

**PERHITUNGAN STABILITAS LERENG PADA JALAN  
MEDAN SEMBAHE KM 40 DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE *FELLENIOUS***

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam  
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu  
Universitas Medan Area

**Disusun Oleh:**

**M. RIVALDO BARUS  
168110103**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
2023**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 3/7/23

Access From (repository.uma.ac.id)3/7/23

## LEMBAR PENGESAHAN

### PERHITUNGAN STABILITAS LERENG PADA JALAN MEDAN SEMBAHE KM 40 DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FELLENIUS*

#### SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam  
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu  
Universitas Medan Area

Disusun Oleh

**M. RIVALDO BARUS**  
168110103

Disetujui,

Dosen Pembimbing I

**Ir. Marwan Lubis, M. T.**  
NIDN : 0108086801

Dosen Pembimbing II

**Ir. Nuril Mahda Rangkuti, M. T.**  
NIDN : 0030116401

Mengetahui,



**Dr. Kharid Syah, S. Kom, M. Kom.**  
NIDN : 0105058804



**Hermansyah, S. T, M. T.**  
NIDN : 0106088004

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat mendapatkan gelar sarjana adalah karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku di Universitas Medan Area, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 19 Mei 2023

Penulis



**M. Rivaldo Barus**  
NPM 168110103

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **M. Rivaldo Barus**

Npm : 168110103

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

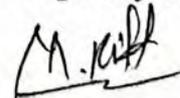
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalty Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas skripsi saya yang berjudul : “Perhitungan Stabilitas Lereng Pada Jalan Medan Sembaha Km 40 Dengan Menggunakan Metode *Fellenius*” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 19 Mei 2023

Yang Menyatakan



**M. Rivaldo Barus**

**168110103**

## ABSTRAK

Pesatnya pembangunan di daerah perkotaan dan besarnya keinginan masyarakat untuk memiliki kediaman dan rumah peristirahatan di dataran tinggi menyebabkan pembangunan di daerah lereng tidak dapat dihindari lagi. Daerah seperti ini sangat rentan terhadap keruntuhan atau longsor. Hal – hal ini yang menyebabkan beberapa kerugian yang dapat langsung dialami oleh masyarakat, seperti jatuhnya korban jiwa akibat longsor, hilangnya tempat tinggal dan kerugian lainnya. Maksud dari penelitian ini adalah timbulnya ketertarikan diri untuk meneliti kesetabilan lereng pada lereng yang rawan akan peristiwa longsor. Adapun Tujuan dari penelitian adalah Untuk mengetahui angka keamanan dari lereng dengan menggunakan Metode *Fellenius* dan mencari solusi yang tepat untuk mengatasi bahaya kelongsoran. Penelitian ini berupa Perhitungan Stabilitas Lereng Medan-Sembahe untuk mengetahui parameter-parameter kuat geser tanah dengan mengambil sampel tanah dilokasi penelitian serta menguji dilaboratorium sehingga mendapatkan data yang detail untuk di hitung. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, Menunjukkan nilai faktor keamanan dari lereng pada Jalan Medan-Sembahe KM 40 adalah 1,421. Itu berarti lereng pada lokasi tersebut dalam kondisi tidak stabil. Hal ini berbahaya karena dapat mengakibatkan longsor pada kemudian hari. Untuk mencegah terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan, Maka perlu di buat dinding penahan tanah untuk membantu agar tidak terjadi kelongsoran pada lereng. Dinding penahan tanah dapat memperkecil potensi untuk terjadinya kelongsoran. Lereng pada Jalan Medan-Sembahe KM 40 berada pada kondisi yang tidak stabil. Hal itu dapat menyebabkan kelongsoran sehingga dapat menimbulkan kerugian serta membahayakan penduduk disekitarnya. Hal ini memungkinkan perlu pembuatan/pembangunan dinding penahan tanah untuk membantu dan mencegah terjadinya kelongsoran pada lereng. Adapun Tujuan dari penelitian adalah Untuk mengetahui angka keamanan dari lereng dengan menggunakan Metode *Fellenius* dan mencari solusi yang tepat untuk mengatasi bahaya kelongsoran.

**Kata Kunci :** Tanah, Stabilitas Lereng, Kuat Geser Tanah

## ABSTRACT

*The rapid development in urban areas and the great desire of the people to have residences and rest houses in the highlands have made development in the slope areas unavoidable. Such areas are highly susceptible to collapse or landslides. These things cause several losses that can be directly experienced by the community, such as casualties from landslides, loss of homes and other losses. The purpose of this research is to generate interest in examining slope stability on slopes that are prone to landslides. The purpose of this research is to determine the safety factor of the slope using the Fellenius method and find the right solution to overcome the danger of sagging. This research is in the form of Calculation of the Stability of the Medan-Sembahe Slope to determine the parameters of the shear strength of the soil by taking soil samples at the research location and testing them in the laboratory so as to obtain detailed data to be calculated. From the results of the research that has been done, it shows that the value of the safety factor of the slopes on Jalan Medan-Sembahe KM 40 is 1.421. That means the slopes at that location are in an unstable condition. This is dangerous because it can lead to landslides later on. To prevent these things from happening unwanted things, it is necessary to make a retaining wall to help prevent landslides from occurring on the slopes. Retaining walls can reduce the potential for landslides to occur. The slopes on Jalan Medan-Sembahe KM 40 are in an unstable condition. This can cause landslides which can cause losses and endanger the surrounding residents. This allows the need for construction/construction of retaining walls to help and prevent sliding on the slopes. The purpose of the research is to determine the safety factor of the slopes using the Fellenius Method and find the right solution to overcome the danger of sliding*

**Keywords:** Soil, Slope Stability, Soil Shear Strength

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karna atas berkat dan anugrahNya penulis dapat menyelesaikan skripsi atau tugas akhir yang berjudul **“Perhitungan Stabilitas Lereng Pada Jalan Medan Sembahe Km 40 Dengan Menggunakan Metode Fellenius”** dapat terselesaikan dengan baik. Adapun skripsi atau tugas akhir ini disusun untuk melengkapi persyaratan dalam menempuh Ujian Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi atau tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan dan bantuan dari semua pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng, M. Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S. Kom, M. Kom, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Hermansyah, ST, MT, selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. Marwan Lubis, MT, selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu pelaksanaan skripsi ini.
5. Ibu Ir. Nuril Mahda Rangkuti, MT, selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu pelaksanaan skripsi ini.

6. Kedua orangtua saya yang selalu membina dan mendorong saya agar dapat menyelesaikan studi saya
7. Heron Tarigan, ST, yang selalu menyisakan waktu untuk membantu saya disaat saya meminta bantuan darinya.
8. Teman teman UMA dan teman-teman diluar kampus yang selalu memotivasi saya mendorong agar cepat menyelesaikan tugas saya

Laporan Tugas Akhir ini, kemungkinan terdapat kekurangan dan kesilapan, untuk itu penulis mengharapkan koreksi dan saran demi perbaikan di masa mendatang.

Demikian laporan ini ditulis, semoga bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Medan, 19 Mei 2023

Hormat penulis,

**M. Rivaldo Barus**  
NPM 168110103

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN

ABSTRAK ..... iii

*ABSTRACT* ..... iv

KATA PENGANTAR..... iii

DAFTAR ISI..... v

DAFTAR GAMBAR..... viii

DAFTAR TABEL ..... ix

**BAB I PENDAHULUAN**..... 1

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian..... 2

1.3 Perumusan Masalah ..... 3

1.4 Batasan Masalah ..... 3

1.5 Manfaat Penelitian ..... 3

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**..... 4

2.1 Penelitian Terdahulu ..... 4

2.2 Parameter Tanah ..... 5

2.2.1 Klasifikasi Tanah ..... 5

2.2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Standar Penetration Test..... 16

2.2.3 Modulus Young ..... 19

2.2.4 Poisson Ratio ..... 20

2.2.5 Sudut Geser Dalam ..... 20

2.2.6 Kohesi ..... 21

2.3 Konsep Stabilitas Lereng ..... 22

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 3/7/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)3/7/23

|   |           |
|---|-----------|
| 2.3.1 Keruntuhan Pada Lereng .....                                  | 22        |
| 2.3.2 Penyebab Keruntuhan Lereng.....                               | 24        |
| 2.3.3 Konsep Angka Keamanan .....                                   | 25        |
| 2.4 Analisis Stabilitas Lereng .....                                | 28        |
| 2.4.1 Analisis Stabilitas Lereng Untuk Lereng Berhingga.....        | 28        |
| 2.5 Perbaikan Tanah.....  | 40        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                          | <b>44</b> |
| 3.1 Tinjauan Umum .....   | 44        |
| 3.2 Lokasi Penelitian.....  | 44        |
| 3.3 Peralatan atau Bahan Penelitian.....                            | 45        |
| 3.4 Metode Pengumpulan Data.....                                    | 46        |
| 3.5 Metodologi Penelitian.....                                      | 46        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                            | <b>48</b> |
| 4.1 Hasil.....  | 48        |
| 4.1.1 Pelaksanaan Pengujian Di Laboratorium.....                    | 48        |
| 4.1.1.1 Uji Kadar Air.....  | 48        |
| 4.1.1.2 Uji Berat Jenis .....                                       | 50        |
| 4.1.1.3 Uji Berat Isi .....   | 51        |
| 4.1.1.4 Uji Analisa Saringan.....                                   | 53        |
| 4.1.1.5 Uji Aterberg Limit.....                                     | 55        |
| 4.1.1.6 Uji Geser Langsung.....                                     | 58        |
| 4.1.2 Analisa Perhitungan Stabilitas Lereng .....                   | 63        |
| 4.1.3 Hasil Pengujian Laboratorium Mekanika Tanah.....              | 63        |
| 4.1.4 Analisa Perhitungan Stabilitas Lereng Dengan Metode Fellenius | 64        |
| 4.2 Pembahasan .....  | 67        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                             | <b>70</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....   | 70        |

|                       |             |           |
|-----------------------|-------------|-----------|
| 5.2                   | Saran ..... | 70        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> | .....       | <b>71</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>       |             |           |



## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Penampang Struktur Tanah.....   | 10 |
| Gambar 2.2 Hubungan Antara Kohesi dan Nilai N-SPT Untuk Tanah Kohesif.                       | 16 |
| Gambar 2.3 Hubungan Antara Sudut Geser dan Nilai N-SPT pada Tanah Pasir                      | 19 |
| Gambar 2.4 Macam-Macam Kelongsoran/Keruntuhan Lereng .....                                   | 23 |
| Gambar 2.5 Variasi Defenisi Angka Keamanan.....  | 27 |
| Gambar 2.6 Gaya-Gaya Yang Bekerja Dalam Metode Busur Lingkaran.....                          | 30 |
| Gambar 2.7 Gaya-Gaya Yang Bekerja Dalam Metode Lingkaran Friksi .....                        | 31 |
| Gambar 2.8 Irisan Pada Bidang Keruntuhan Lereng.....   | 32 |
| Gambar 2.9 Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Setiap Irisan .....                                   | 33 |
| Gambar 2.10 Gaya-gaya sisi yang diasumsikan bekerja pada metode <i>Ordinary Slices</i> ..... | 35 |
| Gambar 2.11 Gaya-Gaya Yang Diasumsikan Bekerja Pada Metode <i>Bishop</i> .....               | 36 |
| Gambar 2.12 Gaya-Gaya Yang Diasumsikan Bekerja Pada Metode <i>Spencer</i> .....              | 37 |
| Gambar 2.13 Nilai Faktor Koreksi Pada Metode <i>Janbu</i> .....                              | 40 |
| Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Tanah .....  | 44 |
| Gambar 3.2 Potongan A-A Penampang Lereng.....  | 45 |
| Gambar 3.3 Bagan Alur Penelitian .....   | 47 |
| Gambar 4.1 Alat <i>Direct Shear Test</i> .....   | 59 |
| Gambar 4.2 Sketsa Perhitungan Irisan .....   | 64 |
| Gambar 4.3 Tinjau Bidang Gelincir.....   | 65 |
| Gambar 4.4 Tripikal Dinding Penahan Tanah .....  | 68 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Tanah Berbutir Kasar .....   | 5  |
| Tabel 2.2 Tanah Berbutir Halus .....   | 6  |
| Tabel 2.3 Ukuran Butir Sistem Klasifikasi AASHTO .....                               | 6  |
| Tabel 2.4 Klasifikasi Tanah (Sistem AASHTO).....                                     | 7  |
| Tabel 2.5 Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS.....                                    | 9  |
| Tabel 2.6 Klasifikasi Tanah dan Derajat Kejenuhan.....                               | 11 |
| Tabel 2.7 Berat Jenis Dari Beberapa Jenis Tanah .....                                | 13 |
| Tabel 2.8 Klasifikasi Tanah.....   | 14 |
| Tabel 2.9 Hubungan Konsistensi Dengan Tekanan Konus.....                             | 15 |
| Tabel 2.10 Hubungan Antara Kepadatan Dengan <i>Relative Desity</i> .....             | 15 |
| Tabel 2.11 Korelasi Empiris Antara Nilai N-SPT Dengan UCS .....                      | 17 |
| Tabel 2.12 Korelasi Berat Jenis Tanah Untuk Tanah Kohesif dan Non Kohesif. 17        |    |
| Tabel 2.13 Korelasi Berat Jenis Tanah Jenuh Untuk Tanah Non Kohesif.....             | 18 |
| Tabel 2.14 Nilai Tripikal Berat Volume Tanah .....                                   | 18 |
| Tabel 2.15 Korelasi Nilai N-SPT Dengan Relative Density Tanah Non Kohesif.18         |    |
| Tabel 2.16 Hubungan Antara Es Dengan $q_c$ .....                                     | 19 |
| Tabel 2.17 Tabel Untuk Mentukan <i>Poisson Ratio</i> .....                           | 20 |
| Tabel 2.18 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam Dengan Jenis Tanah .....                | 21 |
| Tabel 2.19 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam, Tingkatan Plastis dan Jenis Tanah..... | 21 |
| Tabel 4.1 Hasil Rata-Rata Uji Kadar Air.....   | 50 |
| Tabel 4.2 Hasil Rata-Rata Berat Jenis Tanah.....                                     | 52 |
| Tabel 4.3 Hasil Rata-Rata Pengujian <i>Atterberg</i> .....                           | 58 |

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Laboratorium Mekanika Tanah ..... 63

Tabel 4.5 Perhitungan Metode Fellinius ..... 66



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Permukaan tanah tidak selalu membentuk bidang datar atau mempunyai perbedaan elevasi antara tempat yang satu dengan yang lain sehingga membentuk suatu lereng (*slope*). Lereng merupakan suatu kondisi topografi yang banyak dijumpai pada berbagai pekerjaan sipil, lereng dapat terjadi secara alami maupun sengaja dibuat oleh manusia dengan tujuan tertentu. Pesatnya pembangunan di daerah perkotaan dan besarnya keinginan masyarakat untuk memiliki kediaman dan rumah peristirahatan di dataran tinggi menyebabkan pembangunan di daerah lereng tidak dapat dihindari lagi.

Daerah lereng merupakan permukaan tanah yang miring dengan sudut kemiringan tertentu terhadap bidang *horizontal* dan tidak dilindungi. Daerah seperti ini sangat rentan terhadap keruntuhan atau longsor. Suatu keruntuhan teknis yang umumnya terjadi adalah longsornya suatu timbunan atau galian yang disebabkan oleh bertambahnya tegangan dalam lapisan yang permeable, guncangan yang mencairkan tanah di bawah lereng dan disintegrasi berlahan atau bertahap dari struktur masa tanah yang dimulai pada retakan berambut yang membagi tanah menjadi fragmen - fragmen bersudut. Hal – hal ini yang menyebabkan beberapa kerugian yang dapat langsung dialami oleh masyarakat, seperti jatuhnya korban jiwa akibat longsor, hilangnya tempat tinggal dan kerugian lainnya.

Mengingat variasi faktor dan proses yang dapat menyebabkan kelongsoran serta banyak kerugian yang akan dialami jika kelongsoran terjadi, maka

perhitungan dan kondisi – kondisi yang mempengaruhi kesetabilan lereng menjadi tantangan untuk di analisis. Perhitungan stabilitas lereng merupakan analisis yang dilakukan untuk memperhitungkan keamanan dari lereng alam, lereng galian, dan lereng urugan tanah yang akan digunakan untuk pembangunan. Stabilitas lereng dapat dihitung dengan menggunakan beberapa metode, yaitu Metode *Fellenius*, *Bishop*, *Janbu*. Metode *Bishop* yang disederhanakan (*Simplified Bishop Method*) lebih efektif digunakan karna lebih mudah dan menghasilkan nilai faktor keamanan yang mendekati teliti.

Gerakan tanah yang ada di lereng jalan Sembaha berupa longsor (*landslide*) merupakan bencana yang sering membahayakan. Longsor seringkali terjadi akibat adanya pergerakan tanah pada kondisi lereng yang curam, serta tingkat kelembaban tinggi, tumbuhan jarang dan material kurang kompak. Faktor lain timbulnya longsor adalah rembesan dan aktifitas geologi seperti patahan, rekahan dan liniasi. Kondisi lingkungan setempat merupakan suatu komponen yang saling terikat. Bentuk dan kemiringan lereng, kekuatan material, kedudukan muka air tanah dan kondisi drainase setempat sangat berkaitan pula dengan kondisi kesetabilan lereng. Oleh karena itu digunakan Metode *Fellenius* untuk mengetahui kekuatan tanah pada lereng dan untuk mengetahui faktor keamanan pada lereng Jalan Medan-Sembaha KM 40 tersebut.

## 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah menganalisis kesetabilan lereng pada lereng yang rawan akan peristiwa longsor.

Adapun Tujuan dari penelitian adalah Untuk menentukan angka keamanan tanah pada lereng dengan menggunakan Metode *Fellenius*.

### 1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan penelitian kesetabilan lereng pada tanah di Jalan Medan Sembaha KM 40 untuk mendapatkan faktor keamanan dari lereng

### 1.4 Batasan Masalah

Mengingat begitu kompleknya permasalahan yang timbul dari analisa stabilitas lereng, maka masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah hanya untuk mengetahui:

- a. Data tanah yang diambil sampelnya hanya di ruas jalan lintas Medan –Sembaha Km. 40 tinggi lereng 30 m.
- b. Analisa stabilitas lereng digunakan perhitungan manual dengan Menggunakan Metode *Fellenius* untuk mengetahui nilai faktor aman.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini dapat diperoleh manfaat antara lain:

- a. Manfaat teoritis, diharapkan penelitian ini dapat digunakan untuk perkembangan ilmu pengetahuan teknik sipil, khususnya menganalisis kestabilan lereng berdasarkan data lapangan dengan menggunakan Metode *Fellenius*
- b. Manfaat praktis, sebagai tambahan informasi untuk praktisi maupun akademisi dalam mempelajari kestabilan lereng.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan kejadiannya, lereng terdiri atas tiga macam yaitu lereng alami, lereng yang dibentuk dengan cara penggalian, dan lereng yang di bentuk dengan cara penimbunan yang dipadatkan. Pada setiap macam lereng ini, kemungkinan terjadinya kelongsoran lereng akan selalu ada, sehingga untuk mengantisipasi masalah ini diperlukan suatu analisis stabilitas lereng. Terjadinya keruntuhan lereng seringkali disebabkan oleh suatu proses yang menaikkan tegangan geser atau mengurangi kuat geser masa tanah, yaitu antara lain akibat gravitasi dan gaya – gaya lain seperti aliran air, gempa bumi, kelebihan pembebanan, pergerakan lereng secara alami, dan sebagainya. Bila sudah terjadi keruntuhan pada lereng, berarti kekutan geser pada tanah terlampaui. Artinya perlawanan geser pada permukaan runtuh tidak cukup besar untuk menahan gaya – gaya yang bekerja pada permukaan lereng tersebut.

Suatu kelongsoran adalah keruntuhan dari masa tanah yang terletak dibawah sebuah lereng. Dalam peristiwa tersebut terjadi pergerakan massa tanah pada arah kebawah dan pada arah keluar. Kelongsoran dapat terjadi melalui beberapa cara yaitu secara perlahan – lahan, secara mendadak dan dengan tanpa provokasi yang terlihat. Biasanya setiap tanah pada lereng yang mengalami kelongsoran tersebut akan bergerak pada suatu bidang tertentu. Bidang itu disebut bidang gelincir dan bidang geser.

## 2.2 Parameter Tanah

Ada beberapa hal yang meliputi parameter tanah yaitu:

### 2.2.1 Klasifikasi Tanah

Data tekanan konus ( $q_c$ ) dan hambatan pelekat ( $f_s$ ) yang didapatkan dari hasil pengujian sondir dapat digunakan untuk menentukan jenis tanah .

#### a. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dikembangkan pada tahun 1929 dan mengalami beberapa kali revisi hingga tahun 1945 dan dipergunakan hingga sekarang, yang diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* (ASTM Standar No. D- 3282, AASHTO model M145). Berdasarkan sifat tanahnya dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok besar yaitu :• Kelompok tanah berbutir kasar (< 35% lolos saringan no.200)

Tabel 2.1. Tanah Berbutir Kasar

| Kode | Karakteristik Tanah   |
|------|---|
| A-1  | Tanah yang terdiri dari kerikil dan pasir kasar dengan sedikit atau tanpa butir halus, dengan atau tanpa sifat plastis.             |
| A-2  | Terdiri dari pasir halus dengan sedikit sekali butir halus lolos saringan no.200 dan tidak plastis.                                 |
| A-3  | Kelompok batas tanah berbutir kasar dan halus dan merupakan campuran kerikil/pasir dengan tanah berbutir halus cukup banyak (<35%). |

Sumber: Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah, 2013

- Kelompok tanah berbutir halus (> 35% lolos saringan no.200)

Tabel 2.2 Tanah Berbutir Halus

| Kode | Karakteristik Tanah   |
|------|---|
| A-4  | Tanah lanau dengan sifat plastisitas rendah.  |
| A-5  | Tanah lanau yang mengandung lebih banyak butir-butir plastis, sehingga sifat plastisnya lebih besar dari A-4. |
| A-6  | Tanah lempung yang masih mengandung butiran pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahan volumenya cukup besar.  |
| A-7  | Tanah lempung yang lebih bersifat plastis dan mempunyai sifat perubahan yang cukup besar.                     |

Sumber : Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah, 2013

Adapun sistem klasifikasi AASHTO ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut:

Tabel 2.3 Ukuran Butir Sistem Klasifikasi AASHTO

|                   |   |
|-------------------|---|
| Kerikil           | Tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3in) dan yang tertahan pada ayakan no.10 (2 mm) |
| Pasir             | Tanah yang lolos ayakan no.10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan no.200 (0,075 mm)    |
| Lanau dan Lempung | Tanah yang lolos ayakan no.200 (0,075 mm)   |

Sumber : Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah, 2013

b. Plastisitas

Plastisitas merupakan kemampuan tanah yang dapat menyesuaikan bentuk pada volume konstan tanpa retak-retak ataupun remuk. Hal itu bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Lanau dipakai apabila bagian-bagian halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 10 atau kurang, sedangkan lempung dipakai jika bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisnya sebesar 11 atau lebih.

Tabel.2.4. Klasifikasi tanah (Sistem AASHTO)

| Klasifikasi Umum                      | Tanah berbutir (35 % atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200) |      |             |   |       |       |       | Tanah lanau - lempung (lebih dari 35 % dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200) |      |                  |       |       |
|---------------------------------------|--|------|-------------|---|-------|-------|-------|--|------|------------------|-------|-------|
| Klasifikasi Kelompok                  | A-1  |      | A-3         | A-2   |       |       |       | A-4  | A-5  | A-6              | A-7   |       |
|                                       | A-1a   | A-1b |             | A-2-4   | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 |  |      |                  | A-7-5 | A-7-6 |
| Analisis ayakan (% lolos)             |  |      |             |   |       |       |       |  |      |                  |       |       |
| No. 10                                | ≤ 50   | ---- | ---         | ---   | ---   | ---   | ---   | ---  | ---  | ---              | ---   | ---   |
| No. 40                                | ≤ 30   | ≤ 50 | ≥ 51        | ---   | ---   | ---   | ---   | ---  | ---  | ---              | ---   | ---   |
| No. 200                               | ≤ 15   | ≤ 25 | ≤ 10        | ≤ 35  | ≤ 35  | ≤ 35  | ≤ 35  | ≥ 36   | ≥ 36 | ≥ 36             | ≥ 36  | ≥ 36  |
| Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 |  |      |             |   |       |       |       |  |      |                  |       |       |
| Batas Cair (LL)                       | ---  |      | ---         | ≤ 40  | ≥ 41  | ≤ 40  | ≥ 41  | ≤ 40   | ≥ 40 | ≤ 40             | ≥ 41  | ≥ 41  |
| Indek Plastisitas (PI)                | ≤ 6  |      | NP          | ≤ 10  | ≤ 10  | ≥ 11  | ≥ 11  | ≤ 10   | ≤ 10 | ≥ 11             | ≥ 11  | ≥ 11  |
| Tipe material yang paling dominan     | Batu pecah, kerikil dan pasir  |      | Pasir halus | Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung |       |       |       | Tanah berlanau   |      | Tanah berlempung |       |       |
| Penilaian sebagai bahan tanah dasar   | Baik sekali sampai baik  |      |             |   |       |       |       | Biasa sampai jelek   |      |                  |       |       |

Sumber : Mekanika Tanah jilid 1, Bowles 2012

c. *Unified Soil Classification System (USCS)*

Sistem ini pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engineers* selama Perang Dunia II. Dalam rangka kerja sama dengan *United States Bureau of Reclamation* tahun 1952, sistem ini disempurnakan (Das, 1995 : 70). Kemudian *American Society for Testing and Materials (ASTM)* memakai USCS sebagai metode standar untuk mengklasifikasikan tanah. Dalam bentuk sekarang, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik. Sistem klasifikasi USCS mengklasifikasikan tanah ke dalam dua kategori utama, yaitu:

- a. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No.200. Simbol untuk kelompok ini adalah G untuk tanah berkerikil dan S untuk tanah berpasir. Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W untuk tanah bergradasi baik dan P untuk tanah bergradasi buruk.
- b. Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat contoh tanahnya lolos dari saringan No.200. Simbol kelompok ini adalah C untuk lempung anorganik dan O untuk lanau organik. Simbol Pt digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi. Plastisitas dinyatakan dengan L untuk plastisitas rendah dan H untuk plastisitas tinggi.

Tabel 2.5 Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

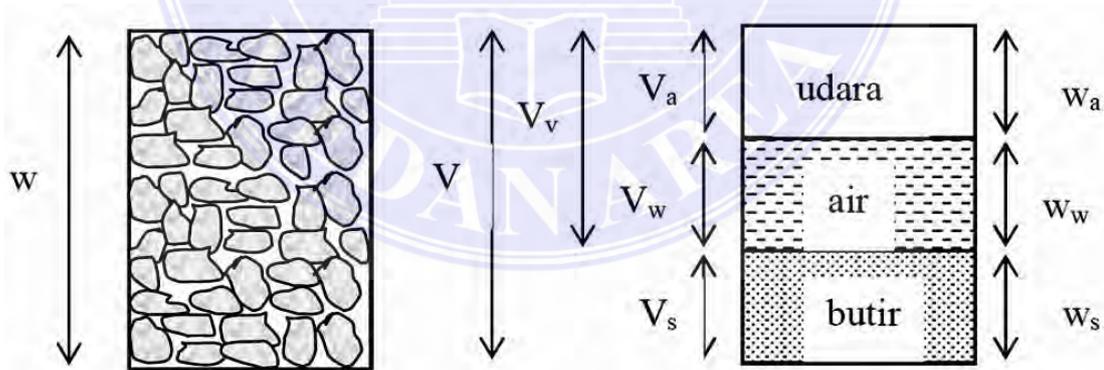
| Divisi Utama   |  | Simbol   | Nama Umum  | Kriteria Klasifikasi  |  |
|--|--|--|--|---|--|
| Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200 | Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar Tertahan saringan No. 4 | GW   | Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus  | $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$<br>$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3   |  |
|  |  | GP   | Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus   |   |  |
|  |  | Kerikil dengan Butiran halus   | GM   | Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau  | Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW<br><br>Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$<br>Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$ |
|  |  |  | GC   | Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung  |  |
|  | Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar Lolos saringan No. 4      | Pasir bersih (banyak pasir)  | SC   | Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus  | $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$<br>$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3  |
|  |  |  | SW   | Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus   |  |
|  |  | Pasir dengan butiran halus   | SP   | Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus   | Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW<br><br>Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$<br>Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$ |
|  |  |  | SM   | Pasir berlanau, campuran pasir-lanau  |  |
|  |  |  |  | Pasir berlempung, campuran pasir-lempung  |  |
|  |  |  |  |   |  |
| Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200           | Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$                 | ML   | Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung   | Diagram Plastisitas:<br>Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.<br><br><br>Batas Cair LL (%)<br>Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$ |  |
|  |  | CL   | Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" ( <i>lean clays</i> ) |   |  |
|  |  | OL   | Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah   |   |  |
|  | Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$                 | MH   | Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis   |   |  |
|  |  | CH   | Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clays</i> )  |   |  |
|  |  | OH   | Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi   |   |  |
|  |  |  |  |   |  |
| Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi                 | PT   | <i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi | Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488   |   |  |

Sumber : Mekanika Tanah, Hary Christady, 2012

Pada sistem ini dapat dibagi menjadi 2 kelompok besar yaitu:

1. Tanah berbutir kasar, < 50% lolos saringan no.200. Sifat teknis tanah ini ditentukan oleh ukuran butir dan gradasi butiran. Tanah bergradasi baik/seimbang memberikan kepadatan yang lebih baik dari pada tanah yang berbutir seragam.
2. Tanah berbutir halus, > 50% lolos saringan no.200. Tanah ini ditentukan oleh sifat plastisitas tanah, sehingga pengelompokan berdasar plastisitas dan ukuran butir.

Tanah merupakan komposisi dari dua atau tiga fase yang berbeda. Tanah yang benar-benar kering terdiri dari dua fase yang disebut butiran dan udara pengisi pori, tanah yang jenuh juga terdiri dari dua fase yaitu butiran dan air pori sedangkan tanah yang jenuh sebagian terdiri dari tiga fase yaitu butiran, udara pori dan air pori. Berat udara dianggap sama dengan nol. Komponen-komponen tanah dapat digambarkan dalam suatu diagram fase, seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2.1. Penampang Struktur Tanah  
 Sumber : Mekanika Tanah I, Braja M. Das, 2012

- Dengan :
- $W_s$  : berat butiran padat
  - $W_w$  : berat air
  - $V_s$  : volume butiran padat

$V_w$  : volume air

$V_a$  : volume udara

d. Analisis Ukuran Butiran Tanah

Hubungan yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah adalah angka pori (*voidratio*), porositas (*porosity*), dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*).

1. Angka pori (*void ratio*), didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat.
2. Porositas didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dengan volume tanah total, yang dinyatakan dalam persen.
3. Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai perbandingan antara volume air dengan volume pori, yang dinyatakan dalam persen.

Tabel 2.6 Kalsifikasi Tanah dan Derajat Kejenuhan

| <i>Klasifikasi Tanah</i> | <i>Derajat Kejenuhan</i> |
|--------------------------|--------------------------|
| Tanah Kering             | 0                        |
| Tanah Agak Lembab        | 0,00 - 0,25              |
| Tanah Lembab             | 0,26 - 0,50              |
| Tanah Sangat Lembab      | 0,51 - 0,75              |
| Tanah Basah              | 0,76 - 0,99              |
| Tanah Jenuh              | 1                        |

Sumber : Mekanika Tanah, Smith, 2012

2. Kadar air ( $w$ ), disebut juga sebagai *water content* yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dengan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki
3. Berat volume ( $\gamma$ ) adalah berat tanah persatuan volume

4. *Specific gravity* (  $G_s$  ) adalah perbandingan antara berat satuan butir dengan berat satuan volume.

Hubungan–hubungan volume yang sering digunakan dalam mekanika tanah adalah kadar air ( $w$ ), angka pori ( $e$ ), porositas ( $n$ ) dan derajat kejenuhan ( $s$ ).

Kadar air ( $w$ ), adalah perbandingan anantara berat air ( $W_w$ ), dengan berat butiran padat ( $W_s$ ) dalam tanah tersebut, nyatakan dalam persen.

$$W (\%) = \frac{W_w}{W_s} 100 \dots\dots\dots(2.1)$$

Porositas ( $n$ ), adalah perbandingan antara volume rongga ( $V_v$ ) dengan volume total ( $V$ ). Nilai  $n$  dapat dinyatakan dalam persen atau desimal.

$$n = \frac{v_v}{v} \dots\dots\dots(2.2)$$

Angka pori ( $e$ ), didefinisikan sebagai perbandingan antara volume rongga ( $V_v$ ) dengan volume butiran ( $V_s$ ), Biasanya juga dinyatakan dengan desimal.

$$e = \frac{v_v}{v} \dots\dots\dots(2.3)$$

Berat volume lembab atau basah adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara ( $W$ ), dengan volume total tanah ( $V$ ).

$$\gamma_b = \frac{w}{vv} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan  $W = W_w + W_s + W_a$  ( $W_a = 0$ ). Bila ruang udara terisi oleh air seluruhnya ( $V_a=0$ ), maka tanah menjadi jenuh.

$$\gamma_d = \frac{w_s}{vv} \dots\dots\dots(2.5)$$

Berat volume butiran padat, adalah perbandingan antara berat butiran padat ( $W_s$ ) dengan volume butiran padat ( $V_s$ ).

$$\gamma_s = \frac{w_s}{v_s} \dots\dots\dots(2.6)$$

Berat spesifik atau berat jenis (*specific gravity*) tanah ( $G_s$ ), adalah perbandingan antara berat volume butiran padat, dengan berat volume air, pada temperatur  $4C^0$

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots(2.7)$$

$G_s$  tidak berdimensi. Berat jenis dari berbagai jenis tanah berkisara antara 2,65 sampai 2,75. Nilai berat jenis  $G_s = 2,67$  biasanya digunakan untuk tanah tanah tidak berkohesif, sedang untuk tanah kohesif tak organik berkisar antara 2,68 sampai 2,72. Hubungan antara pori dengan porisitas.

$$N = \frac{e}{1+e} \dots\dots\dots (2.8)$$

$G_s$  tidak berdimensi. Berat jenis dari berbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75 biasanya digunakan untuk tanah-tanah tak berkohesi. Sedangkan tanah kohesi tak organik berkisar di antara 2,68 sampai 2,72. nilai-nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah diberikan dalam Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Berat Jenis Dari Beberapa Jenis Tanah

| Macam tanah           | Berat jenis $G_s$ |
|-----------------------|-------------------|
| Kerikil               | 2,65-2,68         |
| Pasir                 | 2,65-2,68         |
| Lanau tidak organic   | 2,62-2,68         |
| Lempung organic       | 2,58-2,65         |
| Lempung tidak organic | 2,68-2,75         |
| Humus                 | 1,37              |
| Gambut                | 1,25-1,80         |

Sumber: Mekanika Tanah, Hardiyatmo, 2012

Berat Volume Tanah Kering

$$y_d = \frac{\gamma_s}{1+w} \dots \dots \dots (2.9)$$

Tabel 2.8. Klasifikasi Tanah

| Hasil Sondir |           | Klasifikasi                  |
|--------------|-----------|------------------------------|
| qc           | fs        |                              |
| 6,0          | 0,15-0,40 | Lempung Sangat Lunak         |
| 6,0-10,0     | 0,20      | Pasir Kelanauan Lepas        |
|              | 0,20-0,60 | Lempung Lembek               |
| 10,0-0,30    | 0,10      | Kerikil Lepas                |
|              | 0,10-0,40 | Pasir Lepas                  |
|              | 0,40-0,80 | Lempung Kelanauan            |
|              | 0,80-2,00 | Lempung Agak Kenyal          |
| 30-60        | 1,50      | Pasir Kelanauan              |
|              | 1,0-3,0   | Lempung Kelanauan Kenyal     |
|              | 1,0       | Kerikil Kepasiran Lepas      |
| 60-150       | 1,0-3,0   | Pasir Padat                  |
|              | 3,0       | Lempung Kekerikilan Kenyal   |
| 150-300      | 1,0-2,0   | Pasir Kelanauan Sangat Padat |

Sumber : Buku Mekanika Tanah, Braja M.Das Jilid 2, 2012

Hubungan antara konsistensi terhadap tekanan *conus* dan *undrained cohesion* adalah sebanding dimana semangkin tinggi nilai c dan qc maka semangkin keras tanah tersebut . seperti yang terlihat pada tabel 2.9.

Tabel 2.9 Hubungan Antara Konsistensi Dengan Tekanan Konus Pada Tanah Lempung

| Konsistensi       | Tekanan Konus $q_c$  | <i>Undrained Cohesion</i> |
|-------------------|----------------------|---------------------------|
| Tanah             | ( $\text{kg/cm}^2$ ) | ( $\text{T/m}^2$ )        |
| <i>Very Soft</i>  | < 2.50               | < 1.25                    |
| <i>Soft</i>       | 2.50 – 5.0           | 1.25 – 2.50               |
| <i>Medium</i>     | 5.0 – 10.0           | 2.50 – 5.0                |
| <i>Stiff</i>      | 10.0 – 20.0          | 5.0 – 10.0                |
| <i>Very Stiff</i> | 20.0 -40.0           | 10.0 – 20.0               |
| <i>Hard</i>       | > 40.0               | > 20.0                    |

Sumber : Mekanika Tanah, Mochar. 2013

Begitupula hubungan antara kepadatan dengan *relative desity*, nilai N SPT,  $q_c$ , dan  $\phi$  adalah sebanding. Hal ini dapat dilihat dalam pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Hubungan Antara Kepadatan,dengan *relative desity*, nilai N SPT,  $q_c$ , dan  $\phi$  pada tanah pasir

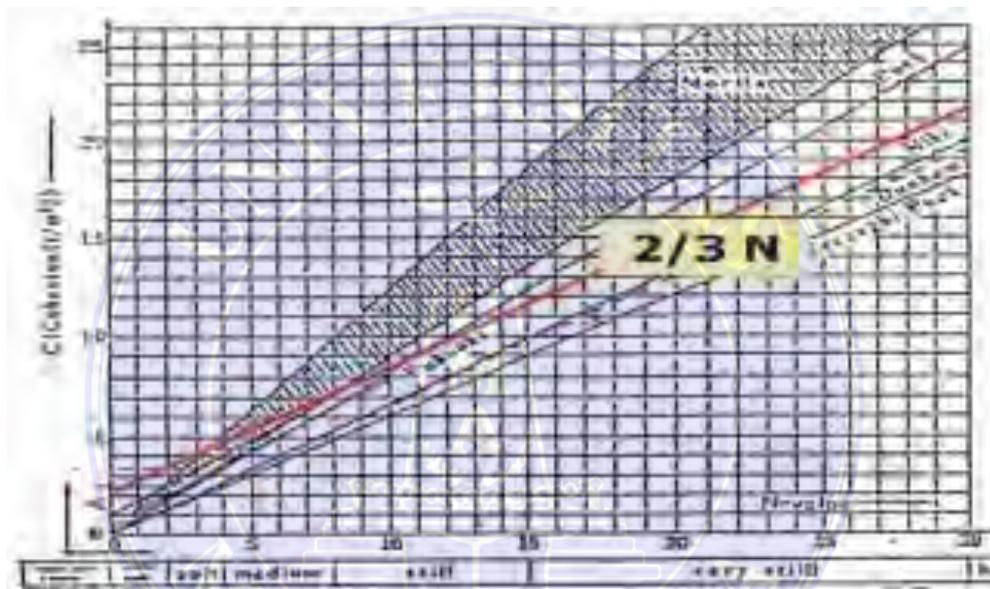
| Kepadatan           | <i>Relatif Density</i> ( $\gamma_d$ ) | Nilai N SPT | Tekanan Konus $q_c$ ( $\text{Kg/Cm}^2$ ) | Sudut Geser $\phi$ |
|---------------------|---------------------------------------|-------------|--|--------------------|
| <i>Very loose</i>   | < 0.2                                 | < 4         | < 20                                     | < 30               |
| <i>Loose</i>        | 0.2 – 0.4                             | 4-10        | 20 - 40                                  | 30 -35             |
| <i>Medium Dense</i> | 0.4 – 0.6                             | 10 – 30     | 40 – 120                                 | 35-40              |
| <i>Dense</i>        | 0.6 - 0.8                             | 30 – 50     | 120 – 200                                | 40- 45             |
| <i>Very Dense</i>   | 0.8 – 1.0                             | > 50        | > 200                                    | > 45               |

Sumber : Mekanika Tanah , Mochtar, 2013

### 2.2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan *Standar Penetration Test* (N-SPT)

Kekuatan tanah yang diuji dengan tes penetrasi dinyatakan dalam N-SPT. Tahanan penetrasi (N-SPT) yaitu banyaknya pukulan (30 cm terakhir) yang diperlukan untuk memasukkan *Spilt tubesampler* dengan menggunakan *Hammer* sebesar 63.5 kg yang dijatuhkan dari ketinggian 75 cm.

Untuk menentukan korelasi nilai N-SPT dengan nilai kohesi untuk tanah kohesif dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Hubungan antara kohesi (c) dan nilai N-SPT untuk tanah kohesif.  
Sumber : Rekayasa Pondasi, Mahsyur Irysan, 2014

Korelasi empiris antara nilai N-SPT dengan *unconfined compressive strenght* dan berat jenis tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) untuk tanah kohesif dapat dilihat pada tabel 2.11 dibawah ini.

Tabel 2.11 korelasi empiris antara nilai N-SPT dengan *unconfined compressive strenght* dan berat jenis tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) untuk tanah kohesif

| N-SPT<br>(blows/ft) | Konsistensi       | $q_u$   |                                  |
|---------------------|-------------------|---|----------------------------------|
|                     |                   | ( <i>Unconfined Compressive Strength</i> ) tons/ft <sup>2</sup> | $\gamma_{sat}$ KN/m <sup>3</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 : *Soil Mechanics*, Lambe and Whitman, from Terzaghi and Peck Edetion , 2012

Korelasi untuk menentukan berat jenis tanah ( $\gamma$ ) dan berat jenis tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) pada tanah kohesif dan non kohesif dapat dilihat pada tabel 2.3, tabel 2.4 dan tabel 2.5.

Tabel 2.12 Korelasi Berat Jenis Tanah ( $\gamma$ ) untuk tanah kohesif dan non kohesif.

| N  | <i>Cohesionless Soil</i> |               |               |                   |             |
|--|--------------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------|
|  | 0-10                     | 11-30         | 31-50         | >50               |             |
| <i>Unit Weight</i> $\gamma$ ,KN/m <sup>3</sup> | 12-16                    | 14-18         | 16-20         | 18-23             |             |
| <i>Angle of Friction</i> $\phi$                | 25-32                    | 28-36         | 30-40         | >35               |             |
| <i>State</i>                                   | <i>Loose</i>             | <i>Medium</i> | <i>Dense</i>  | <i>Very Dense</i> |             |
| N  | <i>Cohesive</i>          |               |               |                   |             |
|  | <4                       | 4-6           | 6-15          | 16-25             | >25         |
| <i>Unit Weight</i> $\gamma$ ,KN/m <sup>3</sup> | 14-18                    | 16-18         | 16-18         | 16-20             | >20         |
| <i>q<sub>u</sub></i> KPa <i>Consistency</i>    | <25                      | 20-50         | 30-60         | 40-200            | >100        |
|  | <i>Very Soft</i>         | <i>Soft</i>   | <i>Medium</i> | <i>Stiff</i>      | <i>Hard</i> |

Sumber : *Soil Mechanics*, Whilliam T, Whitman, Robert V, 2012

Tabel 2.13 Korelasi Berat Jenis Tanah Jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) untuk tanah non kohesif.

| <i>Description</i>            | <i>Very Loose</i> | <i>Loose</i> | <i>Medium</i> | <i>Dense</i> | <i>Very Dense</i> |
|-------------------------------|-------------------|--------------|---------------|--------------|-------------------|
| <b>NSPT</b>                   |                   |              |               |              |                   |
| <i>Fine</i>                   | 1-2               | 3-6          | 7-15          | 16-30        |                   |
| <i>Medium</i>                 | 2-3               | 4-7          | 8-20          | 21-40        | >40               |
| <i>Coarse</i>                 | 3-6               | 5-9          | 10-25         | 26-45        | >45               |
| <b><math>\Phi</math></b>      |                   |              |               |              |                   |
| <i>Fine</i>                   | 26-28             | 28-30        | 30-34         | 33-38        |                   |
| <i>Medium</i>                 | 27-28             | 30-32        | 32-36         | 36-42        | <50               |
| <i>Coarse</i>                 | 28-30             | 30-34        | 33-34         | 40-50        |                   |
| $\gamma_{wet}(\text{KN/m}^3)$ | 11-16             | 14-18        | 17-20         | 17-22        | 20-23             |

Sumber : *Soil Mechanics*, Whilliam T, Whitman, Robert V, 2012

Tabel 2.14. Nilai Tripikal Berat Volume Tanah

| Jenis Tanah | $\gamma_{sat} (\text{KN/m}^3)$ | $\gamma_{dry} (\text{KN/m}^3)$ |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Kerikil     | 20 -22                         | 15 – 17                        |
| Pasir       | 28 -20                         | 13 -16                         |
| Lanau       | 18 -20                         | 14 – 18                        |
| Lempung     | 16 – 22                        | 14 -21                         |

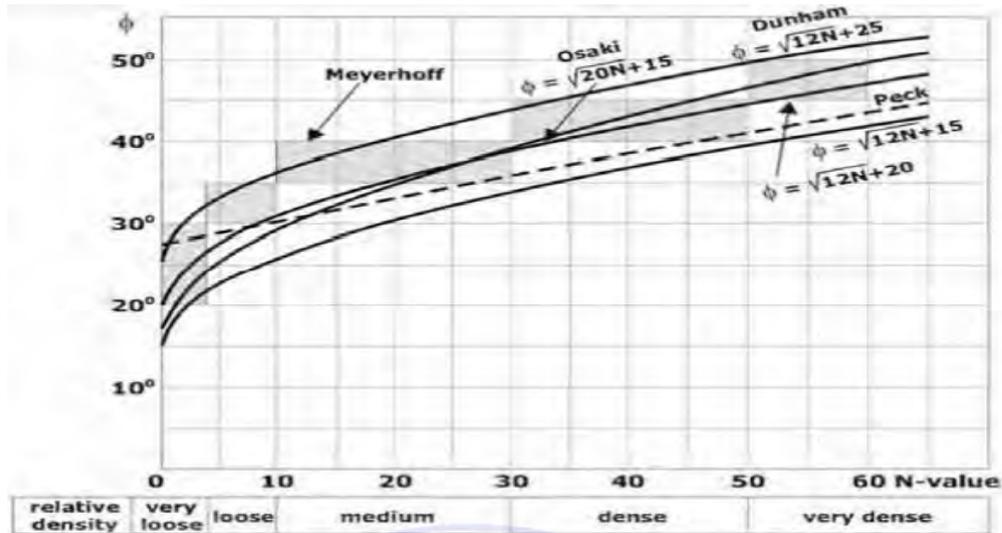
Sumber : *Soil Mechanics*, Whilliam T, Whitman, Robert V, 2012

Korelasi nilai N-SPT dengan sudut geser pada tanah pasir dapat ditentukan dengan menggunakan gambar 2.2 untuk mengetahui nilai konsistensi tanah pasir dapat diketahui dengan mengacu pada tabel 2.15 dibawah ini.

Tabel 2.15 Korelasi Nilai N-SPT dengan *Relative Density* Tanah Non Kohesif

| <i>Penetration Ressistance N</i><br>(blows/ft) | <i>Relative Density</i> |
|--|-------------------------|
| 0-4  | <i>Very Loose</i>       |
| 4-10   | <i>Loose</i>            |
| 10-30  | <i>Medium</i>           |
| 30-50  | <i>Dense Very</i>       |
| >50  | <i>Dense</i>            |

Sumber : *Soil Mechanics*, Whilliam T, Whitman, Robert V, 2012



Gambar 2.3 Hubungan antara sudut geser dan nilai N-SPT untuk tanah pasir.  
 Sumber : Rekayasa Pondasi, Mahsyur Irsyan, 2014

### 2.2.3 Modulus Young

Nilai *modulus young* menunjukkan besarnya nilai elastis tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini bisa didapatkan dari Uji Kuat Geser Tanah. Nilai Modulus Elastisitas ( $E_s$ ) secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah dan data sondir seperti terlihat pada Tabel 2.10 dan Tabel 2.11 berikut :

Dengan menggunakan data sondir, booring dan grafik triaxial dapat digunakan untuk mencari besarnya nilai elastis tanah. Nilai yang dibutuhkan adalah nilai  $q_c$  atau *cone resistance*. Yaitu dengan menggunakan rumus.

Tabel 2.16 Hubungan Antara  $E_s$  dengan  $q_c$

| Jenis Tanah                     | CPT ( $kg/cm^2$ )    |
|---------------------------------|----------------------|
| Pasir terkonsolidasi normal     | $E_s = ( 2-4 ) q_c$  |
| <i>Pasir over consolidation</i> | $E_s = ( 6-30 ) q_c$ |
| Pasir berlempung                | $E_s = ( 3-6 ) q_c$  |
| Pasir berlanau                  | $E_s = ( 1-2 ) q_c$  |
| Lempung lunak                   | $E_s = ( 3-8 ) q_c$  |

Sumber : Mekanika Tanah 2, Hary Christady Hardiyatmo, 2012

### 2.2.4 Poisson Ratio

Nilai *Poission Ratio* ditentukan sebagai ratio kompresi poros terhadap regangan pemuaian lateral. Nilai *poisson ratio* dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah yang dapat terlihat pada tabel 2.17 dibawah ini.

Tabel 2.17 Tabel untuk menentukan nilai *Poission Ratio*

| Jenis Tanah              | <i>Poissin Ratio</i> ( $\nu'$ ) |
|--------------------------|---------------------------------|
| Lempung jenuh            | 0,4 - 0,5                       |
| Lempung tak jenuh        | 0,1 – 0,3                       |
| Lempung berpasir         | 0,2 – 0,3                       |
| Lanau                    | 0,3 – 0,35                      |
| Pasir                    | 0,1 – 1,0                       |
| Batuan                   | 0,1 – 0,4                       |
| Umum dipakai untuk tanah | 0,3 – 0,4                       |

Sumber : Buku Mekanika Tanah, Braja M.Das Jilid 2, 2012

### 2.2.5 Sudut Geser Dalam

Kekuatan geser dalam mempunyai variabel kohesi dan sudut geser dalam . sudut geser dalam bersamaan dengan kohesi menentukan ketahanan tanah akibat tegangan yang bekerja berupa tekanan lateral tanah. Nilai ini juga didapatkan dari pengukuran *engenering properties tanah* berupa *Direct Shear Test*. Hubungan antara sudut geser dalam dan jenis tanah ditunjukkan pada tabel 2.18 dan 2.19

Tabel 2.18 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah

| Jenis Tanah       | Sudut Geser Dalam |
|-------------------|-------------------|
| Kerikil Kepasiran | 35 – 40           |
| Kerikil           | 35 – 40           |
| Pasir padat       | 35 – 40           |
| Pasir lepas       | 30                |
| Lempung Kelanauan | 25 – 30           |
| Lempung Kelanauan | 20 - 25           |

Sumber : Buku Mekanika Tanah, Braja M.Das Jilid 2, 2012

Tabel 2.19 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam, Tingkatan Plastis dan Jenis Tanah

| Jenis Tanah      | Tingkat Plastisitas | $\phi$ |
|------------------|---------------------|--------|
| Lanau            | 35 – 37             | Rendah |
| Lanau Berlempung | 31-35               | Sedang |
| Lempung          | < 31                | Tinggi |

Sumber : Mekanika Tanah, *Bjerrum*, 2013

### 2.2.6 Kohesi

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah. Deformasi ini terjadi akibat kombinasi keadaan keritis pada tegangan normal dan tegangan geser yang tidak sesuai dengan faktor keamanan dari nilai yang direncanakan. Nilai ini dapat dari pengujian *Direct Shear Test*.

## 2.3. Konsep Stabilitass Lereng

### 2.3.1 Keruntuhan Pada Lereng

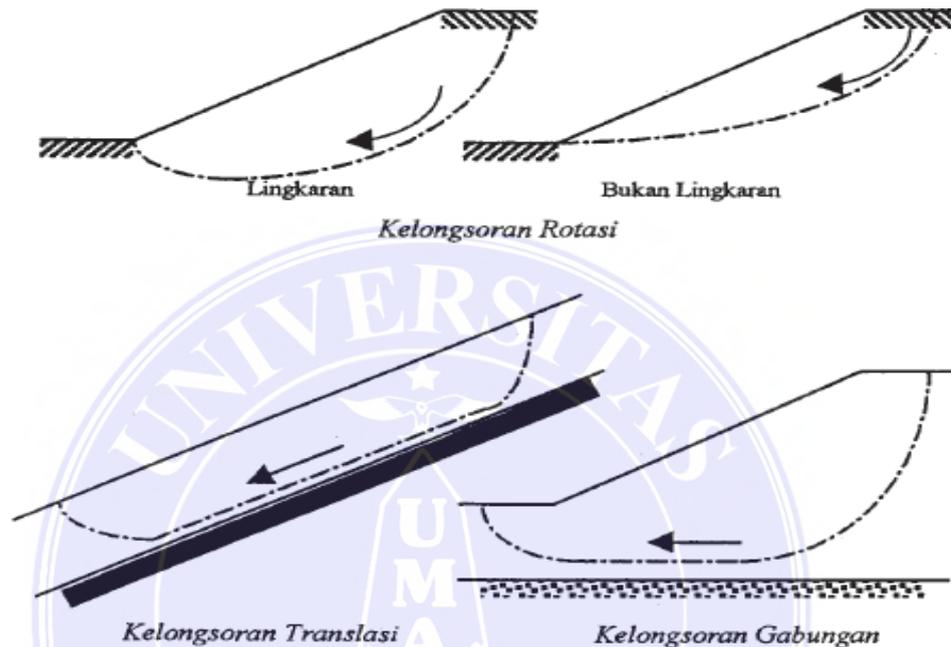
Gerakan keruntuhan lereng merupakan sebuah gambaran dari suatu struktur tanah dimana gaya yang mendorong melebihi daya tahan lereng tersebut. Keseimbangan pada lereng dapat berubah misalnya perubahan kondisi lingkungan. Perubahan keseimbangan inilah yang seringkali dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran lereng.

Hubungan antara gaya yang mendorong dan gaya yang menahan, menyebabkan sejumlah proses keruntuhan dan perpindahan tanah. Pada dasarnya proses keruntuhan lereng merupakan proses Bergeraknya tanah jika gaya mendorong pada tanah lebih besar dari pada daya tahan tanah. Sekali gerakan telah dimulai, maka bentuk hubungan antara gaya dorong dan daya tahan pada tanah mungkin sangat berbeda dari suatu proses ke proses yang lainnya, sehingga perbedaan ini pada umumnya digunakan untuk mengklasifikasikan proses keruntuhan lereng.

Proses keruntuhan lereng dapat dibedakan menjadi dua kelompok besar, yaitu gerakan masa tanah, dan gerakan partikel tanah. Jika gerakan dari masa tanah terjadi disepanjang permukaan yang halus disebut *slide*. Sedangkan jika gaya geser terjadi merata di seluruh masa tanah dan tanpa bidang runtuh yang jelas disebut *flow*. Dalam *flow* biasanya semua gerakan yang terjadi merupakan gerakan *difrensial* didalam masa tanah yang mengalir.

Dalam gerakan partikel tanah, keruntuhan yang terjadi merupakan gerakan partikel secara individual tanpa atau sedikit berhubungan dengan partikel didekatnya. Hal ini sulit untuk terjadi. Sekalipun demikian, beberapa proses terlihat sebagai suatu gerakan partikel khususnya pada erosi yang disebabkan

oleh gelombang, aliran air, hujan, air tanah dan angin. Berbagai macam kelongsoran/keruntuhan lereng yang sering terjadi berdasarkan proses yang menyebabkan terjadinya keruntuhan adalah kelongsoran rotasi, kelongsoran translasi, dan kelongsoran gabungan yang terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. : Macam – macam kelongsoran/ keruntuhan lereng  
Sumber : Jurnal kacapuri keilmuan teknik sipil volume 3 nomor 1 edisi Juni 2020

Kelongsoran rotasi mempunyai bentuk permukaan runtuh berupa kurva busur lingkaran dan kurva bukan lingkaran. Umumnya kelongsoran rotasi busur lingkaran terjadi pada kondisi tanah yang homogen, sedangkan kelongsoran rotasi bukan lingkaran terjadi pada kondisi tanah yang tidak homogen. Kelongsoran translasi biasanya terjadi apabila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang *relative* dangkal dibawah permukaan lereng, dimana permukaan runtuhnya akan berbentuk bidang dan hampir sejajar dengan lereng. Sedangkan keruntuhan gabungan cenderung terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang lebih besar, dimana permukaan runtuhnya merupakan gabungan antara bagian lingkaran dan bidang.

Terjadinya kelongsoran pada lereng sering kali diakibatkan oleh suatu proses dimana tegangan geser masa tanah bertambah besar atau kuat geser masa tanah berkurang, yaitu antara lain akibat dari gravitasi dan gaya – gaya lainnya, misalnya aliran air, gempa bumi, kelebihan pembebanan, pergerakan lereng secara alami. Bila sudah terjadi kelongsoran / keruntuhan pada lereng, berarti kekuatan geser pada tanah tersebut telah dilampaui, artinya perlawanan geser pada permukaan runtuh tidak cukup besar untuk menahan gaya – gaya yang bekerja pada permukaan. Karena itu, untuk menentukan stabilitas lereng perlu diketahui kekuatan geser tanah pada lereng tersebut.

### 2.3.2 Penyebab Keruntuhan Lereng

Kelongsoran lereng sering disebabkan oleh suatu proses dimana tegangan geser masa tanah bertambah besar atau kuat geser masa tanah berkurang. Faktor – faktor yang dapat meningkatkan tegangan geser masa tanah adalah :

1. Hilangnya tahanan lateral pada tanah, misalnya terjadinya erosi oleh aliran air sungai, gelombang, dan lain-lain.
2. Pembebanan, yang diakibatkan oleh berat air hujan, tumbuh – tumbuhan, bangunan, dan lain-lain.
3. Perambatan gelombang pada tanah, dikarenakan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin dan lain-lain.
4. Kemiringan lokal pada lereng / timbunan.
5. Hilangnya tahanan dibagian bawah lereng, misalnya akibat pergerusan tepi sungai oleh air sungai, pertambangan, dan lain-lain.
6. Tekanan lateral, misalnya karena adanya air pada celah, pengembangan tanah liat, dan lain-lain.

#### 7. Proses vulkanik

Sedangkan faktor – faktor yang dapat mengurangi kekuatan geser masa tanah adalah :

1. Kondisi awal tanah, meliputi : komposisi, tekstur, struktur, dan geometri lereng.
2. Perubahan yang disebabkan oleh cuaca dan reaksi fisika dan kimia lainnya, misalnya pengecilan pada rongga tanah, hidrasi mineral pada tanah liat, pengeringan tanah, dan disintegrasi pada batuan.
3. Perubahan gaya antar butiran, yang disebabkan oleh kadar air, tekanan air pori, dan retaknya tanah.
4. Terjadinya perubahan struktur tanah.

### 2.3.3 Konsep Angka Keamanan

Pemahaman terhadap angka keamanan merupakan hal yang penting dalam merencanakan lereng. Angka keamanan yang diambil sebanding dengan banyaknya ketidakpastian yang terdapat dalam perencanaan lereng, seperti parameter kekuatan tanah, distribusi tekanan air pori, dan lapisan tanah. Secara umum, semakin kecil kualitas dari investigasi dilapangan, maka semakin tinggi angka keamanan yang harus diberikan terutama bila seorang perencana memiliki pengalaman yang terbatas. Craig (1987) dan Abramson et al.(1996) menyebutkan bahwa didalam praktek, analisis stabilitas lereng dibuat berdasarkan konsep keseimbangan batas, dengan menganggap bahwa keruntuhan lereng akan terjadi pada titik disepanjang permukaan runtuh yang diasumsikan maupun yang diketahui. Kekuatan geser yang dibutuhkan untuk mempertahankan keseimbangan batas dibandingkan dengan kekuatan geser yang ada pada tanah, akan memberikan suatu faktor keamanan rata – rata sepanjang permukaan runtuh

tersebut, yang dirumuskan padapersamaan berikut ini :

$$FS = \tau_i / \tau_m \dots\dots\dots(2.1.)$$

Dimana :

$FS = \textit{Safety Factor}$

$\tau_i = \textit{kekuatan geser tanah}$

$\tau_m = \textit{kekuatan geser sepanjang bidang runtuh}$

Pada analisis keseimbangan batas yang sering dijumpai, perhitungan tegangan geser yang diperlukan sepanjang bidang keruntuhan potensial hanya cukup untuk mempertahankan keseimbangan dan harus dibandingkan dengan kekuatan geser yang ada. Pada kasus ini angka keamanan diasumsikan konstan untuk seluruh bidang keruntuhan, sehingga kekuatan geser yang ada di rata – ratakan dengan perporsi yang sama pada setiap titik dibidang keruntuhan untuk menahan gaya yang meruntuhkan.

Untuk tegangan total :  $FS = c_u / \tau_{req} \dots\dots\dots(2.2.)$

Untuk tegangan efektif :  $FS = (c' + \sigma' \cdot \tan \phi') / \tau_{req} \dots\dots\dots(2.2)$

Dimana :

$c_u, S_u = \textit{kekuatan geser total undrained}$

$T_{req} = \textit{kekuatan geser yang diperlukan}$

$c'$  dan  $\phi'$  = parameter tegangan efektif

$\sigma'$  = tegangan normal efektif

Defenisi lain dari angka keamanan adalah selalu memperhitungkan perbandingan antara gaya yang menahan terhadap total gaya yang meruntuhkan untuk bidang keruntuhan yang datar. Pada sisi lain, angka keamanan untuk bidang keruntuhan busur lingkaran adalah perbandingan antara momen total yang menahan terhadap momen yang meruntuhkan. Angka keamanan yang diperoleh

dari ketiga metode analisis diatas, seperti yang terlihat pada gambar 2.5, tidak akan memberikan nilai yang sama terhadap faktor  $c - \phi$  pada tanah, dan hal ini bergantung pada penyederhanaan yang diambil.

bergantung pada penyederhanaan yang diambil.

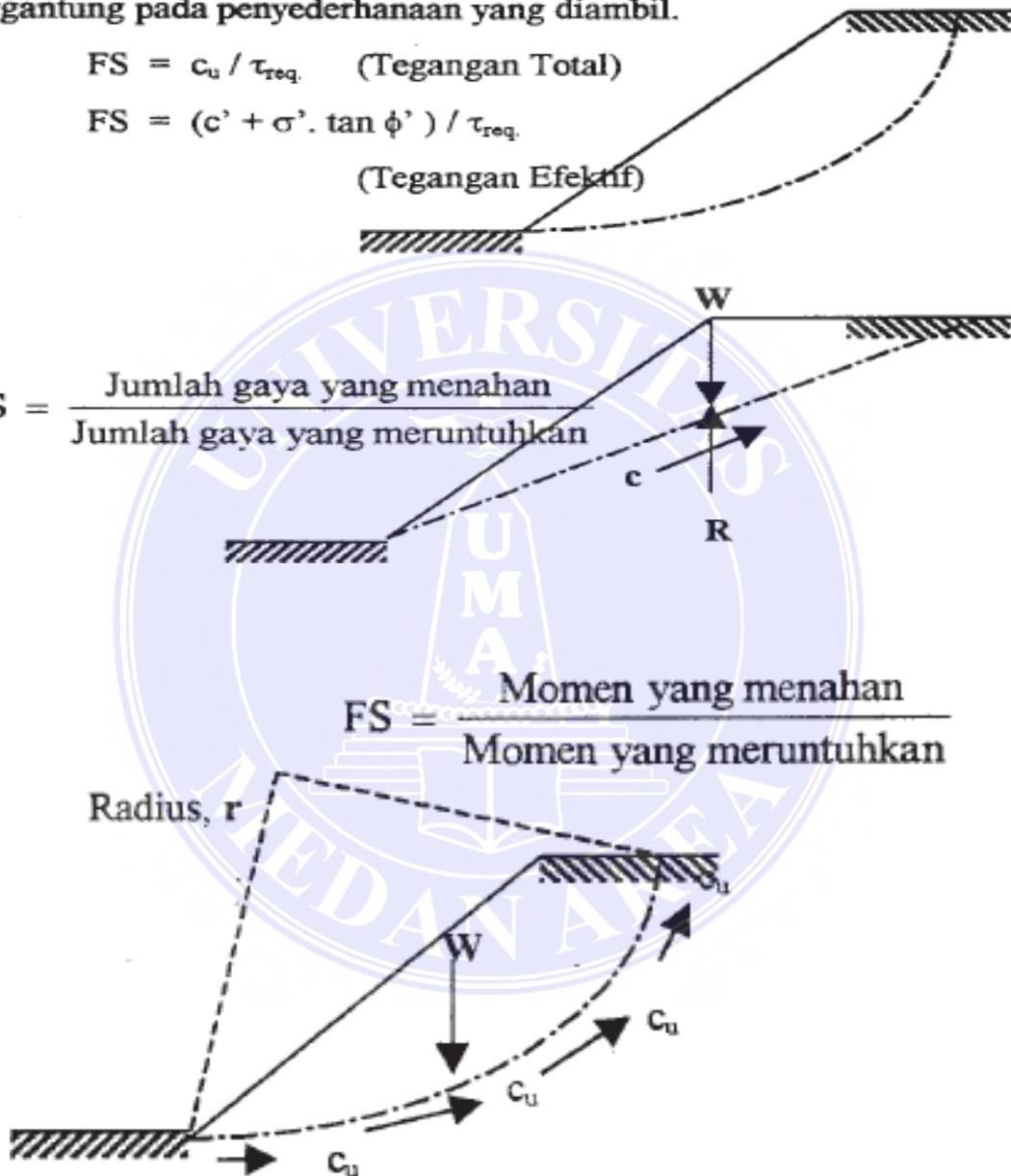
$$FS = c_u / \tau_{req.} \quad (\text{Tegangan Total})$$

$$FS = (c' + \sigma' \cdot \tan \phi') / \tau_{req.}$$

(Tegangan Efektif)

$$FS = \frac{\text{Jumlah gaya yang menahan}}{\text{Jumlah gaya yang meruntuhkan}}$$

$$FS = \frac{\text{Momen yang menahan}}{\text{Momen yang meruntuhkan}}$$



Gambar 2.5. : Variasi definisi angka keamanan

Sumber : Jurnal kacapuri keilmuan teknik sipil volume 3 nomor 1 edisi Juni 2020

## 2.4. Analisis Stabilitas Lereng

Cara yang dipakai untuk menganalisis kesetabilan lereng adalah dengan cara keseimbangan batas, yaitu dengan menghitung besarnya kekuatan geser yang diperlukan untuk mempertahankan kesetabilan lereng tersebut dan dibandingkan dengan kekuatan geser yang ada. Dari hasil perbandingan ini akan didapatkan suatu nilai faktor keamanan.

Dalam melakukan pemilihan analisis kesetabilan lereng, harus diperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhinya, antara lain :

- a. Sifat – sifat tanah, termasuk penentuan parameter yang sesuai dengan kondisi di lapangan.
- b. Bentuk keruntuhan lereng.

Secara garis besar, metode analisis kesetabilan lereng, yang akan dibahas antara lain :

### 2.4.1 Analisis Stabilitas Lereng Untuk Lereng Berhingga.

Suatu lereng yang luas dan panjang yang tertentu serta mempunyai profil lapisan tanah yang konsisten dapat dianalisis sebagai suatu lereng berhingga, sebagai berikut :

#### A. Keruntuhan Lereng Berbentuk Lingkaran

Keruntuhan lereng berbentuk lingkaran sering dijumpai pada lereng yang mempunyai material yang seragam. Dalam menganalisis keruntuhan lereng berbentuk lingkaran, biasanya tidak bergantung pada distribusi tegangan *normal efektif* yang bekerja sepanjang bidang runtuh. Metode yang sering dipergunakan untuk menganalisis keruntuhan lereng berbentuk lingkaran ini adalah :

1. **Metode Busur Lingkaran ( $\phi = 0$ )**

Analisis keruntuhan lereng pada metode ini, seperti yang terlihat pada gambar 2.3, didasarkan pada asumsi bahwa blok keruntuhan yang berbentuk lingkaran dan kaku akan mengalami terhadap rotasi titik pusat lingkaran, dimana kekuatan geser sepanjang bidang runtuh adalah merupakan kekuatan geser total *undrained*. Oleh karena kekuatan geser yang ada adalah kekuatan geser *undrained*, maka dalam hal ini sudut geser dalam tanah diasumsikan sama dengan nol,  $\phi = 0$ . Dalam menganalisis keruntuhan lereng dengan metode busur lingkaran ini, biasanya distribusi tegangan *normal efektif* yang berkerja sepanjang bidang runtuh tidak terlalu mempengaruhi.

Metode busur lingkaran ini biasanya dipergunakan untuk menganalisis keruntuhan lereng dengan kondisi tanah yang *homogen*. Rumus umum dari analisis stabilitas lereng berhingga dengan metode busur lingkaran ini adalah :

$$FS = \frac{\sum M_r}{\sum M_d} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\sum M_r = R (c_1 \cdot \Delta L_1 + C_2 \cdot \Delta L_2 + C_3 \cdot \Delta L_3 + \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\sum M_r = R (c_1 \cdot \theta_1 + C_2 \cdot \theta_1 + C_3 \cdot \theta_1 + \dots \dots \dots (2.5)$$

$$\sum M_d = W \cdot x - W_{WH} \cdot b - W_{WV} \cdot d + V \cdot f \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

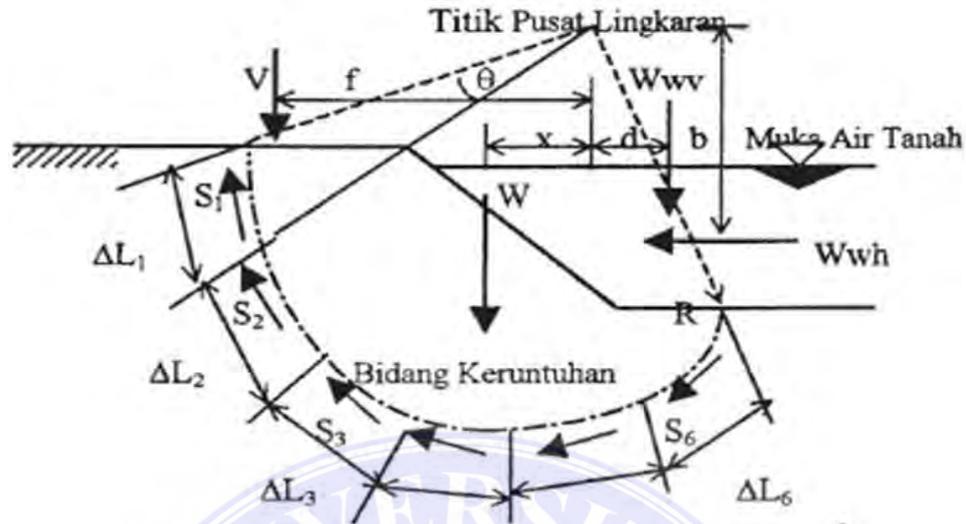
$\sum M_r$  = Momen yang menahan

$\sum M_d$  = Momen yang meruntuhkan

R = Jari –Jari lingkaran

$L_1, L_2, L_3$  = Panjang busur lingkaran Bidang Runtu

$\theta_1, \theta_2, \theta_3$  = Sudut dalam



Gambar 2.6 Gaya-gaya yang bekerja dalam metode busur lingkaran  
 Sumber : Jurnal kacapuri keilmuan teknik sipil volume 3 nomor 1 edisi Juni 2020

2. **Metode Lingkaran Friksi**

Metode ini berguna untuk tanah homogeny dengan  $\phi > 0$ , dimana kekuatan geser tergantung pada tegangan normal, atau dengan kata lain kedua komponen kekuatan geser yaitu kohesi,  $c$ , dan sudut geser dalam,  $\phi$ , diperhitungkan dalam analisis stabilitas lereng. Metode lingkaran friksi ini sangat baik digunakan dalam menganalisis stabilitas lereng pada tegangan efektif maupun tegangan total untuk tanah yang homogen. Sama halnya dengan metode busur lingkaran, dalam menganalisis keruntuhan lereng dengan metode lingkaran friksi ini, biasanya tidak tergantung pada distribusi tegangan *normal efektif* yang bekerja sepanjang bidang runtuh.

$$R_f = R \sin \phi_m \dots \dots \dots (2.7)$$

$$R_C = (L_{arc} / L_{chord}) R \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

$R$  = jari – jari lingkaran keruntuhan

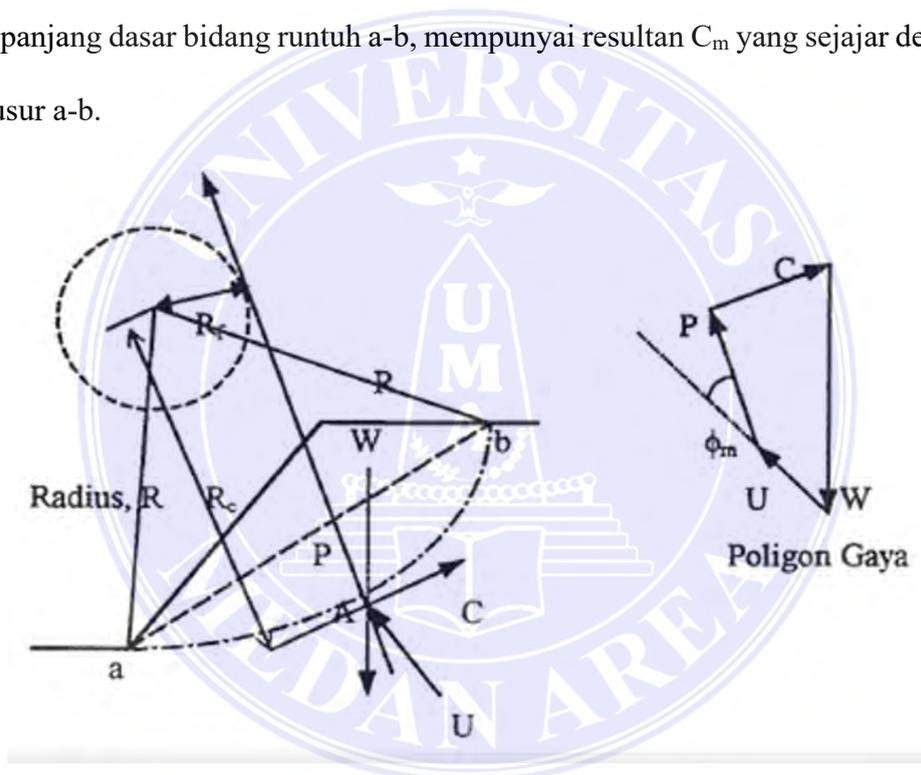
$R_f$  = jari – jari lingkaran friksi

$R_C$  = jarak tegak lurus dari pusat lingkaran friksi ke gaya yang bekerja

$L_{arc}$  = panjang busur lingkaran bidang runtuh

$L_{chord}$  = panjang tali busur lingkaran bidang runtuh

Gambar 2.7. menunjukkan bahwa resultan seluruh tegangan normal yang bekerja pada bidang runtuh terpusat pada satu titik A. Tegangan geser kohesif di sepanjang dasar bidang runtuh a-b, mempunyai resultan  $C_m$  yang sejajar dengan tali busur a-b.

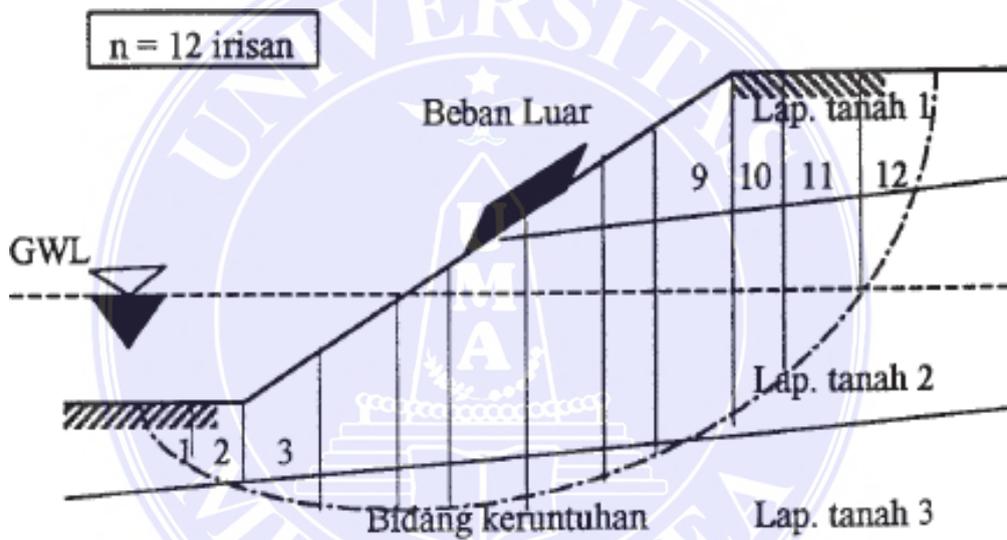


Gambar 2.7 Gaya-gaya yang bekerja dalam metode lingkaran friksi  
 Sumber : Jurnal kacapuri keilmuan teknik sipil volume 3 nomor 1 edisi Juni 2020

### 3. Metode *Fellenius* (Irisan)

Dalam melakukan analisis keruntuhan lereng, metode irisan ini biasanya sangat baik dan sering dipergunakan dari pada metode – metode sebelumnya. Metode ini sangat sesuai untuk menganalisis keruntuhan lereng dengan kondisi tanah yang bervariasi/ tidak homogen, geometri

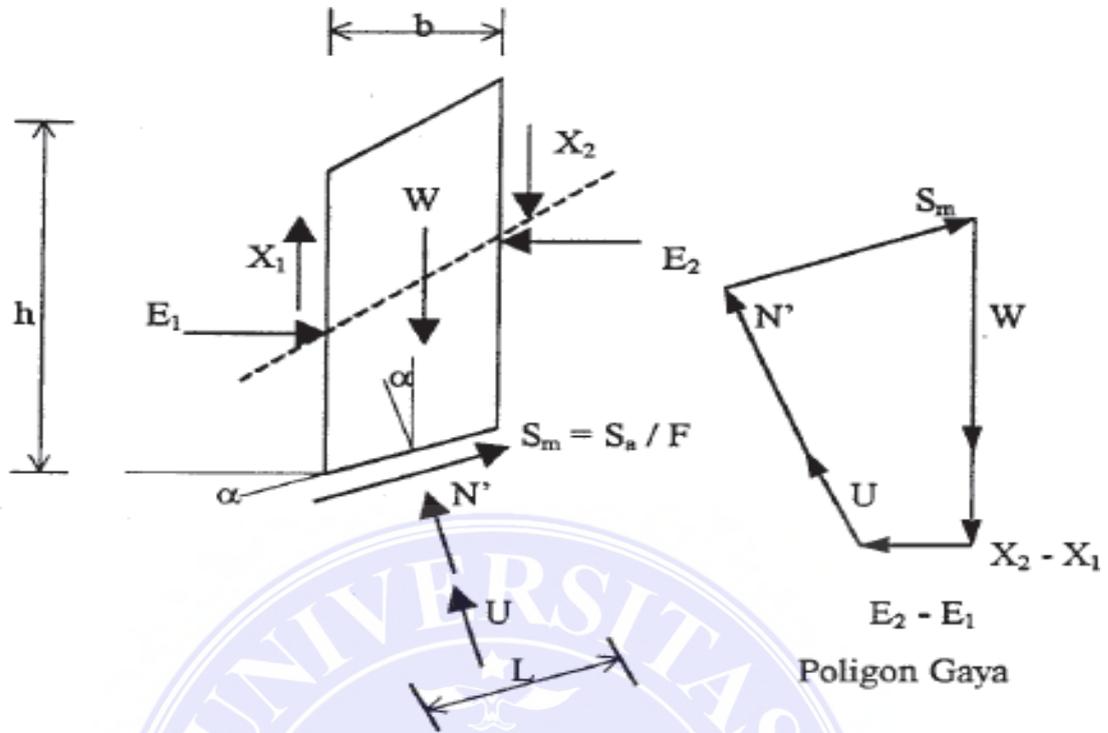
lereng yang tidak teratur, dan kondisi tekanan air pori yang kompleks. Tidak seperti metode – metode sebelumnya, dalam melakukan analisis keruntuhan lereng dengan metode irisan ini parameter kekuatan tanah,  $c - \phi$ , dari tegangan sepanjang bidang keruntuhan harus di perhitungkan, sehingga distribusi tegangan *normal efektif* yang bekerja sepanjang bidang runtuh harus diketahui. Analisis keruntuhan lereng dengan metode ini, biasanya dilakukan dengan membagi – bagi bidang keruntuhan lereng menjadi sejumlah irisan tertentu, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Irisan pada bidang keruntuhan lereng

Sumber : Jurnal kecapuri keilmuan teknik sipil volume 3 nomor 1 edisi Juni 2020

Massa keruntuhan lereng yang bekerja pada setiap irisan dianggap sebagai suatu balok keruntuhan. Untuk menganalisis keruntuhan lereng, maka masa balok keruntuhan pada setiap irisan harus memenuhi konsep keseimbangan batas. Setiap irisan dipengaruhi oleh suatu system gaya seperti ditunjukkan pada gambar 2.9. garis putus – putus pada gambar memperlihatkan garis hubungan dimana gaya antar irisan,  $E_i$ , bekerja. Bagian dasar setiap irisan diasumsikan sebagai bidang datar.



Gambar 2.9. Gaya –gaya yang bekerja pada setiap irisan  
 Sumber : Jurnal kacapuri keilmuan teknik sipil volume 3 nomor 1 edisi Juni 2020

Dimana :

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| $F$ = faktor keamanan               | $E_1$ = gaya normal antar irisan kiri    |
| $S_m$ = kekuatan geser yang terjadi | $E_2$ = gaya normal antar irisan kanan   |
| $S_a$ = kekuatan geser tanah        | $X_1$ = gaya geser antar irisan kiri     |
| $= c + N' \tan \phi$                | $X_2$ = gaya geser antar irisan kanan    |
| $W$ = berat total irisan            | $b$ = lebar irisan                       |
| $= \gamma \cdot b \cdot h$          | $h$ = tinggi rata -rata irisan           |
| $u$ = gaya air pori                 | $L$ = panjang rata -rata irisan          |
| $= u \cdot L = b / \cos \alpha$     | $\alpha$ = sudut kemiringan dasar irisan |
| $N'$ = gaya normal efektif          |  |

Analisis stabilitas lereng dibuat berdasarkan konsep keseimbangan batas, dengan menganggap bahwa keruntuhan lereng akan terjadi pada titik di sepanjang permukaan runtuh yang diasumsikan maupun yang diketahui. kekuatan geser yang dibutuhkan untuk mempertahankan keseimbangan batas dibandingkan dengan kekuatan geser yang ada pada tanah, akan memberikan suatu faktor keamanan rata – rata sepanjang permukaan runtuh tersebut, yang dirumuskan seperti pada persamaan berikut ini :

$$FS = \frac{s_a}{s_m} \dots\dots\dots(2.9.)$$

$$FS = \frac{c+N'.Tan \phi}{W.Sin a} \dots\dots\dots(2.10.)$$

Analisis untuk tegangan efektif adalah :

$$FS = \frac{(c'+\sigma'.tan \phi')L}{\Sigma W.Sin a} \dots\dots\dots(2.11.)$$

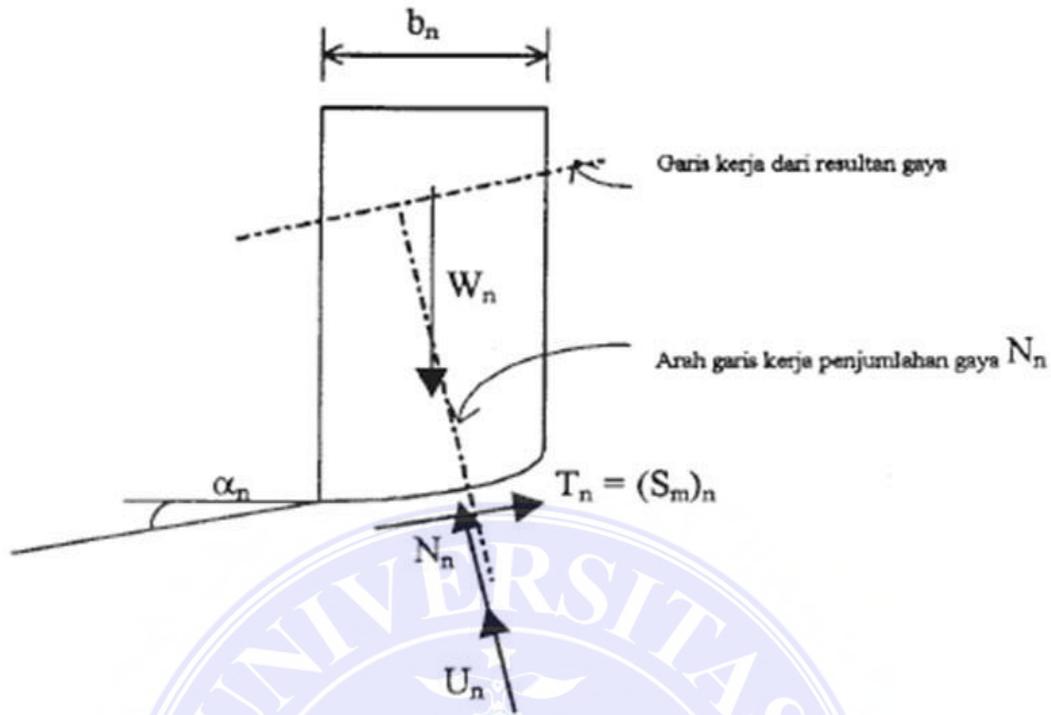
$$FS = \frac{c'. La+Tan \phi'.\Sigma N'}{\Sigma W.Sin a} \dots\dots\dots(2.12.)$$

Dimana :

La = panjang total busur keruntuhan

#### 4. Metode *Ordinary Slices*

Pada metode ini, diasumsikan bahwa untuk setiap irisan, besarnya resultan dari gaya – gaya sisi antar irisan sama dengan nol (Craig, 1987). Besarnya gaya sisi kiri dan kanan antar irisan diasumsikan adalah sama. Penjumlahan dari gaya – gaya normal yang bekerja pada setiap irisan selalu ditinjau pada dasar irisan (lihat gambar 2.10.).



Gambar 2.10. Gaya gaya sisi yang diasumsikan bekerja pada metode *Ordinary Slices (Metode Fellinius)*

Sumber : Jurnal kacapuri keilmuan teknik sipil volume 3 nomor 1 edisi Juni 2020

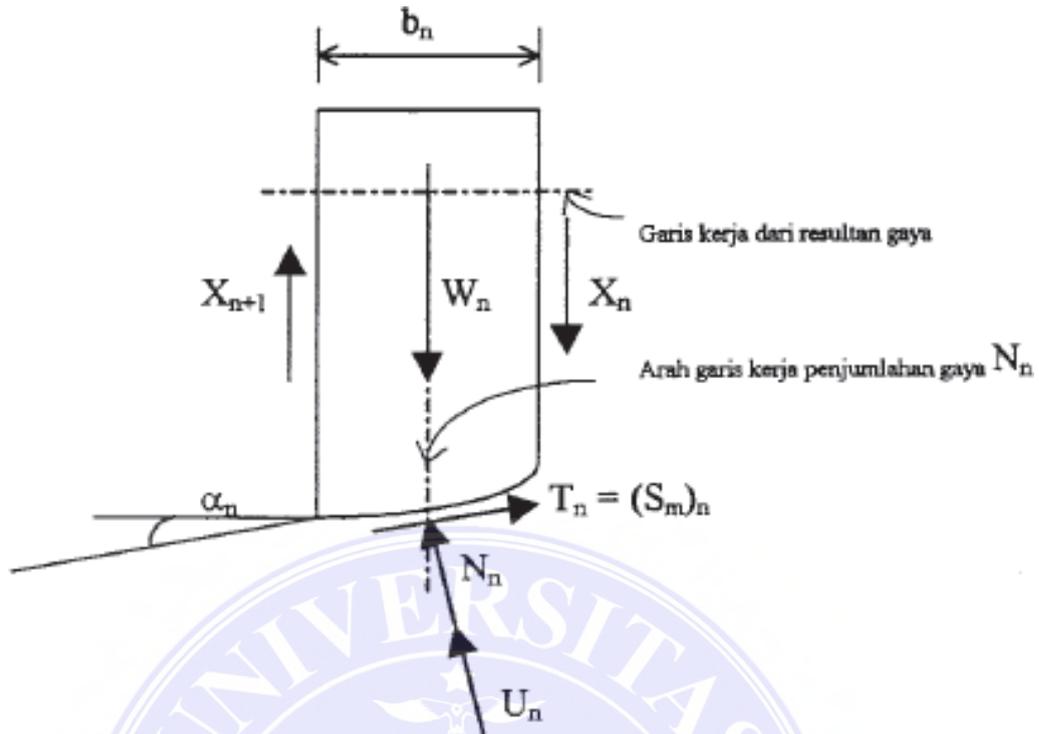
$$N_n = W_n \cos \alpha_n \dots \dots \dots (2.13.)$$

$$(S_m)_n = T_n = W_n \sin \alpha_n \dots \dots \dots (2.14.)$$

$$FS = \frac{\Sigma(C'_n \cdot L_n + (W_n \cdot \cos \alpha_n - U_n \cdot L_n) \tan \phi_n)}{\Sigma W_n \cdot \sin \alpha_n} \dots \dots \dots (2.15.)$$

### 5. Metode Bishop

Pada metode ini, Bishop memperkenalkan suatu penyelesaian yang lebih teliti dari pada metode *Ordinary Slices* (Das, 1994, Edil, 1982). Pengaruh gaya – gaya pada sisi setiap irisan diperhitungkan. Rhasultan gaya – gaya pada sisi setiap irisan diasumsikan bekerja dalam arah horizontal (lihat gambar 2.11)



Gambar 2.11. Gaya – gaya sisi yang diasumsikan bekerja pada metode Bishop  
 Sumber : Jurnal kacapuri keilmuan teknik sipil volume 3 nomor 1 edisi Juni 2020

$$X_n - X_{n+1} = 0$$

$$F_v = - N_n \cdot \cos\alpha_n - (S_m)_n \cdot \sin\alpha_n + W_n + (X_n - X_{n+1}) = 0 \dots \dots \dots (2.16)$$

$$FS = \frac{\Sigma((C'_n \cdot b_n (W_n - U_n \cdot b_n) \tan\phi'_n) \left(\frac{1}{m_\alpha}\right))}{\Sigma W_n \cdot \sin\alpha_n}$$

Dimana :

$$m_\alpha = \cos\alpha_n [ 1 + (\tan\alpha_n \cdot \tan\phi'_n) / FS ] \dots \dots \dots (2.17)$$

$$m = \cos\alpha_n + [(\sin\alpha_n \cdot \tan\phi'_n) / FS]$$

Angka keamanan pada persamaan (2.19) diatas dapat juga dipergunakan untuk metode analisis tegangan total dan metode analisis tegangan efektif. Bila

memakai metode analisis tegangan total dengan nilai  $u = 0$  , keamanan (FS) adalah :

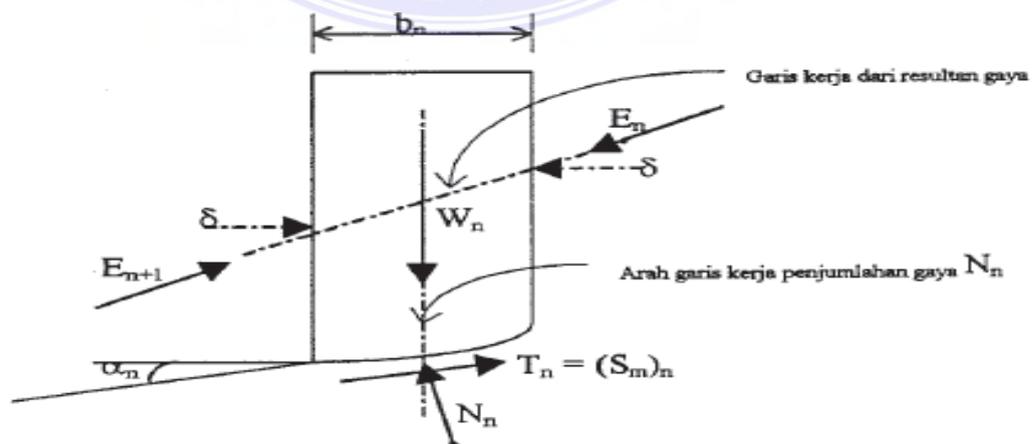
$$FS = \frac{\sum(C_n.b_n \sec a_n)}{\sum W_n.Sina_n} = \frac{\sum(C_n.L_n)}{\sum W_n.Sina_n} \dots\dots\dots(2.18)$$

Oleh karena nilai FS muncul pada kedua sisi tiap irisan, maka cara coba – coba (*Trial and Error*) perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai FS yang sebenarnya. Seperti pada metode *Ordinary Silices*, maka metode bishop juga meyarankan agar beberapa bidang longsor yang paling kritis, yang akan memberikan nilai angka keamanan (FS) minimum.

Metode bishop ini merupakan metode yang paling banyak dipergunakan dalam menganalisis keruntuhan lereng. Bila diterapkan dengan program computer, maka penggunaan metode ini akan memberikan hasil yang memuaskan dalam banyak masalah mengenai keruntuhan lereng / timbunan.

**6. Metode Spencer**

Dalam menganalisis keruntuhan lereng dengan cara irisan, *spencer* mengansumsikan bahwa resultan dari gaya – gaya sisi antar irisan bekerja sejajar /paralel dengan membentuk sudut inklinasi yang konstan untuk setiap irisan (lihat gambar 2.12)



Gambar 2.12. : Gaya – gaya sisa yang diasumsikan bekerja pada metode *Spencer*  
 Sumber : Akmal, F.Z. 2016. Analisis Stabilitas lereng di Desa Sukamakmur

$$T = W \sin \alpha + (E_{n+1} - E_n) \cos (\delta - \alpha) \dots\dots\dots(2.19)$$

$$N = W \cos \alpha + (E_{n+1} - E_n) \sin (\delta - \alpha) \dots\dots\dots(2.20)$$

Dari teori Mohr – Coulomb didapat :

$$T = (c \cdot b \sec \alpha + N \tan \phi) / FS \dots\dots\dots(2.21)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.20) kedalam persamaan (2.21),  
maka diperoleh:

$$FS = \frac{c \cdot b \cdot \sec \alpha + N \tan \phi}{W \sin \alpha + (E_{n+1} - E_n) \cos (\delta - \alpha)}$$

Spencer telah membuktikan bahwa keakuratan metode *Bishop* hanya pada keseimbangan momen dapat dipenuhi, dimana dengan mengabaikan persamaan momen terhadap gaya – gaya yang berkerja pada tiap irisan pada lereng yang ditinjau.

**B. Keruntuhan Lereng berbentuk bukan lingkaran**

Apabila distribusikan dalam tahanan geser yang terdapat pada masa tanah tidak seragam, maka kelongsoran yang terjadi disepanjang permukaan lereng akansangat rumit / kompleks dari pada kelongsoran lereng yang mempunyai material yang seragam/homogeny. Metode yang sering dipergunakan untuk menganalisis keruntuhan lereng berbentuk bukan lingkaran ini adalah.

**1. Metode Morgenstren – Price**

Metode ini sangat baik untuk menganalisis suatu keruntuhan lereng yang tidak teratur / berubah – ubah, dan memenuhi untuk segala kondisi keseimbangan. Metode ini mempertimbangkan tidak hanya keseimbangan tangensial dannormalnya saja, tetapi juga keseimbangan momen pada setiap irisan (Huang,1983). Momen pada dasar irisan sama dengan nol, dan jumlah gaya tangensial dan gaya normal sama dengan nol.

Hubungan antara gaya – gaya sisi setiap irisan terhadap bidang kelongsoran diasumsikan sebagai :

$$S = \lambda \cdot f(x) \cdot E \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana :

$F(x)$  = fungsi  $x$  (diasumsikan linier) dari distribusi gaya – gaya dalam

$\lambda$  = konstanta

$$S = y (dE/dx) - y_t (dE/dx) \dots\dots\dots (2.23)$$

$$\Delta T = (\Delta W + \Delta S) \sin \alpha + \Delta E \cos \alpha \dots\dots\dots (2.24)$$

$$\Delta N = (\Delta W + \Delta S) \cos \alpha + \Delta E \sin \alpha \dots\dots\dots (2.25)$$

Dari teori Mohr – Coulom didapatkan :

$$\Delta T = (c \cdot b \cdot \sec \alpha + \Delta N \tan \phi) / FS \dots\dots\dots (2.26)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.24) kedalam persamaan (2.26), maka diperoleh:

$$FS = \frac{c \cdot b \cdot \sec \alpha + \Delta N \tan \phi}{(\Delta W + \Delta S) \sin \alpha + \Delta E \cos \alpha} \dots\dots\dots (2.27)$$

## 2 Metode Janbu

Metode ini merupakan penyempurnaan dari metode yang dipergunakan untuk menganalisis keruntuhan lereng berbentuk bukan lingkaran terdahulu.

Metode ini mengasumsikan bahwa gaya – gaya geser pada tiap irisan sama dengan nol. Besarnya nilai angka keamanan (FS) menurut Metode *Janbu* adalah :

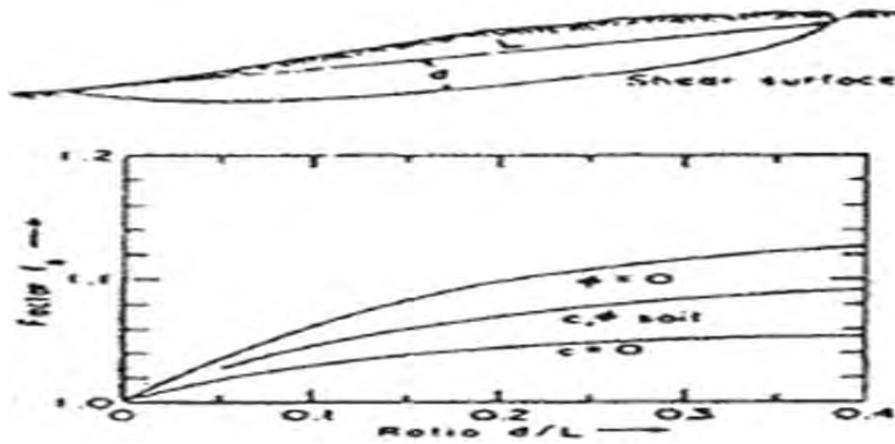
$$FS = \frac{f_0 \sum ((C_n \cdot b_n + (W_n - U_n \cdot b_n) \tan \phi'_n) \cdot m_n)}{\sum W_n \cdot \tan \alpha_n} \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana :

$$M\alpha = \cos \alpha_n + [(\sin \alpha_n \cdot \tan \phi'_n) / FS]$$

$F_0$  = faktor koreksi untuk gaya – gaya dalam dan tipe tanah dapat diperoleh

UNIVERSITAS MEDAN AREA dengan menggunakan Gambar 2.13



Gambar 2.13. Nilai faktor koreksi,  $f_0$ , pada metode Janbu

Sumber : Akmal, F.Z. 2016. Analisis Stabilitas lereng di Desa Sukamakmur

## 2.5 Perbaikan Tanah

Tanah sebagai penahan beban, baik beban struktur maupun beban timbunan, akan selalu stabil jika memiliki kekuatan yang baik. Pada kondisi dilapangan, sering muncul permasalahan kondisi tanah yang buruk / kurang baik. Jika tanah tersebut tidak mampu memikul beban, maka perlu dilakukan perbaikan atau diberi kekuatan. Beberapa solusi umum yang dilakukan perbaikan atau diberi kekuatan. Beberapa solusi umum yang dilakukan dalam mengatasi kondisi tanah tersebut adalah :

- Mengganti tanah

Tanah dengan kondisi bahan yang jelek misalnya tanah *organic* atau lempung yang sangat lunak, perlu diganti dengan tanah yang memiliki kompresibilitas yang kecil dan daya dukung yang baik.

- Memperbaiki kondisi tanah

Tanah yang mengalami perbaikan, baik dengan menggunakan zat *additive*, diperbaiki dengan cara mekanis, *hidrolis*, maupun perkuatan, akan memiliki daya dukung yang baik.

- Mendesain pondasi yang cocok  
Kekuatan tanah yang jauh lebih kecil jika dibanding dengan kekuatan struktur atas ketanah. Semakin jelek kondisi tanah maka semakin rumit pula desain pondasi yang diperlukan.
- Memindahkan lokasi proyek  
Jika kondisi tanah sebagai tempat berdirinya suatu bangunan tidak memungkinkan untuk dilaksanakan untuk, maka memindahkan lokasi proyek ketempat yang lain dimana kondisi tanah sebagai pendukung struktur atas jauh lebih baik adalah merupakan cara yang harus ditempuh.  
Dari beberapa *alternative* solusi yang umum diambil dalam mengatasi kondisi tanah tersebut, maka cara perbaikan kondisi tanah adalah merupakan satu pilihan yang *ekonomis* dan *effisien* dalam segi teknis.

Tujuan utama dari perbaikan kondisi tanah tersebut adalah

- ✓ Meningkatkan kekuatan geser tanah.
- ✓ Meningkatkan modulus tegangan dan regangan
- ✓ Memampatkan tanah dan meningkatkan kesetabilan tanah
- ✓ Mengontrol penyusutan dan pemuaiian tanah
- ✓ Mengontrol permealitas dan menurunkan tekanan air.
- ✓ Meningkatkan kapasitas daya dukung tanah.
- ✓ Menurunkan kemungkinan *liquid* faksi
- ✓ Menurunkan keberagaman sumber material

Perbaikan kondisi tanah ini ada berrmacam – macam, diantaranya perbaikan secara hidrolis, perbaikan secara kimia, perbaikan secara mekanis, dan melalui perkuatan. Penggunaan tipe perbaikan tanah yang akan digunakan tergantung dari

berbagai macam faktor, diantaranya :

- Kondisi dan *property* dari tanah tersebut.
- Jenis bangunan yang akan digunakan.
- Penurunan ijin yang boleh terjadi.
- Ketersediaan material, alat, kemampuan dari pekerja yang ada.
- Efisiensi dan kemudahan.
- Ekonomis

Diantara beberapa tipe perbaikan tanah yang umum digunakan, maka salah satu yang banyak dipakai adalah perbaikan tanah dengan menggunakan perkuatan. Pada perbaikan tanah dengan menggunakan perkuatan. Pada perbaikan tanah dengan menggunakan perkuatan ini, beban yang ditahan oleh tanah akan direduksi atau ditahan, baik sebagian atau seluruhnya, oleh perkuatan.

Penggunaan perkuatan ini bermacam – macam, tergantung dari seberapa besar perkuatan yang harus ditambahkan kepada tanah yang kondisinya jelek tersebut. Beberapa keuntungan dari penggunaan perkuatan adalah sebagai berikut :

- Bahan perkuatan dapat mengurangi gaya – gaya yang meruntuhkan tanah
- Bahan perkuatan dapat meningkatkan gaya – gaya yang menahan tanah.
- Bahan perkuatan dapat menahan keruntuhan lokal dan meningkatkan ketahanan geser arah *horizontal*.
- Luas lahan yang digunakan lebih sempit.
- Waktu pelaksanaan yang lebih cepat.

Beberapa contoh perkuatan yang sering dipergunakan untuk memperbaiki kondisi tanah, diantaranya adalah :

- Penggunaan kayu
- Penggunaan *polyethylene*.
- Penggunaan struktur beton atau besi seperti cakar ayam.

- Penggunaan *geosynthetic*.
- Penggunaan *soil nailing*.



## BAB III

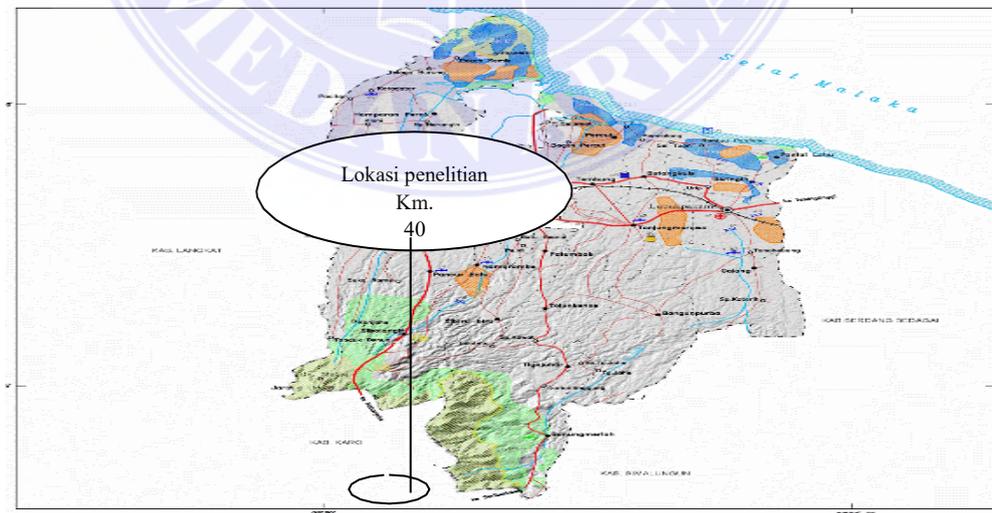
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Tinjauan Umum

Penelitian ini berupa Perhitungan Stabilitas Lereng Medan-Sembahe untuk mengetahui parameter-parameter kuat geser tanah dengan mengambil sampel tanah dilokasi penelitian. Metodologi tugas akhir ini akan dimulai berdasarkan jenis data dan tahapan pelaksanaan.

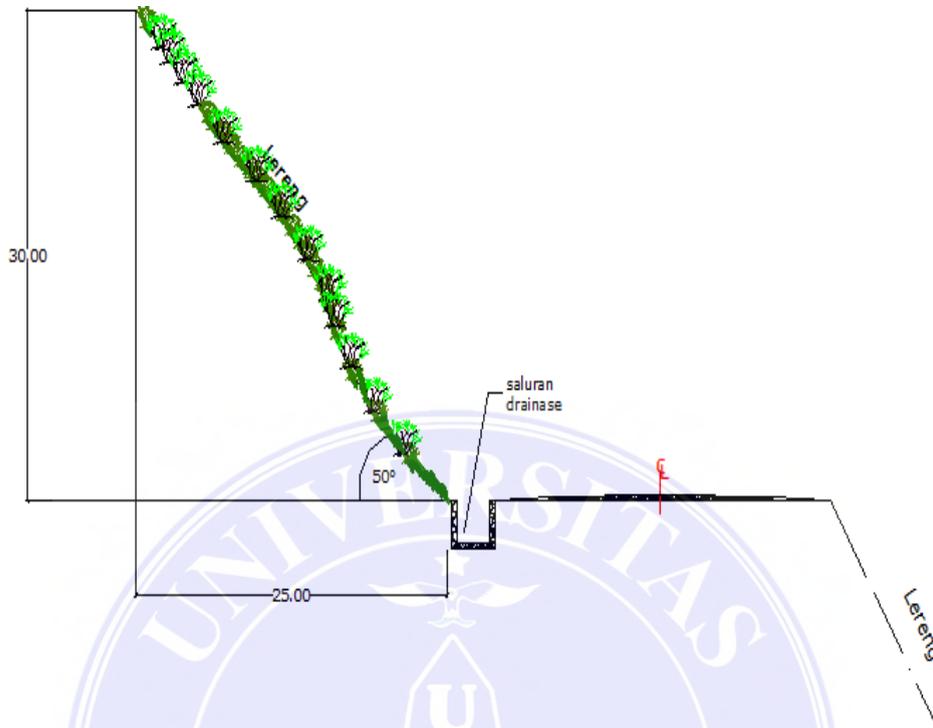
#### 3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini di lakukan di di jalan lintas Medan Sembaha Km. 40 tepatnya di daerah Sembaha Kabupaten Deli Serdang. Jalan lintas Medan Sembaha adalah akses jalan untuk menghubungkan berbagai kecamatan dan kabupaten salah satu contoh Kabupaten Karo dan salah satunya akses menuju kawasan danau toba dan Daerah Pariwisata. Kelongsoran lereng terjadi pada sekitar daerah penelitian, tepatnya di ruas jalan Medan Sembaha di Km. 40.



Gambar 3.1 Peta lokasi pengambilan sampel tanah  
Sumber : Google Earth, 2022

### 3.3 Peralatan atau Bahan Penelitian



Gambar 3.2 Potongan A-A penampang lereng

Sumber : Auocad 2007

Pengambilan sampel dilaksanakan dengan menggunakan contoh material tanah dari jalan lintas Medan Sembahe, pengambilan sampel terletak di Km 40 penulis mengambil jarak dari kota Medan. Untuk pengujian laboratorium, sampel tanah diambil dengan keadaan tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*). Pada kondisi tidak terganggu sampel tanah diambil dengan menggunakan tabung. Pengambilan tanah tidak terganggu dengan cara memasukkan tabung dengan kedalaman kurang lebih 1 meter pada lokasi penampang lereng. Penyelidikan tanah bertujuan untuk mengetahui kondisi dan karakteristik/sifat tanah baik secara fisik maupun secara mekanik dari lokasi rencana bangunan. Terkait dengan analisis stabilitas lereng Jalan Lintas Medan Sembahe, dilakukan serangkaian pengujian tanah yang akan menghasilkan parameter - parameter tanah yang dibutuhkan

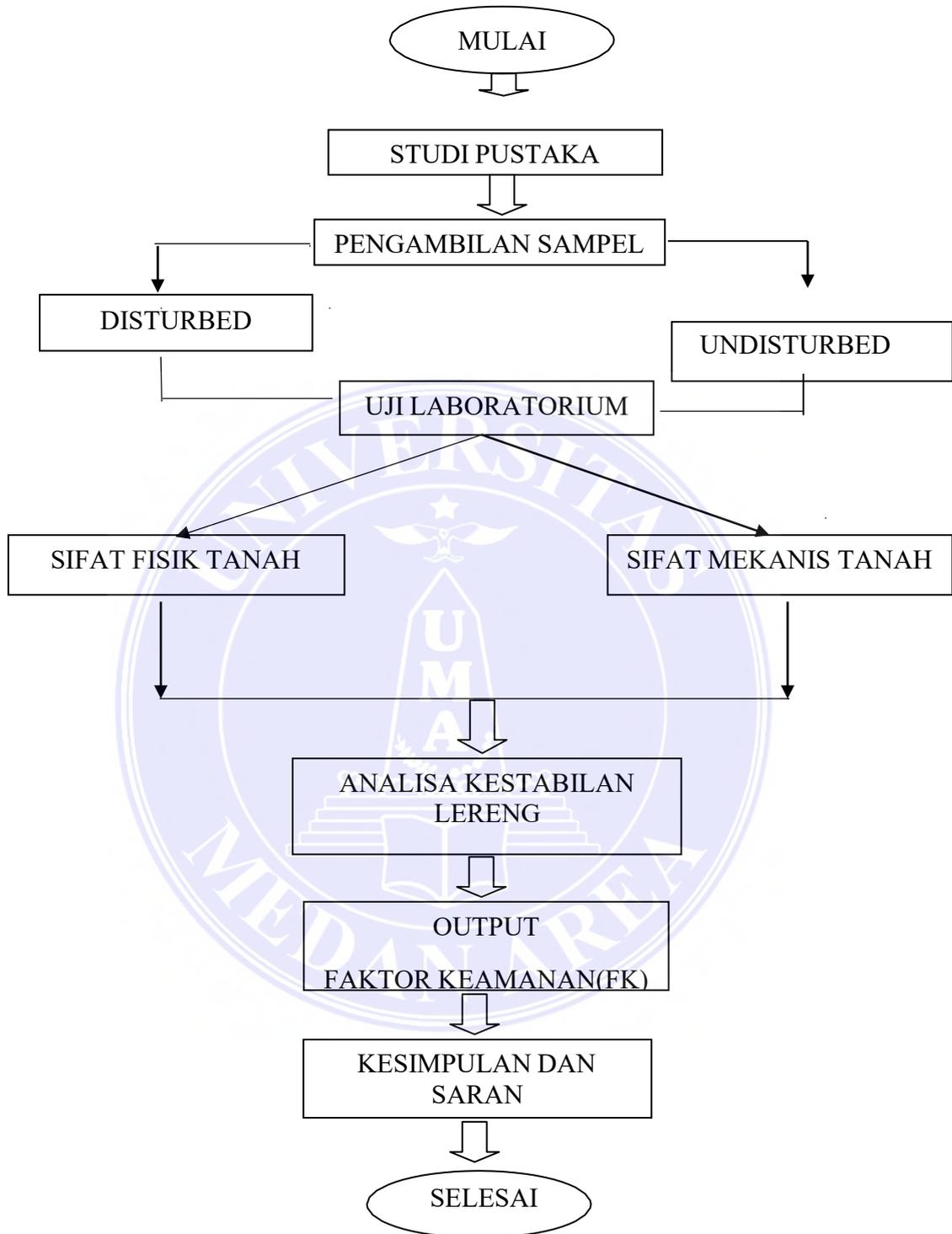
### 3.4 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode dengan pengumpulan data primer. Data primer diperoleh langsung dari penelitian dilapangan dan penelitian yang dilakukan di laboratorium.

### 3.5 Metodologi Penelitian

Untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini maka penulis menerapkan beberapa metode studi diantaranya :

1. Studi pustaka yaitu dengan cara mencari buku referensi yang berhubungan dengan topik yang dibahas.
2. Studi lapangan yaitu dengan melaksanakan pengambilan sampel tanah pada lokasi yang ditinjau.
3. Studi bimbingan yaitu dengan melakukan diskusi dan bimbingan tentang tugas akhir ini dengan dosen pembimbing.



Gambar 3.3 Bagan Alur Penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, Menunjukkan nilai faktor keamanan dari lereng pada Jalan Medan-Sembahe KM 40 adalah 1,421. Itu berarti lereng pada lokasi tersebut dalam kondisi tidak stabil menurut ketentuan angka keamanan secara umum yang bernilai 1,5. Hal ini berbahaya karena dapat mengakibatkan longsor pada kemudian hari.

Untuk mencegah terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan, Maka perlu di buat dinding penahan tanah untuk membantu agar tidak terjadi kelongsoran pada lereng. Dinding penahan tanah dapat memperkecil potensi untuk terjadinya kelongsoran.

#### 5.2 Saran

Lereng pada Jalan Medan-Sembahe KM 40 berada pada kondisi yang tidak stabil. Hal itu dapat menyebabkan kelongsoran sehingga dapat menimbulkan kerugian serta membahayakan penduduk disekitarnya. Hal ini memungkinkan perlu pembuatan/pembangunan dinding penahan tanah untuk membantu dan mencegah terjadinya kelongsoran pada lereng.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akmal, F.Z. 2016. Analisis Stabilitas lereng di Desa Sukamakmur, Kabupaten Bogor, Menggunakan Metode Fellenius Melalui Aplikasi Geostudio Slope/W. Tugas Akhir, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Bjerrum, 2013. Buku Mekanika Tanah. (Memahami Kinerja Tanah Tertingkat Kolom Campuran Dalam)
- Das. Braja M. 2012. Mekanika Tanah (Prinsip prinsip Rekayasa Geoteknik), Jilid II, Erlangga, Jakarta.
- Bowles, J, E, 2012. Mekanika Tanah, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2012, Mekanika Tanah I, Edisi Keenam, Gajah Mada, University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2013. Mekanika Tanah II. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Janner, Ir Napitupulu. 2015. Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Darma Agung, Medan.
- Lambe and Whitman. 2012. Soil Mechanics, Terzagi and Peck Edition, New York.
- L. D. Wesly. 2013. Mekanika Tanah II : A. M. Luthfi, Ir. Pekerjaan Umum, Medan.
- Mahsyur Irsan, 2014. Rekayasa Pondasi, Penerbit ITB, Bandung.
- Whiliam T, Whitman, Robert V, 2012. Soil Mechanics.

## LAMPIRAN DOKUMENTASI



Gambar 1 Pengambilan sampel tanah



Gambar 2 Pengisian sampel kedalam cawan



Gambar 3 Cawan



Gambar 4 Memasukkan tanah kedalam Oven



Gambar 5 Alat timbangan



Gambar 6 Picnometer



Gambar 7 Penimbangan Picnometer dengan tanah



Gambar 8 Menambahkan air kedalam  
*picnometer*



Gambar 9 Memanaskan sampel



Gambar 10 Merendam sampel uji



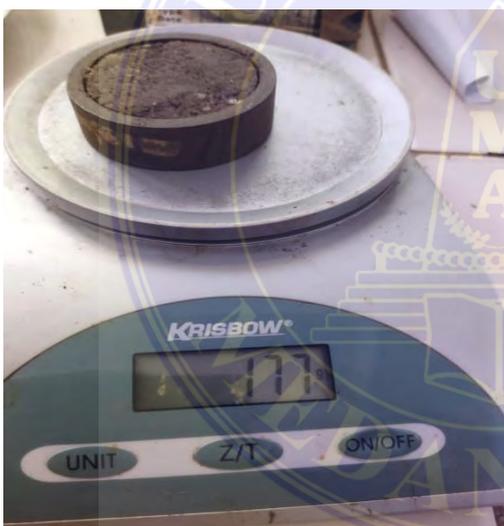
Gambar 11 Pengujian berat jenis  
tanah



Gambar 12 Ring



Gambar 13 Ring berisi tanah



Gambar 14 Menimbang sampel uji



Gambar 15 Saringan tanah



Gambar 16 Alat Pengguncang



Gambar 17 Pengayakan



Gambar 18 Mangkuk *casagrande*



Gambar 19 Adonan tanah dicampur air suling



Gambar 20 Cincin cetak dan Penekan cincin



Gambar 21 Proses mengeluarkan tanah



Gambar 22 Perataan tanah didalam



Gambar 23 Hasil potongan tanah



Gambar 24 Pelaksanaan *Extruder*