left( \frac{qc}{\sigma'_{vo}} \right) + 0.29 \right) \right) \times \frac{180}{\pi}$$

$$\phi = 1^\circ$$

3. Kohesi (c)

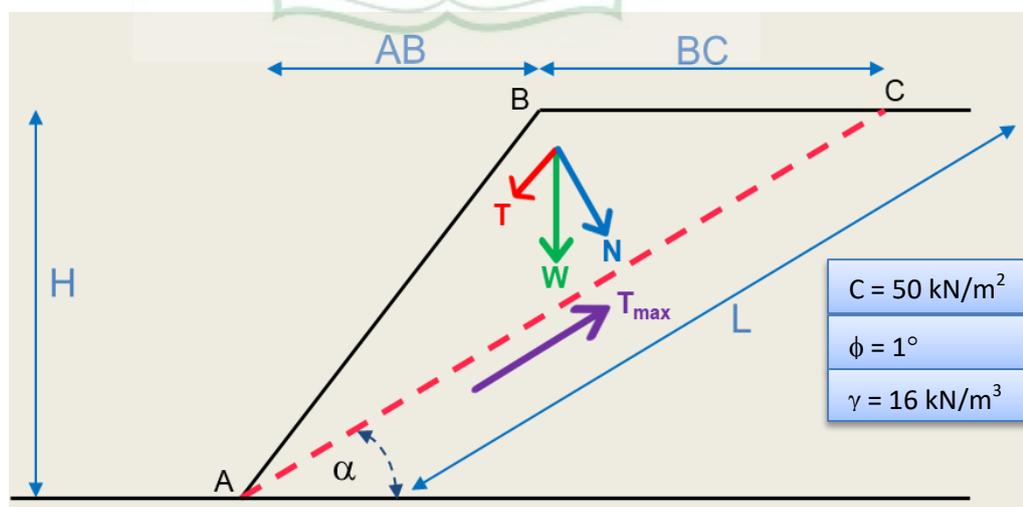
$$c_u = \frac{qt - \sigma_v}{N_{kt}}$$

$$c_u = 50 \text{ kN/m}^2$$

**Tabel 4.2** Data Tanah Hasil Pengujian

No	Parameter pengujian	Hasil pengujian
1	Berat volume tanah aktif ( $\gamma$ )	16 kN/m <sup>3</sup>
2	Sudut geser tanah ( $\phi$ )	1°
3	Kohesi (c)	50 kN/m <sup>2</sup>

**4.2 Analisa dengan Metode Bidang Longsor Datar**



**Gambar 4.1** Bidang longsor datar

#### 4.2.1 Bidang Longsor Datar

1. Panjang bidang longsor

$$L = [H^2 + (AB+BC)^2]^{0,5}$$

$$L = [11^2 + (3+7)^2]^{0,5}$$

$$L = 14,87 \text{ m}$$

2. Sudut bidang runtuh

$$\alpha = \text{Tan}^{-1} H/(AB+BC)$$

$$\alpha = \text{Tan}^{-1} 11/(3+7)$$

$$\alpha = 47,73^\circ$$

#### 4.2.2 Menentukan berat tanah longsor

1. Luas bidang longsor

$$A = [0,5.H.BC]$$

$$A = [0,5.11.7]$$

$$A = 38,5 \text{ m}^2$$

2. Berat bidang longsor

$$W = [\gamma.A]$$

$$W = [19.38,5]$$

$$W = 731,5 \text{ Kn}$$

#### 4.2.3 Menentukan Gaya Yang Bekerja pada Lereng

1. Gaya normal bidang longsor

$$N = [W.\cos \alpha]$$

$$N = [731,5.\cos \alpha]$$

$$N = 492,1 \text{ kN}$$

2. Gaya geser bidang longsor

$$T = [W.\sin \alpha]$$

$$T = [492,1.\sin \alpha]$$

$$T = 541,3 \text{ kN}$$

3. Gaya tahanan pada bidang runtuh

$$T_{\max} = [N.\text{tg } \phi + (c.L)]$$

$$T_{\max} = [492,1.\text{tg } 5^\circ + (50.14,87)]$$

$$T_{\max} = 751,9 \text{ kN}$$

#### 4.2.4 Faktor Keamanan

1. Faktor keamanan yang disarankan ( SNI 8460)

$$SF_{\min} = 1,5$$

2. Faktor keamanan lereng

$$SF_{\text{lereng}} = [T_{\max}/T] > SF_{\min}$$

$$SF_{\text{lereng}} = [751,9/541,3] > 1,5$$

$$SF_{\text{lereng}} = 1,389 \text{ Not OKE}$$

**Tabel 4.3** Try and Error Panjang BC

BC	$\alpha$	L	A	W	N	T	Tmax	SF	Cek
[m]	[°]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]		[SF>1.5..OK]
1	70,0	11,7	5,5	104,5	35,7	98,2	585,9	5,97	OKE
2	65,6	12,1	11	209	86,5	190,2	605,7	3,18	OKE
3	61,4	12,5	16,5	313,5	150,1	275,2	629,1	2,29	OKE
4	57,5	13,0	22	418	224,4	352,7	655,8	1,86	OKE
5	54,0	13,6	27,5	522,5	307,3	422,6	685,4	1,62	OKE
6	50,7	14,2	33	627	397,0	485,3	717,6	1,48	NOT OKE
7	47,7	14,9	38,5	731,5	492,1	541,3	751,9	1,39	NOT OKE
8	45,0	15,6	44	836	591,1	591,1	788,1	1,33	NOT OKE
9	42,5	16,3	49,5	940,5	693,3	635,5	826,0	1,30	NOT OKE
10	40,2	17,0	55	1045	797,7	675,0	865,4	1,28	NOT OKE

Sumber: Hasil Analisa Penelitian

#### 4.3 Analisis Menggunakan Program Numerik Plaxis

Untuk membuat analisis menggunakan Program Plaxis, penulis terlebih dahulu membuat model dan menentukan property material dan kondisi batas. Dalam membuat model elemen hingga, penulis harus membuat model geometri 2D pada bidang x-y.

Pengecekan analisis dengan numerik dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- Analisis sebelum perbaikan lereng.
- Analisis setelah perbaikan lereng.

Beban lalu lintas 15 kPa (SNI 8460)

$$\gamma_{\text{sat}} = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{unsat}} = 15 \text{ kN/m}^3$$

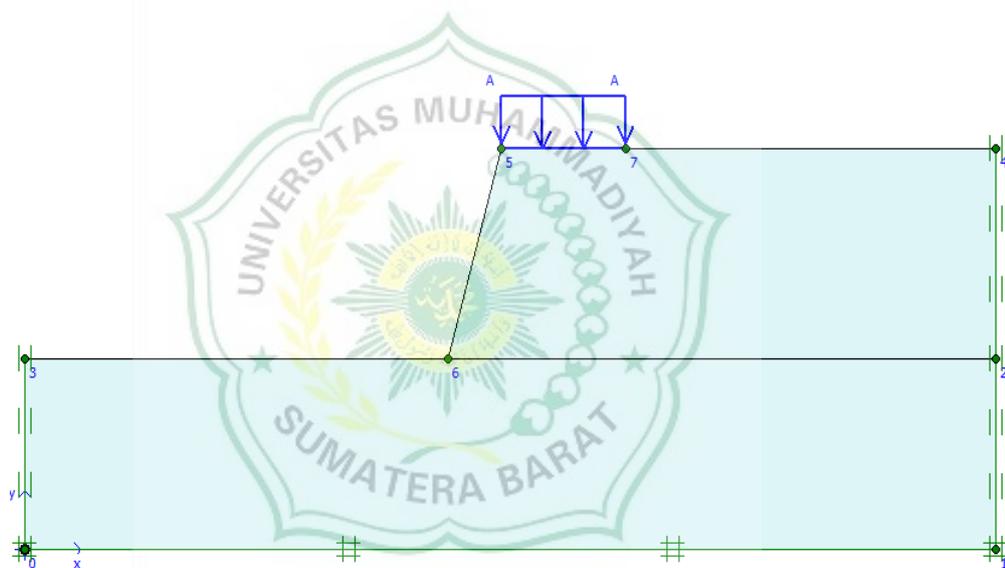
$$C = 50 \text{ kN/m}^2$$

$$E = 7000 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi = 1^\circ$$

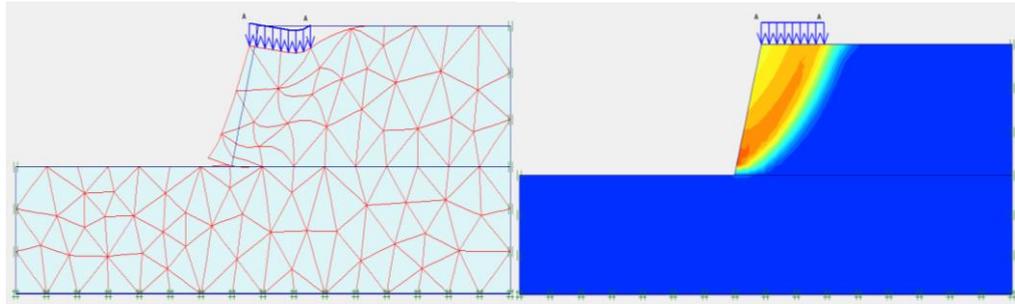
$$V = 0,35$$

#### 4.3.1 Analisis Sebelum Perbaikan



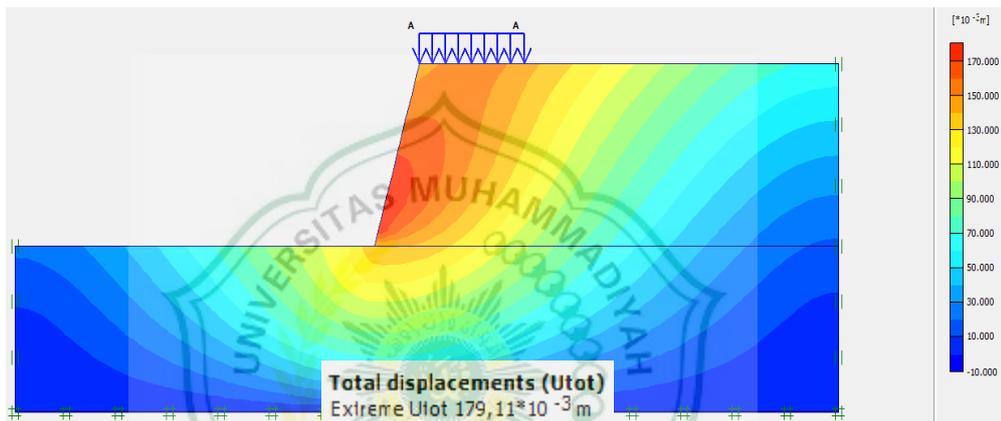
**Gambar 4.2** Input dan pemodelan numerik plaxis sebelum perbaikan

Hasil analisis didapatkan bentuk keruntuhan lereng sebelum perbaikan ditempat penelitian adalah sebagai berikut :



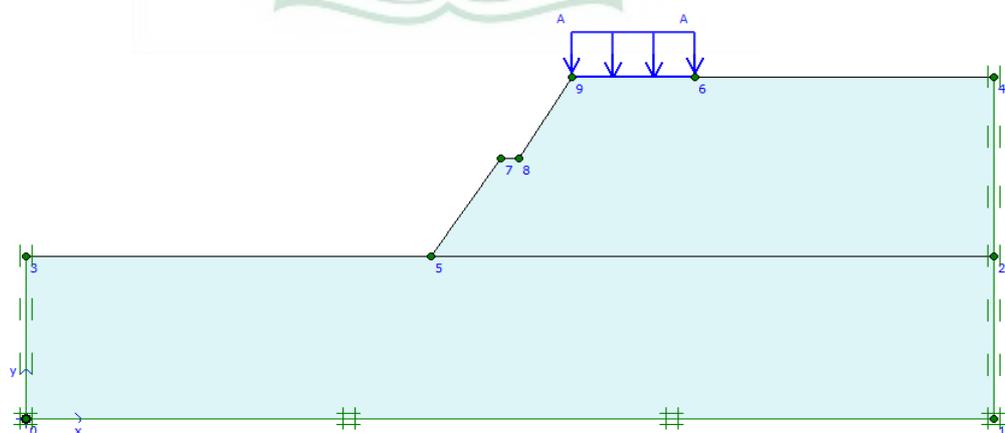
**Gambar 4.3** Keruntuhan lereng sebelum perbaikan

Berikut ini ditampilkan bentuk perpindahan tanah (*displacement*) sebelum perbaikan.



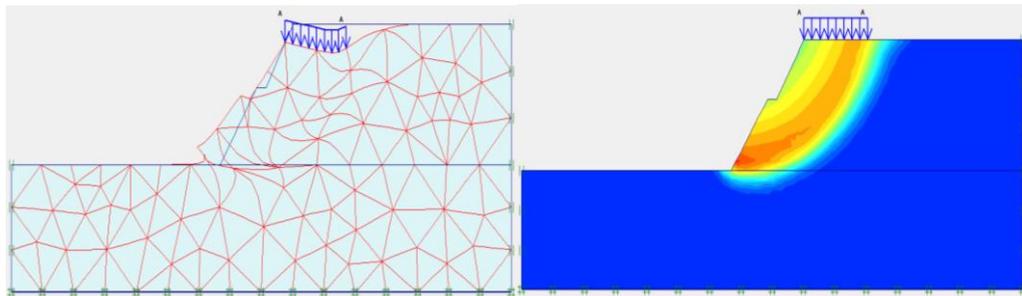
**Gambar 4.4** Perpindahan tanah sebelum perbaikan

#### 4.3.2 Analisis Setelah Perbaikan



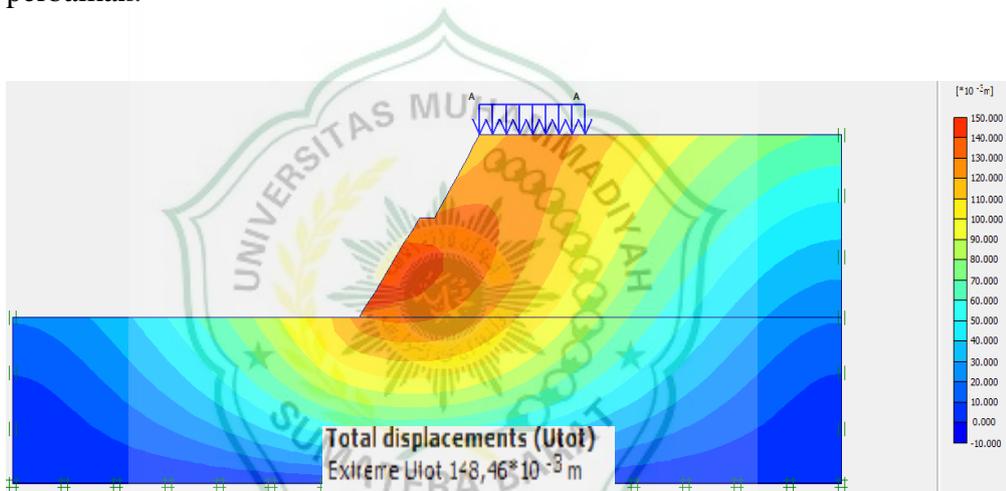
**Gambar 4.5** Input dan pemodelan numerik plaxis setelah perbaikan

Hasil analisis didapatkan bentuk keruntuhan lereng setelah perbaikan ditempat penelitian adalah sebagai berikut :



**Gambar 4.6** Keruntuhan lereng setelah perbaikan

Berikut ini ditampilkan bentuk perpindahan tanah (*displacement*) sebelum perbaikan.



**Gambar 4.7** Perpindahan tanah setelah perbaikan

### 4.3.3 Faktor Keamanan Yang Didapatkan

Faktor keamanan yang didapatkan adalah sebagai berikut :

**Tabel 4.4** Faktor keamanan

Metode	SF	Perpindahan Tanah
Metode Segitiga	1,28	-
Plaxis Sebelum Perbaikan	1,30	17 mm
Plaxis Setelah Perbaikan	1,57	14 mm

Dari tabel diatas, didapatkan hasil faktor keamanan dengan metode segitiga 1.28, plaxis sebelum perbaikan 1.30 dan plaxis setelah perbaikan 1,57. Hasil perpindahan tanah sebelum perbaikan menggunakan plaxis 17 mm dan perpindahan tanah setelah perbaikan menggunakan plaxis 14 mm.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang dibahas pada bab iv, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Faktor keamanan (SF) Bidang Longsor Datar

Dari hasil perhitungan manual dengan menggunakan metode bidang longsor datar, didapatkan hasil 1,28 kecil dari nilai faktor keamanan lereng yang disarankan SNI-8460 yaitu 1,5. Berarti lereng tersebut tidak aman.

2. Faktor keamanan (SF) Plaxis Sebelum Perbaikan

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan program Plaxis sebelum perbaikan lereng, didapatkan hasil 1,30 kecil dari nilai faktor keamanan lereng yang disarankan SNI-8460 yaitu 1,5. Berarti lereng tersebut tidak aman.

3. Faktor keamanan (SF) Plaxis Setelah Perbaikan

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan program Plaxis setelah perbaikan lereng, didapatkan hasil 1,57 besar dari nilai faktor keamanan lereng yang disarankan SNI-8460 yaitu 1,5. Berarti lereng tersebut aman karena nilai faktor keamanan lerengnya besar dari yang disarankan SNI-8460.

#### **5.2 Saran**

Dari hasil perhitungan Analisis Stabilitas Lereng yang penulis lakukan di jalan Geopark Silokek, Muaro Sijunjung, Kabupaten Sijunjung, penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Berdasarkan penelitian yang telah penulis lakukan tentang Analisis Stablan Lereng, penulis memberikan saran agar dalam melakukan suatu perencanaan terhadap lereng, lebih diperhatikan lagi tingkat keamanan lereng agar tidak terjadi kerusakan dalam jangka waktu yang singkat.

2. Dari hasil analisis yang penulis lakukan, perbaikan bisa dilakukan dengan gambar yang telah penulis buat dengan faktor keamanan lereng sesuai dengan SNI-8460
3. Dari hasil analisis yang penulis lakukan sebaiknya pada lereng jalan dibuatkan dinding penahan tanah untuk mengantisipasi agar lereng menjadi aman.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Kusuma, Edo. (2021). *Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Aplikasi Plaxis 8.2 Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah*. Politeknik Negeri Jakarta
- Bowles, J.E (1977;1996). *Physical and Geotechnical Properties of Soil*, McGraw-Hill Book Company, USA.
- Gazali, Ahmad. (2016). *Analisis Stabilitas Lereng Dan Penanggulangan Kelongsoran, Jalan Abdul Azis Karyas, Kabupaten Hulu Sungai Utara*. <http://transukma.uniba-bpn.ac.id>
- P. Yorizal. (2018). *Analisis Kolam Penampung Limbah Sawit Di Atas Tanah Lunak Dengan Permodelan Element Hingga, Lubuk Basung*. <http://conference.ft.unand.ac.id>
- Sarifah, Jupriah. (2018). *Analisis Stabilitas Lereng Pada Tepi Sungai Tembung*.
- Utama, Dananjaya, Bayu. (2010). *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Metode Equilibrium Studi Kasus Lereng Cipularang*. <http://lib.ui.ac.id>

## LAMPIRAN



Foto Kondisi Ditempat Penelitian  
(Diambil pada 17 Juni 2022)



Foto Kondisi Ditempat Penelitian  
(Diambil pada 17 Juni 2022)