

**ANALISA STABILITAS LERENG DENGAN MENGGUNAKAN
SIMPLIFIED BISHOP METHOD STUDI KASUS KELONGSORAN RUAS
JALAN BATAS KOTA LIWA-SIMPANG GUNUNG KEMALA
STA.263+650, BUKIT BARISAN SELATAN
LAMPUNG BARAT
(Skripsi)**

**Oleh
FITA RATNA TRI ASTUTI**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2016

ABSTRACT

ANALYSIS OF SLOPE STABILITY USING SIMPLIFIED BISHOP METHOD CASE STUDY SLIDING SLOPE ROAD SECTION LIWA-SIMPANG GUNUNG KEMALA STA.263+650, BUKIT BARISAN SELATAN, LAMPUNG BARAT

BY

FITA RATNA TRI ASTUTI

Taman Nasional Bukit Barisan Selatan, Lampung Barat, is an area with high rainfall, this causes the brink in the roadside of Liwa-Simpang Gunung Kemala STA.263+650 got soil erosion and eroded most of the verge of the road. For this case, it takes slope stability analysis to know the safety of the slopes which got soil erosion. One of ways is by using simplified bishop method that controlled by using a Taylor diagram.

In this analysis used data of the entries soil parameter, among others: cohesion (c), soil friction angle (ϕ), the dip of slopes, the weight of the soil volume (γ) and the weight of the water volume (γ_w). Determination of safety factor was decided into 3 conditions of the surface of the soil on the slopes, the condition of the submerged soil, the condition of the partly saturated soil ($H_{saturated}= 7\text{ m}$ and $H_{dry}= 3\text{ m}$) and the condition of the full saturated soil.

The result of this research showed that soil parameter was very influential to the slope stability. Condition of the slopes with full saturated soil surface had smaller stability than the other condition . Based on the analysis using simplified bishop method found the value of safe factors 0,4. While the analysis by using a Taylor diagram found the value of safe factors 0,25.

Key words: the slope stability, safety factors, simplified bishop method, Taylor diagram.

ABSTRAK

ANALISA STABILITAS LERENG DENGAN MENGGUNAKAN *SIMPLIFIED BISHOP METHOD* STUDI KASUS KELONGSORAN RUAS JALAN BATAS KOTA LIWA-SIMPANG GUNUNG KEMALA STA.263+650, BUKIT BARISAN SELATAN, LAMPUNG BARAT

Oleh

FITA RATNA TRI ASTUTI

Taman Nasional Bukit Barisan Selatan, Lampung Barat, adalah wilayah dengan curah hujan yang tinggi, hal ini telah mengakibatkan jurang di tepi ruas jalan Liwa-Simpang Gunung Kemala STA.263+650 mengalami kelongsoran dan mengikis sebagian bahu jalan. Diperlukan analisa stabilitas lereng untuk mengetahui faktor keamanan dari lereng yang mengalami kelongsoran. Salah satunya dengan menggunakan *simplified bishop method* yang dikontrol dengan menggunakan diagram *Taylor*.

Dalam analisa ini digunakan data masukan parameter tanah, antara lain: kohesi (c), sudut geser dalam tanah (ϕ), sudut kemiringan lereng, berat volume tanah (γ) dan berat volume air (γ_w). Penentuan faktor aman divariasikan dengan 3 kondisi muka air tanah pada lereng, yaitu kondisi tanah submerged, kondisi tanah jenuh sebagian ($H_{\text{jenuh}} = 7$ m dan $H_{\text{rakjenuh}} = 3$ m) dan kondisi tanah jenuh penuh.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter tanah sangat berpengaruh terhadap stabilitas lereng. Kondisi lereng dengan muka air tanah jenuh penuh memiliki stabilitas paling kecil dibandingkan dengan kondisi lainnya. Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan dengan *simplified bishop method* didapatkan nilai faktor aman 0,4. Sedangkan analisa yang dilakukan dengan diagram *Taylor* didapatkan nilai faktor aman 0,25.

Kata kunci: stabilitas lereng, faktor aman, *simplified bishop method*, diagram *taylor*.

**ANALISA STABILITAS LERENG DENGAN MENGGUNAKAN
SIMPLIFIED BISHOP METHOD STUDI KASUS KELONGSORAN RUAS
JALAN BATAS KOTA LIWA-SIMPANG GUNUNG KEMALA
STA.263+650, BUKIT BARISAN SELATAN
LAMPUNG BARAT**

Oleh

FITA RATNA TRI ASTUTI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

**Judul Skripsi : ANALISA STABILITAS LERENG DENGAN
MENGUNAKAN *SIMPLIFIED BISHOP*
METHOD STUDI KASUS KELONGSORAN
RUAS JALAN BATAS KOTA LIWA-SIMPANG
GUNUNG KEMALA STA.263+650, BUKIT
BARISAN SELATAN LAMPUNG BARAT**

Nama Mahasiswa : Fita Ratna Tri Astuti

Nomor Pokok Mahasiswa : 1215011043

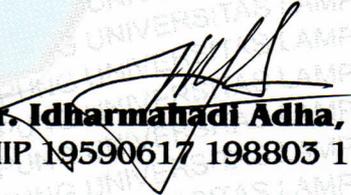
Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Ir. Setyanto, M.T.
NIP 19550830 198403 1 001


Ir. Idharmahadi Adha, M.T.
NIP 19590617 198803 1 003

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil


Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Ir. Setyanto, M.T.



Sekretaris

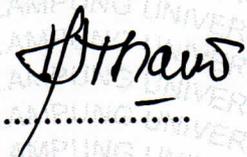
: Ir. Idharmahadi Adha, M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 9 September 2016

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul analisa stabilitas lereng dengan menggunakan *simplified bishop method* studi kasus kelongsoran ruas jalan batas Kota Liwa-Simpang Gunung Kemala STA.263+650, Bukit Barisan Selatan, Lampung Barat adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 9 - 9 2016

Pembuat Pernyataan



Fita Ratna Tri Astuti



RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung, Kecamatan Tanjung Karang Pusat pada tanggal 16 Juni 1994, sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Ahmad Fauzi dan Ibu Sri Karwanti.

Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Kartika II-5 Bandar Lampung pada tahun 2006, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan pada tahun 2009 di SMP Negeri 9 Bandar Lampung dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Negeri 10 Bandar Lampung.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2012 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) Tertulis. Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) sebagai anggota bidang kesenian dan olahraga.

Pada tahun 2015 Penulis melakukan Kerja Praktek (KP) pada Proyek Pembangunan Hotel Zodiak Lampung selama 3 bulan. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kedondong, Kecamatan Kedondong, Kabupaten Pesawaran selama 60 hari pada periode Januari-Maret 2016.

Persembahkan

Untuk Ayah dan Ibuku tercinta yang selalu mendoakan dan mendukungku dalam segala hal, terima kasih telah menjadi malaikat di dalam hidupku.

Untuk Ferdi Setiawan dan Fenny Dwi Lestari, abang dan kakakku tersayang yang sedang sama-sama berjuang demi masa depan. Semoga kita semua menjadi orang yang berguna bagi agama, nusa dan bangsa.

Untuk saudara dan kerabat yang telah memberikan dukungan dan doa.

Untuk semua guru-guru dan dosen-dosen yang telah mengajarkan banyak hal kepadaku. Terima kasih untuk ilmu, pengetahuan, dan pelajaran hidup yang sudah diberikan.

Untuk seseorang yang selalu sabar mendukungku (Hermawan Arbenta) terima kasih atas semua do'a dan motivasi yang diberikan.

Untuk "apalah-apalah" tersayang, terimakasih sudah mengizinkanmu hadir dalam hidup kalian dan sudah membuat suasana di kampus lebih ceria dengan kehadiran kalian.

Untuk teman-teman keluarga baruku, rekan seperjuanganku, Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2012. Kalian luar biasa. Harus cepat menyusul semuanya biar bisa sukses bareng-bareng biarpun di tempat yang berbeda-beda.

MOTO

Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum kecuali kaum itu sendiri yang mengubah apa yang ada pada diri mereka

(Q.S. Ar-Rad:11)

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.

(Q.S. Al-Insyirah:6)

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.

(Q.S. Al-Baqarah:286)

Keberhasilan ditentukan oleh 99% perbuatan dan hanya 1% pemikiran

(Albert Einstein)

Keberhasilan adalah kemampuan untuk melewati dan mengatasi dari suatu kegagalan ke kegagalan berikutnya tanpa kehilangan semangat

(Winston Churchill)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Analisa Stabilitas Lereng dengan Menggunakan Simplified Bishop Method Studi Kasus Kelongsoran Ruas Jalan Batas Kota Liwa-Simpang Gunung Kemala STA.263+650, Bukit Barisan Selatan, Lampung Barat*”. Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Atas terselesainya skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung;
2. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung;
3. Bapak Ir. Setyanto, M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan dalam proses penyelesaian skripsi ini;
4. Bapak Ir. Idharmahadi Adha, M.T., selaku Dosen Pembimbing 2 skripsi saya yang telah membimbing dalam proses penyusunan skripsi;
5. Ibu Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., selaku Dosen Penguji skripsi terimakasih untuk saran-saran dan masukan pada seminar terdahulu;

6. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku dosen pembimbing akademik;
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung atas ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan selama masa perkuliahan;
8. Ayahku Ahmad Fauzi dan Ibuku Sri Karwanti, terimakasih atas seluruh do'a, dukungan, dan motivasi yang selalu diberikan;
9. Abangku Ferdi Setiawan dan kakakku Fenny Dwi Lestari, yang telah membantu dan memberikan dukungan dengan caranya masing-masing;
10. Hermawan Arbenta, yang selalu memberikan semangat dan membantu dalam banyak hal;
11. Teman-teman seperjuanganku, Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2012 beserta seluruh kakak-kakak, dan adik-adik yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini;

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semoga Allah SWT melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua.

Bandar Lampung, September 2016

Penulis

Fita Ratna Tri Astuti

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Batasan Masalah	3
D. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Tanah.....	4
B. Klasifikasi Tanah... ..	5
1. Sistem Klasifikasi AASHTO... ..	6
2. <i>Unified Soil Classification System (USCS)</i>	9
C. Lereng dan Longsoran... ..	11
1. Lereng.....	11
2. Longsoran.....	12
3. Jenis-Jenis Kelongsoran... ..	17
D. Penelitian Terdahulu	19
E. Tegangan Efektif.....	22
F. Kuat Geser Tanah... ..	23
1. Definisi dan Teori Kuat Geser Tanah... ..	23
2. Uji Geser Langsung	25
3. Uji <i>Triaxial</i>	26
G. Metode Analisa Kestabilan Lereng.....	29
1. Analisa Kestabilan Lereng... ..	29
2. Teori Analisis Kestabilan Lereng.....	31
3. Metode <i>Bishop</i> yang Disederhanakan... ..	32

4. Diagram <i>Taylor</i>	38
H. Faktor yang Mempengaruhi Perhitungan Stabilitas Lereng....	41
I. Perbaikan Stabilitas Lereng....	41
III. METODE PENELITIAN	
A. Lokasi Penelitian	44
B. Metode Pengumpulan Data.....	45
C. Pelaksanaan Pengujian di Laboratorium.....	45
D. Bagan Alir Penelitian.....	46
IV. PEMBAHASAN	
A. Deskripsi Tanah....	47
B. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah.....	48
C. Karakteristik Lereng....	50
D. Potongan Lereng Tinjauan....	51
E. Analisis Stabilitas Lereng dengan <i>Simplified Bishop Method</i>	54
F. Kontrol Faktor Aman dengan Menggunakan Diagram <i>Taylor</i>	76
G. Hasil Analisis Stabilitas Lereng dengan <i>Simplified Bishop Method</i> dan Diagram <i>Taylor</i>	84
H. Perbandingan Analisis Stabilitas Lereng dengan <i>Simplified Bishop Method</i> , Diagram <i>Taylor</i> , dan Program <i>Plaxis V.8.2</i>	86
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan....	88
B. Saran....	91

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Lereng	12
2. Kelongsoran Lereng	13
3. Longsoran Runtuhan	18
4. Longsoran Pengelupasan.....	18
5. Longsoran Aliran Tanah	19
6. Alat Uji Geser Langsung.....	26
7. Alat Uji <i>Triaxial</i>	28
8. Gaya-gaya yang Bekerja Pada Irisan	34
9. Diagram untuk Menentukan M.....	37
10. Contoh Kontur Faktor Aman	38
11. Analisis Stabilitas Lereng Tanah dengan >0	39
12. Diagram Stabilitas Lereng Untuk Tanah dengan > 0	41
13. Memperkecil kemiringan lereng... ..	42
14. Menurunkan muka air tanah.....	42
15. Penanaman Tiang... ..	43
16. Peta lokasi penelitian.....	44
17. Diagram alir... ..	46
18. Pengambilan Sampel Tanah.....	47
19. Kelongsoran Lereng... ..	51

20. Kontur Lokasi Penelitian.....	52
21. Potongan Melintang Lereng Kondisi <i>Submerged</i>	52
22. Potongan Melintang Lereng Kondisi Jenuh Sebagian... ..	53
23. Potongan Melintang Lereng Kondisi Jenuh Air.....	53
24. Lereng dengan 8 Pias... ..	54
25. Pembagian Irisan STA.263+650... ..	55
26. Pembagian Irisan STA.264+600... ..	63
27. Pembagian Irisan STA.265+100... ..	70
28. Diagram Stabilitas Lereng untuk Tanah dengan $\gamma > 0$	76

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO	8
2. Klasifikasi Tanah berdasarkan USCS	10
3. Bagian-Bagian Longsoran.....	15
4. Hubungan Faktor Keamanan dan Parameter Geser Tanah	20
5. Hasil Pengujian Laboratorium	21
6. Deskripsi Tanah Lereng	48
7. Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Sampel Tanah	50
8. Tinggi dan Sudut Irisan.....	56
9. Perhitungan Kondisi Tanah <i>Submerged</i> STA.263+650.....	59
10. Perhitungan Kondisi Tanah Jenuh Sebagian STA.263+650.....	60
11. Perhitungan Kondisi Tanah Jenuh Penuh STA.263+650.....	61
12. Hasil Pengujian Tanah STA.264+600	62
13. Perhitungan Kondisi Tanah <i>Submerged</i> STA.264+600.....	66
14. Perhitungan Kondisi Tanah Jenuh Sebagian STA.264+600.....	67
15. Perhitungan Kondisi Tanah Jenuh Penuh STA.264+600.....	68
16. Hasil Pengujian Tanah STA.265+100	69
17. Perhitungan Kondisi Tanah <i>Submerged</i> STA.265+100.....	73
18. Perhitungan Kondisi Tanah Jenuh Sebagian STA.265+100.....	74
19. Perhitungan Kondisi Tanah Jenuh Penuh STA.265+100.....	75

20. Resume Faktor Aman <i>Simplified Bishop Method</i> dan Diagram <i>Taylor</i>	84
21. Perbandingan Hasil Faktor Aman dengan Program <i>Plaxis V.8.2</i>	86

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Lereng merupakan bagian dari permukaan bumi yang memiliki sudut kemiringan tertentu dengan bidang datar (horizontal). Lereng dapat terjadi secara alami ataupun karena buatan manusia dengan tujuan tertentu. Karena memiliki dataran yang tinggi, banyak orang memanfaatkan lereng sebagai lahan untuk bercocok tanam ataupun untuk membangun rumah sebagai tempat tinggal. Akan tetapi, jika berbicara mengenai dataran tinggi atau lereng maka ada hal-hal yang harus diperhitungkan dalam bidang Geoteknik yaitu longsor.

Longsor merupakan bencana alam yang kerap kali terjadi di Indonesia. Bencana tanah longsor adalah salah satu bencana alam yang mengakibatkan kerugian harta benda maupun korban jiwa, serta menimbulkan kerusakan sarana dan prasarana transportasi. Kelongsoran lereng biasanya terjadi pada saat musim hujan dikarenakan terjadinya peningkatan air pori pada lereng.

Seperti yang terjadi di ruas jalan batas Kota Liwa–Simpang Gunung Kemala, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. Sepanjang jalan ini terdapat jurang dan tebing yang cukup curam sehingga sering terjadi longsor pada saat

musim penghujan. Hujan deras yang mengguyur sebagian besar wilayah Taman Nasional Bukit Barisan Selatan ini mengakibatkan jurang di tepi ruas jalan mengalami kelongsoran dan mengikis sebagian bahu jalan. Jalan ini merupakan jalan lintas yang selalu dilewati oleh banyak kendaraan, sehingga diperlukan analisa stabilitas lereng untuk mengetahui faktor keamanan dari lereng yang mengalami kelongsoran tersebut.

Analisa stabilitas lereng memiliki peranan yang penting dalam perencanaan konstruksi bangunan maupun jalan raya. Analisa stabilitas lereng yang berada pada ruas ruas jalan batas Kota Liwa–Simpang Gunung Kemala STA.263+650 ini dihitung dengan menggunakan *simplified bishop method*. Perhitungan dengan menggunakan *simplified Bishop method* merupakan salah satu perhitungan analisa stabilitas lereng yang efektif dan sudah umum digunakan. Selain itu, perhitungan dengan menggunakan metode ini juga cukup sederhana, cepat, dan memberikan hasil yang cukup teliti.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan dalam latar belakang maka dapat dirumuskan sebuah permasalahan yaitu, berapakah faktor aman stabilitas lereng yang berada pada ruas ruas jalan batas Kota Liwa–Simpang Gunung Kemala dengan titik yang ditinjau adalah STA.263+650, STA.264+600, dan STA.265+100, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan, dengan menggunakan *simplified bishop method*?

C. Batasan Masalah

Pada penelitian ini digunakan batasan-batasan masalah agar penelitian yang dilakukan menjadi lebih spesifik dan tidak meluas dari topik yang akan dibahas. Batasan-batasan masalah tersebut, antara lain:

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada daerah longsor yaitu pada ruas jalan batas Kota Liwa–Simpang Gunung Kemala STA.263+650, STA.264+600, dan STA.265+100, Taman Nasional Bukit Barisan Selatan, Lampung Barat.
2. Perhitungan stabilitas lereng dilakukan hanya menggunakan *simplified bishop method* yang dikontrol dengan menggunakan diagram *Taylor*.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat:

1. Memberikan masukan bagi perencana yang ingin melakukan pembangunan di daerah lereng yang akan ditinjau.
2. Mengetahui faktor aman dari lereng yang ditinjau.
3. Menambah pengetahuan dan referensi yang berguna untuk penelitian selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat dan butiran mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk menjadi berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995 : 1).

Tanah terbentuk dari terjadinya pelapukan batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat proses mekanis dan kimia. Pelapukan mekanis disebabkan oleh memuai dan menyusutnya batuan akibat perubahan panas dan dingin secara terus menerus yang akhirnya menyebabkan hancurnya batuan tersebut. Tiga bagian yang membentuk tanah, yaitu udara, air, dan partikel-partikel tanah itu sendiri kemudian membentuk suatu gumpalan yang mempunyai massa total tanah.

Craig (1989 : 72) menjelaskan bahwa tanah dapat divisualisasikan sebagai suatu partikel padat tanah (*solid skeleton*) yang membatasi pori-pori yang mengandung air maupun udara. Volume kerangka tanah secara keseluruhan dapat berubah akibat penyusunan kembali partikel-partikel padat pada

posisinya yang baru, terutama dengan cara menggelinding dan menggelincir yang menyebabkan terjadinya perubahan gaya-gaya yang bekerja di antara partikel-partikel tanah. Pada tanah jenuh, pengurangan volume hanya terjadi bila sebagian airnya dapat melepaskan diri dan ke luar dari pori-pori. Pada tanah kering atau tanah jenuh sebagian, pengurangan volume selalu mungkin terjadi akibat kompresi udara dalam pori-pori, dan terdapat suatu ruang kembali partikel tanah.

B. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995 : 64).

Jenis dan sifat tanah yang sangat bervariasi ditentukan oleh perbandingan banyak fraksi-fraksi (kerikil, pasir, lanau dan lempung), sifat plastisitas butir halus. Klasifikasi bertujuan untuk membagi tanah menjadi beberapa golongan tanah dengan kondisi dan sifat yang serupa diberi simbol nama yang sama.

Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastis. Ada dua buah sistem klasifikasi tanah yang biasa digunakan, yaitu Sistem Klasifikasi AASHTO dan Sistem Klasifikasi USCS.

1. Sistem Klasifikasi AASTHO

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). Sistem klasifikasi ini bertujuan untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*sub-base*) dan tanah dasar (*subgrade*).

Sistem ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut :

a. Ukuran butir

Kerikil : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 75 mm dan tertahan pada saringan diameter 2 mm (No.10).

Pasir : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 2 mm dan tertahan pada saringan diameter 0,0075 mm (No.200).

Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 0,0075 mm (No.200).

b. Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai Indeks Plastisitas (IP) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih.

- c. Apabila ditemukan batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) dalam contoh tanah yang akan diuji maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentasi dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Sistem klasifikasi AASHTO membagi ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah berbutir yang 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No.200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-1, A-2, dan A-3. Tanah berbutir yang lebih dari 35% butiran tanah tersebut lolos ayakan No.200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung.

Untuk mengklasifikasikan tanah, maka data yang didapat dari pengujian laboratorium dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam Tabel 1. Kelompok tanah dari sebelah kiri adalah kelompok tanah baik dalam menahan beban roda, juga baik untuk lapisan dasar tanah jalan. Sedangkan semakin ke kanan kualitasnya semakin berkurang.

Tabel 1. Sistem Klasifikasi Tanah berdasarkan AASHTO

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

2. *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. Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50% fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$	
	Pasir 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair 50%	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)	
			OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
		Lanau dan lempung batas cair 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 : Hary Christady, 1996.

C. Lereng dan Longsoran

1. Lereng

Lereng merupakan bagian dari permukaan bumi yang memiliki sudut kemiringan tertentu dengan bidang datar (horizontal). Lereng dapat terjadi secara alami ataupun karena buatan manusia dengan tujuan tertentu. Wesley (1977) membagi lereng menjadi 3 macam ditinjau dari segi terbentuknya, yaitu :

- a. Lereng alam, yaitu lereng yang berbentuk karena peristiwa alam, misalnya lereng suatu bukit.
- b. Lereng yang dibuat dari tanah asli, misalnya tanah yang dipotong untuk pembuatan jalan atau saluran air untuk irigasi.
- c. Lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan, misalnya tanggul untuk jalan atau bendungan tanah.

Lereng buatan dibuat karena adanya persyaratan perubahan ketinggian guna keperluan proyek yang telah ditetapkan, misalnya pembuatan gedung, lapangan udara, dan juga jalan raya (Herianto, 1983).

Gaya-gaya yang bekerja pada lereng dapat menyebabkan stabilitas tanah terganggu. Apabila tahanan geser tanah lebih kecil dari tegangan geser yang terjadi, maka akan terjadi longsoran tanah.



Gambar 1. Lereng

Perbedaan elevasi pada permukaan tanah seperti lereng dapat mengakibatkan pergerakan massa tanah dari bidang dengan elevasi yang tinggi menuju bidang dengan elevasi yang lebih rendah, pergerakan ini diakibatkan oleh gravitasi. Pergerakan massa tanah tersebut juga dapat dipengaruhi oleh air dan gaya gempa. Pergerakan atau gaya tersebut akan menghasilkan tegangan geser yang berfungsi sebagai gaya penahan dan apabila berat massa tanah yang bekerja sebagai gaya pendorong itu lebih besar dari tegangan geser tersebut maka akan mengakibatkan kelongsoran.

2. Longsoran

Tanah longsor (longsoran) adalah pergerakan massa tanah atau batuan ke arah miring, mendatar, atau vertikal pada salah satu lereng. Longsor terjadi karena terganggunya keseimbangan lereng akibat pengaruh gaya-

gaya yang berasal dari dalam lereng seperti gaya gravitasi bumi, tekanan air pori dalam tanah atau lereng, dan gaya dari luar lereng seperti getaran kendaraan dan pembebanan kendaraan.



Gambar 2. Kelongsoran Lereng

Terzaghi (1950, dalam Hardiyatmo, 2003 : 326) membagi penyebab longsor lereng terdiri dari akibat pengaruh dalam (*internal effect*) dan pengaruh luar (*external effect*). Pengaruh luar, yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geser dengan tanpa adanya perubahan kuat geser tanah. Contohnya, akibat perbuatan manusia mempertajam kemiringan tebing atau memperdalam galian tanah dan erosi sungai. Pengaruh dalam, yaitu longsor yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi. Contoh yang umum untuk kondisi ini adalah pengaruh bertambahnya tekanan air pori di dalam lereng.

Kelongsoran lereng alam dapat terjadi dari hal-hal sebagai berikut (Hardiyatmo, 2007 : 327):

1. Penambahan beban pada lereng.
2. Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng.
3. Penggalian yang mempertajam kemiringan lereng.
4. Perubahan posisi muka air secara cepat (*rapid drawdown*).
5. Kenaikan tekanan lateral oleh air (air yang mengisi retakan akan mendorong tanah ke arah lateral).
6. Gempa bumi.
7. Penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng oleh akibat kenaikan kadar air, kenaikan tekanan air pori, tekanan rembesan oleh genangan air di dalam tanah, tanah pada lereng mengandung lempung yang mudah kembang susut dan lain-lain.

Aktivitas manusia yang memicu terjadinya longsoran pada umumnya berkaitan dengan pekerjaan konstruksi dan kegiatan yang merubah sudut kemiringan lereng serta kondisi air permukaan juga air tanah. Perubahan sudut kemiringan lereng antara lain disebabkan oleh kegiatan pertanian, galian dan timbunan untuk konstruksi jalan raya, konstruksi gedung, konstruksi jalan raya, serta operasi tambang terbuka. Apabila aktivitas- aktivitas tersebut dikerjakan atau dirancang dengan sembarangan maka longsoran dapat terjadi karena beban yang bekerja pada lereng melebihi tahanan geser yang dimiliki oleh lereng.

Bagian-bagian longsoran menurut Varnes (1978, dalam Karnawati, 2001, dalam Widiyanto, 2005 : 10) ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 3. Bagian-Bagian Longsoran

No.	Nama	Definisi
1.	Mahkota longsoran	Daerah yang tidak bergerak dan berdekatan dengan bagian tertinggi dari tebing utama longsoran (<i>main scrap</i>).
2.	Tebing utama longsoran (<i>main scrap</i>)	Permukaan lereng yang curam pada tanah yang tidak terganggu dan terletak pada bagian atas dari longsoran.
3.	Puncak longsoran (<i>top</i>)	Titik tertinggi terletak di antara kontak material yang bergerak / pindah (<i>displaced material</i>) dengan tebing utama longsoran (<i>main scrap</i>).
4.	Kepala longsoran (<i>head</i>)	Bagian atas dari longsoran sepanjang kontak antara material yang bergerak / pindah (<i>displaced material</i>) dengan tebing utama longsoran (<i>main scrap</i>).
5.	Tebing minor (<i>minor scrap</i>)	Permukaan yang curam pada material yang bergerak / pindah (<i>displaced material</i>) dengan tebing utama longsoran (<i>main scrap</i>).
6.	Tubuh utama (<i>main scrap</i>)	Bagian longsoran pada material yang bergerak / pindah (<i>displaced material</i>) yang merupakan bidang kontak antara bidang gelincir (<i>surface of rupture</i>), tebing utama longsoran dan jari permukaan / bidang gelincir.
7.	Kaki longsoran (<i>foot</i>)	Bagian dari longsoran yang bergerak mulai dari jari bidang gelincir dan bersentuhan dengan permukaan tanah asli.

No.	Nama	Definisi
8.	Ujung longsoran (<i>tip</i>)	Titik pada jari kaki longsoran yang letaknya paling jauh dari puncak longsoran (<i>top</i>).
9.	Jari kaki longsoran (<i>toe</i>)	Bagian paling bawah longsoran yang biasanya berbentuk lengkung (kurva) yang berasal dari material longsoran yang bergerak / berpindah (<i>displaced material</i>) letaknya paling jauh dari tebing
10.	Permukaan / bidang gelincir (<i>surface of rupture</i>)	Permukaan yang dibentuk oleh batas bawah material yang bergerak / pindah di bawah permukaan tanah asli.
11.	Jari dari permukaan / bidang gelincir (<i>toe of surface of rupture</i>)	Bidang kontak antara bagian bawah dari permukaan / bidang gelincir longsoran dengan tanah asli.
12.	Permukaan pemisah (<i>surface of separation</i>)	Bagian dari permukaan tanah asli yang bersentuhan dengan kaki longsoran.
13.	Material yang bergerak / pindah (<i>displaced material</i>)	Material yang bergerak dari posisi asli yang digerakkan oleh longsoran yang dibentuk oleh massa yang tertekan (<i>depleted mass</i>) dan akumulasi massa (<i>accumulation</i>).
14.	Daerah yang tertekan (<i>zone of depletion</i>)	Daerah longsoran yang terdapat di dalam material yang bergerak / pindah (<i>displaced material</i>) dan terletak di bawah permukaan tanah asli (<i>original ground surface</i>)
15.	Daerah akumulasi (<i>zone of accumulation</i>)	Daerah longsoran yang terdapat terdapat di dalam material yang bergerak / pindah (<i>displaced material</i>) dan terletak di bawah permukaan tanah asli (<i>original ground surface</i>).
16.	Penekanan (<i>depletion</i>)	Volume yang terbentuk oleh tebing utama longsoran (<i>main scrap</i>), massa yang tertekan (<i>depleted mass</i>) dan permukaan tanah asli.

No.	Nama	Definisi
17.	Massa yang tertekan (<i>depleted mass</i>)	Volume dari material yang bergerak / pindah (<i>displaced material</i>) yang bersentuhan dengan permukaan / bidang gelincir tetapi berada di bawah permukaan tanah
18.	Akumulasi (<i>accumulation</i>)	Volume dari material yang bergerak / pindah (<i>displaced material</i>) yang terletak di atas permukaan tanah asli.
19.	Sayap (<i>flange</i>)	Material yang tidak mengalami pergerakan yang berdekatan dengan sisi samping permukaan / bidang gelincir.
20.	Permukaan tanah asli (<i>original ground surface</i>)	Permukaan lereng sebelum terjadi longsor.

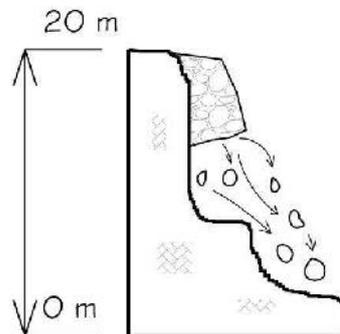
3. Jenis-Jenis Longsor

Kelongsoran lereng bisa terdiri dari berbagai proses dan faktor-faktor yang memicunya. Misalnya, hal ini bisa dibedakan berdasarkan bentuk dari kelongsoran, jenis material longsor dan umur atau tahap perkembangan tanah. Pemahaman terhadap jenis-jenis gerakan lereng adalah sangat penting karena menentukan metode analisa kestabilan yang paling tepat dan faktor-faktor apa yang perlu diketahui untuk melakukan perhitungan. Berikut ini merupakan jenis-jenis longsor pada lereng:

a. Runtuhan (*Falls*)

Sejumlah masa tanah yang jatuh terlepas dari lereng yang curam dan tidak ada gaya yang menahan pada saat geseran dengan

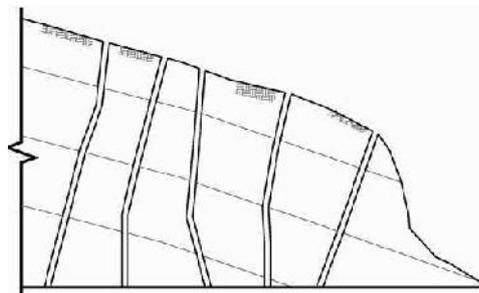
material yang berbatasan. Pada jenis runtuh bebatuan umumnya terjadi dengan cepat dan hampir tidak didahului oleh gerakan awal.



Gambar 3. Longsor Runtuhan

b. Pengelupasan (*Topples*)

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.



Gambar 4. Longsor Pengelupasan

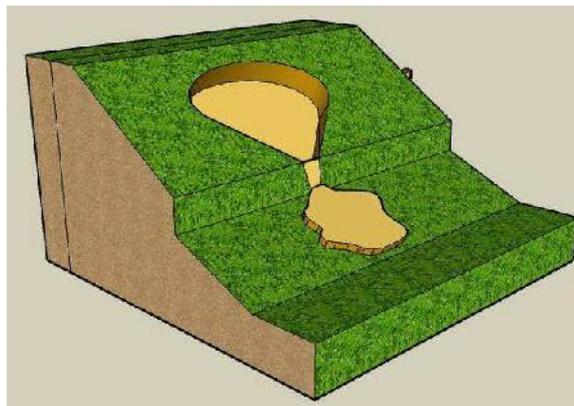
c. Longsor (*Slide*)

Dalam longsor, gerakan ini terdiri dari peregangan secara geser dan peralihan sepanjang suatu bidang atau beberapa bidang gelincir yang dapat nampak secara visual. Gerakan dapat bersifat progresif yang berarti bahwa keruntuhan geser tidak terjadi seketika pada seluruh bidang gelincir melainkan merambat dari suatu titik. Massa yang bergerak menggelincir di atas lapisan batuan/tanah asli dan

terjadi pemisahan (separasi) dari kedudukan semula. Sifat gerakan biasanya lambat sampai amat lambat.

d. Aliran Tanah (*Flows*)

Jenis gerakan tanah ini tidak dapat dimasukkan ke dalam katagori di atas karena merupakan fonomena yang berbeda. Pada umumnya jenis gerakan tanah ini terjadi pada kondisi tanah yang amat sensitif atau sebagai akibat daripada gempa. Bidang gelincir terjadi karena gangguan mendadak dan gerakan tanah yang terjadi umumnya bersifat cepat tetapi dapat juga lambat misalnya pada rayapan (*creep*).



Gambar 5. Longsoran Aliran Tanah

D. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan antara lain:

1. Novalia (2009), Analisis Stabilitas Lereng dengan *Simplified Bishop Method* dan Janbu Menggunakan Program *Mathcad*.

Hasil perhitungan faktor keamanan dengan perangkat lunak *Mathcad* dengan Metode Bishop adalah 2,27, sedangkan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* adalah 2,28. Perhitungan faktor kermanan

menggunakan perangkat lunak *Mathcad* dan *Microsoft Excel* dengan Metode Janbu adalah 1,727. Dengan melihat hasil perhitungan nilai faktor keamanan sebuah lereng dengan program *Mathcad* yang telah dilakukan pada contoh kasus yang digunakan, dapat dikatakan program ini sudah dapat digunakan untuk analisis stabilitas lereng.

2. Rajagukguk, dkk (2014), Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland sta. 1000m)

Analisis kestabilan lereng didapat berdasarkan nilai faktor keamanan dari suatu lereng menggunakan program *Rosciense Slide 6.0. Soil properties* didapat dari hasil geser langsung.

Tabel 4. Hubungan Antara Faktor Kemanan dan Parameter Geser Tanah

c	α			
	60°	54°	49°	43°
0,3	1,099	1,366	1,666	1,965
0,5	1,48	1,91	2,369	2,814
0,7	1,866	2,463	3,075	3,664
0,9	2,258	3,021	3,785	4,516

Hasil dari analisis kestabilan lereng yang berada di kawasan Citraland dapat dilihat bahwa kondisi lereng dalam keadaan kritis yang mana nilai faktor keamanannya adalah 1,099. Dengan kondisi kritis tersebut perlu diadakan perbaikan lereng diantaranya menggunakan *End Anchored* yang mempunyai tujuan untuk memperkecil momen penyebab longsor.

3. Arrozi, dkk (2015), Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Pengaruh Hujan Bulanan Maksimum di DAS Tirtomoyo Wonogiri Menggunakan Metode *Bishop* yang Disederhanakan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh hujan bulanan

maksimum terhadap stabilitas lereng di Dusun Pagah, Hargantoro, Tirtomoyo, Wonogiri dengan beberapa variasi kemiringan (30° , 45° , dan 60°) dengan tutupan lahan eksisting berupa hutan, ladang, dan lahan kosong. Sampel tanah dari lokasi penelitian diuji untuk mengetahui parameter tanah yang dibutuhkan dalam analisa stabilitas lereng (ϕ , c , dan γ). Analisis stabilitas lereng menggunakan metode Bishop yang disederhanakan. Analisis infiltrasi air hujan (November-April) pada kurun waktu 2007-2011. Infiltrasi air hujan akan menyebabkan berat volume tanah menjadi bertambah sehingga beban lereng menjadi bertambah.

Tabel 5. Hasil Pengujian Laboratorium

Parameter Tanah	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Ssampel 3
Wn	%	46,60	47,29	41,97
b	kN/m^3	16,81	16,60	16,56
Gs	-	2,48	2,59	2,61
Gravel	%	1,82	0,33	0,18
Sand	%	45,82	40,58	40,72
Silt	%	35,41	39,88	30,31
Clay	%	16,96	19,21	28,79
LL	%	55,24	60,94	57,50
PL	%	32,69	32,12	21,23
IP	%	22,55	28,82	36,28
Klasifikasi Tanah	-	MH	MH	MH
c	kg/cm^2	0,034	0,2138	0
	\dots°	20,30	15,35	26,87

Hasil analisis menunjukkan bahwa infiltrasi berpengaruh terhadap penurunan nilai SF. Kemiringan 30° dari 2,7233 menjadi 2,1885, kemiringan 45° dari 1,5485 menjadi 1,2329, dan kemiringan 60° dari 1,2877 menjadi 0,8655.

E. Tegangan Efektif

Craig (1989 : 72) menjelaskan bahwa tanah dapat divisualisasikan sebagai suatu partikel padat tanah (*solid skeleton*) yang membatasi pori-pori yang mengandung air maupun udara. Volume kerangka tanah secara keseluruhan dapat berubah akibat penyusunan kembali partikel-partikel padat pada posisinya yang baru, terutama dengan cara menggelinding dan menggelincir yang menyebabkan terjadinya perubahan gaya-gaya yang bekerja di antara partikel-partikel tanah. Pada tanah jenuh, pengurangan volume hanya terjadi bila sebagian airnya dapat melepaskan diri dan ke luar dari pori-pori. Pada tanah kering atau tanah jenuh sebagian, pengurangan volume selalu mungkin terjadi akibat kompresi udara dalam pori-pori, dan terdapat suatu ruang kembali partikel tanah.

Tegangan geser dapat ditahan oleh partikel padat tanah dengan memanfaatkan gaya-gaya yang timbul karena persinggungan antar partikel. Tegangan normal ditahan oleh gaya-gaya antar partikel pada kerangka tanah. Jika tanah dalam kondisi sempurna, air pori akan naik menahan tegangan normal.

Terzaghi (1923, dalam Carig, 1989 : 72) mengemukakan prinsip tegangan efektif yang didasarkan pada data hasil percobaan. Prinsip tersebut hanya berlaku untuk tanah jenuh sempurna. Tegangan-tegangan yang berhubungan dengan prinsip tersebut adalah :

- a. Tegangan normal total (σ) pada bidang di dalam tanah, yaitu gaya per satuan luas yang ditransmisikan pada arah normal bidang, dengan menganggap bahwa tanah adalah material pada saja (fase tunggal).
- b. Tekanan air pori (u), yaitu tekanan air pengisi pori-pori di antara partikel-partikel padat.
- c. Tegangan normal efektif (σ') pada bidang, yang mewakili tegangan yang dijajarkan hanya melalui kerangka tanah saja.

Hubungan dari ketiga tegangan di atas adalah sebagai berikut :

$$\sigma = \sigma' + u \dots\dots\dots(1)$$

F. Kuat Geser Tanah

1. Definisi dan Teori Kuat Geser Tanah

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis-analisis kapasitas daya dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan tanah. Menurut teori Mohr (1910, dalam Hardiyatmo, 2002 : 283) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser dinyatakan dalam persamaan:

$$\tau = f(\sigma) \dots\dots\dots(2)$$

dengan, τ adalah tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan (*failure*) dan σ adalah tegangan normal pada saat kondisi tersebut.

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Coulomb (1776, dalam Hardiyatmo, 2002 : 283) mendefinisikan $f(\sigma)$ sebagai:

$$f = c + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots(3)$$

dengan:

f = kuat geser tanah (kN/m²)

c = kohesi tanah(kN/m²)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²)

ϕ = sudut gesek dalam tanah (derajat)

Tegangan-tegangan efektif yang terjadi di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh tekanan air pori. Oleh sebab itu, Terzaghi (1925, dalam Hardiyatmo, 2002 : 284) mengubah persamaan Coulomb dalam bentuk tegangan efektif sebagai berikut:

$$f = c' + (\sigma - u) \tan \phi' \dots\dots\dots(4)$$

$$f = c' + \sigma' \tan \phi' \dots\dots\dots(5)$$

dengan:

f = kuat geser tanah (kN/m²)

c' = kohesi tanah efektif (kN/m²)

σ' = tegangan normal efektif (kN/m²)

ϕ' = sudut gesek dalam tanah efektif (derajat)

u = tekanan air pori (kN/m²)

Parameter-parameter kekuatan gesek untuk suatu tanah tertentu dapat ditentukan dari hasil-hasil pengujian laboratorium pada contoh-contoh tanah lapangan (*in-situ soil*) yang mewakili. Diperlukan ketelitian dan

perhatian yang besar terhadap proses pengambilan contoh, penyimpanan contoh, dan perawatan contoh sebelum pengujian, terutama untuk contoh tidak terganggu (*undisturbed*), dimana struktur tanah di lapangan dan kadar airnya harus dipertahankan.

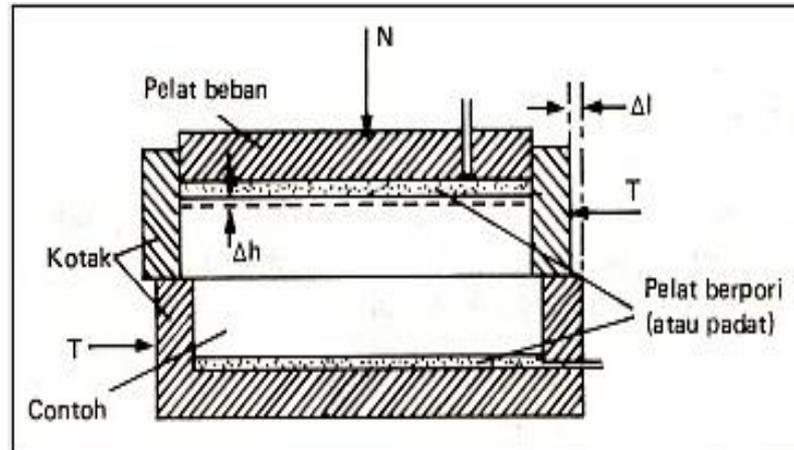
2. Uji Geser Langsung

Kekuatan geser suatu tanah dapat didefinisikan sebagai tahanan maksimum dari tanah terhadap tegangan geser di bawah suatu kondisi yang diberikan. Kondisi yang diberikan adalah jika tanah mengalami tekanan akibat dari beban di atasnya, tekanan yang terjadi mempunyai hubungan dengan sifat-sifat drainase tanah (Afriani, 2014 : 37).

Kuat geser tanah ditentukan dari uji-uji yang telah dilakukan di laboratorium pada benda uji yang diambil dari lapangan, yaitu dari hasil pengeboran tanah yang dianggap mewakili. Menurut Hardiyatmo (2002 : 288), faktor yang mempengaruhi kuat geser tanah yang diuji di laboratorium, adalah:

1. Kandungan mineral dari butiran tanah.
2. Bentuk partikel.
3. Angka pori dan kadar air.
4. Sejarah tegangan yang pernah dialami.
5. Tegangan yang ada di lokasi.
6. Perubahan tegangan selama pengambilan contoh dari dalam tanah.
7. Tegangan yang dibebankan sebelum pengujian.
8. Kecepatan pembebanan.
9. Cara pengujian.

10. Kondisi drainase yang dipilih, drainase terbuka (*drained*) atau drainase tertutup (*undrained*).



Gambar 6. Alat Uji Geser Langsung

Alat uji geser langsung dapat berbentuk bujur sangkar. Kotak pengujian bentuknya dapat bervariasi, dari yang luasnya $100 \times 100 \text{ mm}^2$ sampai dengan luas $300 \times 300 \text{ mm}^2$. Kotak geser dengan ukuran yang besar digunakan untuk uji tanah dengan butiran yang berdiameter lebih besar.

Uji geser langsung biasanya dilakukan beberapa kali pada sebuah contoh tanah dengan nilai tegangan normal yang berbeda-beda. Menurut Afriani (2014 : 44), kekuatan geser tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut persatuan luas terhadap keruntuhan sepanjang bidang geser dalam tanah.

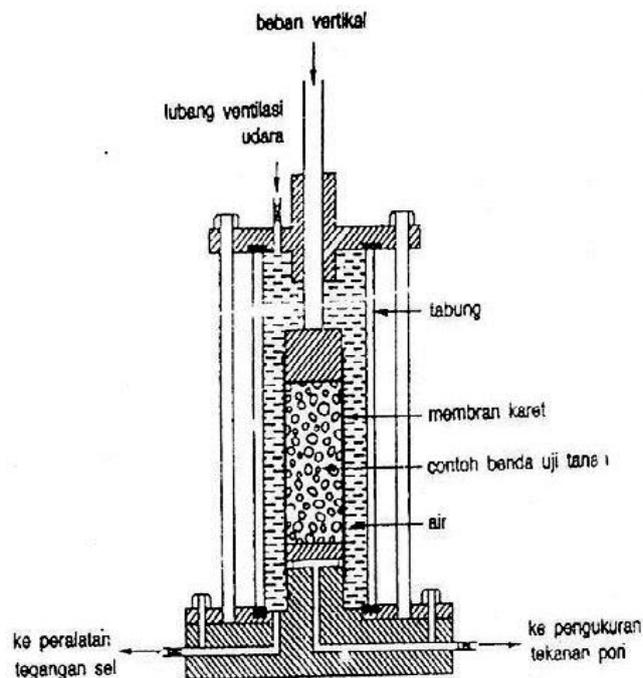
3. Uji *Triaxial*

Diagram skematik dari pengujian triaksial dapat dilihat pada **Gambar 7**.

Pada pengujian ini, dapat digunakan tanah benda uji dengan diameter kira-kira 3,60 cm dan tinggi 7,65 cm.

Pengujian geser triaksial di lakukan terhadap sampel–sampel tanah berbentuk silinder yang dibungkus dengan membran yang fleksibel. Sebuah sampel dibuat terkekang oleh tekanan dengan menempatkannya dalam suatu ruangan tekanan.

Kemudian diuji dengan menambah besarnya beban aksial sampai sampel tanah runtuh. Prosedur tersebut kemudian diulang terhadap sampel – sampel lainnya pada tekanan samping yang berbeda. Hasil pengujian diinterpretasikan pada penggambaran lingkaran Mohr bagi setiap sampel pada saat keruntuhan. Hal ini dapat dilakukan dengan menetapkan bahwa bidang horisontal dan vertikal adalah bidang – bidang utama di mana tegangan – tegangan utama adalah tekanan samping.



Gambar 7. Alat Uji *Triaxial*

Uji *triaxial* dapat dilakukan dengan menggunakan tiga cara:

1. Uji triaksial *Unconsolidated-Undrained* (tak terkonsolidasi-tak terdrainase) (UU).

Pada uji ini, benda uji yang umumnya berupa lempung dibebani dengan penerapan tegangan sel (tegangan kekang), kemudian dibebani dengan tegangan normal, melalui penerapan tegangan *deviator* () sampai mencapai keruntuhan. Pada penerapan tegangan deviator selama penggeseran, air tidak diizinkan keluar dari benda uji.

2. Uji triaksial *Consolidated-Undrained* (terkonsolidasi-tak terdrainase) (CU).

Pada uji ini, benda uji mula-mula dibebani dengan tegangan sel tertentu dengan mengizinkan air mengalir keluar benda uji sampai konsolidasi selesai. Tahap selanjutnya, tegangan *deviator* diterapkan dengan katup drainase dalam keadaan tertutup sampai benda uji mengalami keruntuhan.

3. Uji triaksial *Consolidated-Drained* (terkonsolidasi-terdrainase) (CD).

Pada uji ini, mula-mula tegangan sel tertentu diterapkan pada benda uji dengan katup drainase terbuka sampai konsolidasi selesai. Setelah itu, dengan katup drainase tetap terbuka, tegangan *deviator* diterapkan dengan kecepatan yang rendah sampai benda uji runtuh.

Pada uji kuat geser tanah, bila terdapat air di dalam tanah, maka pengaruh-pengaruh seperti jenis pengujian, permeabilitas, dan kadar air, akan sangat menentukan nilai-nilai kohesi (c) dan sudut gesek dalam ().

G. Metode Analisa Kestabilan Lereng

1. Analisa Kestabilan Lereng

Sebuah lereng dikatakan stabil apabila lereng tersebut tidak mengalami kelongsoran. Faktor-faktor yang menyebabkan ketidakstabilan lereng secara umum dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Faktor-faktor yang menyebabkan naiknya tegangan yaitu naiknya berat unit tanah karena pembasahan, adanya tambahan beban eksternal, bertambahnya kecuraman lereng karena erosi alami atau penggalian dan bekerjanya beban guncangan.
2. Faktor-faktor yang menyebabkan turunnya kekuatan, meliputi penyerapan air, kenaikan tekanan air pori, beban guncangan atau beban berulang, pengaruh pembekuan dan pencairan, hilangnya sementasi material, proses pelapukan dan regangan berlebihan pada lempung sensitif.

Secara garis besar, metode analisis kestabilan lereng dapat dibagi menjadi:

- 1 Metode pengamatan visual adalah cara dengan mengamati langsung di lapangan dengan membandingkan kondisi lereng yang bergerak atau diperkirakan bergerak dan yang yang tidak, cara ini memperkirakan lereng labil maupun stabil dengan memanfaatkan pengalaman di lapangan (Pangular, 1985 dalam Feriyansyah, 2013 : 44). Cara ini kurang teliti, tergantung dari pengalaman seseorang. Cara ini dipakai bila tidak ada resiko

longsor terjadi saat pengamatan. Cara ini mirip dengan memetakan indikasi gerakan tanah dalam suatu peta lereng.

2 Metode 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) meningkat 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 terjadi peningkatan air tanah.

3 Metode grafik adalah dengan menggunakan grafik yang sudah standar (Taylor, Hoek & Bray, Janbu, Cousins dan Morganstren). Cara ini dilakukan untuk material homogen dengan struktur sederhana. Material yang heterogen (terdiri atas berbagai lapisan) dapat didekati dengan penggunaan rumus (cara komputasi). Stereonet, misalnya diagram jaring Schmidt (*Schmidt Net Diagram*) dapat menjelaskan arah longsoran atau runtuhan batuan dengan cara mengukur *strike/dip* kekar-kekar (*joints*) dan *strike/dip* lapisan batuan.

2. Teori Analisis Kestabilan Lereng

Dalam prakteknya, analisis kestabilan lereng didasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (*limit plastic equilibrium*). Adapun maksud analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Dengan diketahuinya faktor keamanan memudahkan pekerjaan pembentukan atau perkuatan lereng untuk memastikan apakah lereng tersebut mempunyai resiko longsor atau cukup stabil. Dalam analisis stabilitas lereng, beberapa anggapan dibuat, yaitu (Hardiyatmo, 2003 : 329):

1. Kelongsoran lereng terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang 2 dimensi.
2. Massa tanah yang longsor dianggap sebagai benda masif.
3. Tahanan geser dari massa tanah pada setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor, atau dengan kata lain kuat geser tanah dianggap isotropis.
4. Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial, dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor. Jadi, kuat geser tanah mungkin terlampaui di titik-titik tertentu pada bidang longsornya, padahal faktor aman hasil hitungan lebih dari 1.

Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, atau:

$$F = \frac{\tau}{\tau d} \dots\dots\dots(6)$$

dengan τ adalah tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh tanah, d adalah tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor, dan F adalah faktor aman.

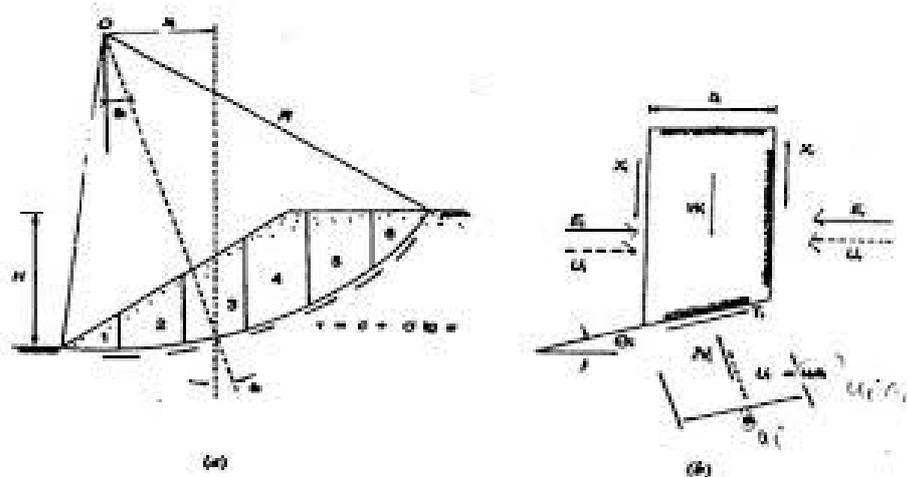
3. Metode Bishop Yang Disederhanakan (*Simplified Bishop Method*)

Metode Bishop disederhanakan (Bishop,1955 dalam Hardiyatmo, 2003 : 364) menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal. Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran.

Pada metode ini ada beberapa asumsi, diantaranya:

1. Pada metode ini keruntuhan diasumsikan akibat gerakan rotasi dari tanah tersebut yang mana keruntuhan tersebut berbentuk lingkaran. Metode ini tidak bisa digunakan untuk menghitung faktor keamanan dari sebuah keruntuhan yang tidak memiliki bidang keruntuhan berbentuk lingkaran.
2. Nilai dari gaya horisontal pada kedua sisi dapat diabaikan karena tidak diketahui nilainya dan sulit untuk dihitung.
3. Gaya normal yang bekerja diasumsikan bekerja ditengah bidang irisan dan diperoleh dengan menjumlahkan gaya-gaya dalam arah vertikal.

Dengan metode irisan, massa tanah yang longsor dipecah – pecah menjadi beberapa irisan vertical. Kemudian, keseimbangan dari tiap – tiap irisan diperhatikan. **Gambar 8** memperlihatkan satu irisan dengan gaya – gaya yang bekerja padanya. Gaya – gaya ini terdiri dari gaya geser (X_r dan X_l) dan gaya normal efektif (E_r dan E_l) di sepanjang sisi irisannya, dan juga resultan gaya geser efektif (T_i) dan resultan gaya normal efektif (N_i) yang bekerja di sepanjang dasar irisannya. Pada irisannya, tekanan air pori U_l dan U_r bekerja di kedua sisinya, dan tekanan air pori U_i bekerja pada dasarnya. Dianggap tekana air pori sudah diketahui sebelumnya.



Gambar 8. Gaya-Gaya yang Bekerja Pada Irisan

Persamaan kuat geser dalam tinjauan tegangan efektif yang dapat dikerahkan tanah, hingga tercapainya kondisi keseimbangan batas dengan memperhatikan faktor aman, adalah:

$$= \frac{c'}{F} + (\sigma - u) \frac{\tan \phi'}{F} \dots\dots\dots(7)$$

dengan σ adalah tegangan normal total pada bidang longsor dan u adalah tekanan air pori.

Untuk irisan ke i , nilai $T_i = \sigma_i a_i$, yaitu gaya geser yang dikerahkan tanah pada bidang longsor untuk keseimbangan batas. Karena itu:

$$T = \frac{c' a_i}{F} + (N_i - u_i a_i) \frac{tg \varphi'}{F} \dots\dots\dots(8)$$

Kondisi keseimbangan momen dengan pusat rotasi O antara berat massa tanah yang akan longsor dengan gaya geser total yang dikerahkan tanah pada dasar bidang longsor, dinyatakan oleh persamaan (**Gambar 8**):

$$W_i x_i = T_i R \dots\dots\dots(9)$$

dengan x_i adalah jarak W_i ke pusat titik rotasi O. Dari **Persamaan (7)** dan **(9)**, dapat diperoleh:

$$F = \frac{R \sum_{i=1}^{i=n} [c' a_i + (N_i - u_i a_i) tg \varphi']}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i X_i} \dots\dots\dots(10)$$

Pada kondisi keseimbangan vertikal, jika $X_j = X_i$ dan $X_r = X_{i+1}$:

$$N_i \cos \theta_i + T_i \sin \theta_i = W_i + X_i - X_{i+1}$$

$$N_i = \frac{W_i + X_i - X_{i+1} - T_i \sin \theta_i}{\cos \theta_i} \dots\dots\dots(11)$$

Dengan $N_i' = N_i - u_i a_i$, substitusi **Persamaan (8)** ke **Persamaan (11)**, dapat diperoleh persamaan:

$$N_i = \frac{W_i + X_i - X_{i+1} - u_i a_i \cos \theta_i - c' a_i \sin \theta_i / F}{\cos \theta_i + \sin \theta_i tg \varphi' / F} \dots\dots\dots(12)$$

Substitusi **Persamaan 12** ke **Persamaan 10**, diperoleh:

$$F = \frac{R \sum_{i=1}^{i=n} (c' a_i + tg \varphi' \frac{W_i + X_i - X_{i+1} - u_i a_i \cos \theta_i - c' a_i \sin \theta_i / F}{\cos \theta_i + \sin \theta_i tg \varphi' / F})}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i X_i} \dots\dots\dots(13)$$

Untuk penyederhanaan dianggap $X_i - X_{i+1} = 0$ dan dengan mengambil:

$$x_i = R \sin \theta_i \dots \dots \dots (14)$$

$$b_i = a_i \cos \theta_i \dots \dots \dots (15)$$

Substitusi **Persamaan (14)** dan **(15)** ke **Persamaan (13)**, diperoleh persamaan faktor aman:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c' b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \operatorname{tg} \theta_i \operatorname{tg} \phi' / F)} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \dots \dots \dots (16)$$

dengan:

F = faktor aman

c' = kohesi tanah efektif (kN/m^2)

ϕ' = sudut gesek dalam tanah efektif (derajat)

b_i = lebar irisan ke-i (m)

W_i = berat irisan tanah ke-i (kN)

θ_i = sudut yang didefinisikan dalam **Gambar 8** (derajat)

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

Rasio tekanan air pori (*pore pressure ratio*) didefinisikan sebagai:

$$r_u = \frac{ub}{W} = \frac{u}{\gamma h} \dots \dots \dots (17)$$

dengan:

r_u = rasio tekanan air pori

u = tekanan air pori (kN/m^2)

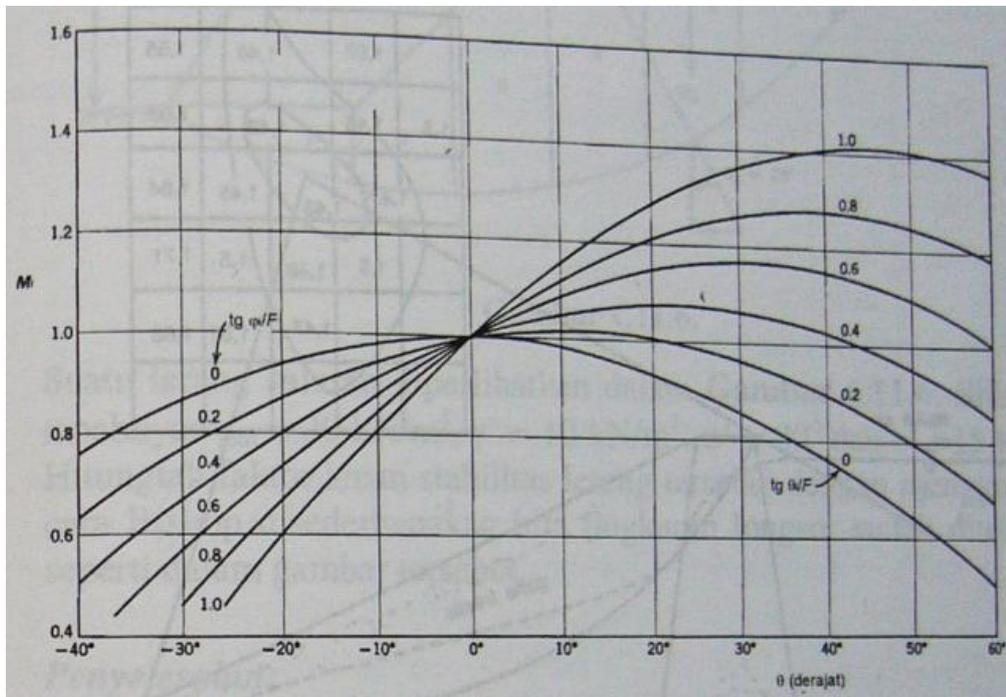
b = lebar irisan (m)

= berat volume tanah (kN/m^3)

h = tinggi irisan rata-rata (m)

Perhitungan nilai faktor aman dengan menggunakan *simplified bishop method* ini dibutuhkan cara coba-coba (trial and error), karena nilai faktor aman F nampak di kedua sisi persamaannya. Akan tetapi, cara ini telah terbukti menghasilkan nilai faktor aman yang mendekati hasil hitungan dengan cara lain yang lebih teliti. Untuk mempermudah hitungan secara manual, **Gambar 9** dapat digunakan untuk menentukan nilai fungsi M_i , dengan:

$$M_i = \cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \phi' / F) \dots \dots \dots (18)$$



Gambar 9. Diagram untuk Menentukan M

Maka, nilai faktor keamanan dalam metode ini dihitung dengan rumus:

$$F = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (W_1 + W_2) \sin \theta_i} \sum_{i=1}^n ([c' + (W_1 + W_2 - bu) \tan \phi'] \frac{1}{M_i}) \dots (19)$$

dengan:

$$W_1 = bh_1 = \text{berat tanah di atas muka air di saluran (kN)}$$

$W_2 = \gamma'bh_2$ = berat efektif tanah terendam di bawah muka air (kN)

b = lebar irisan arah horisontal (m)

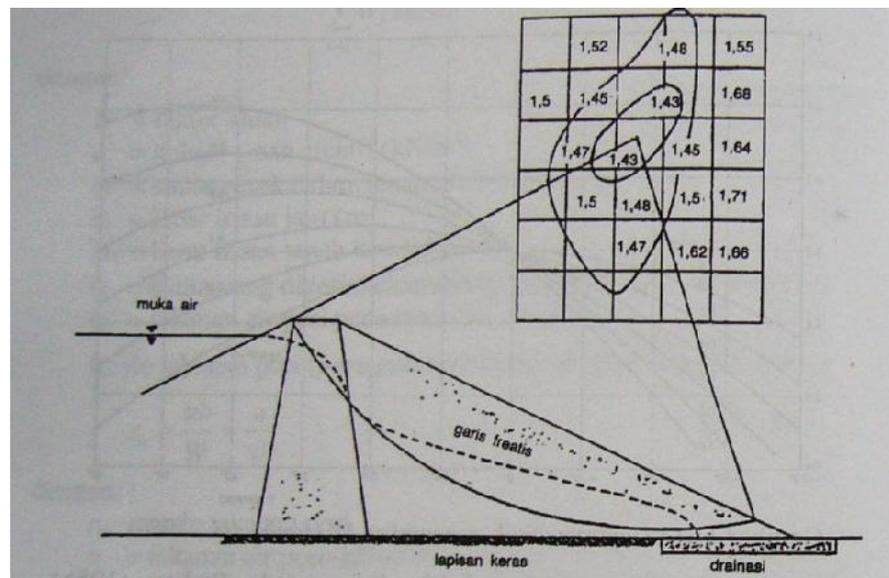
$u = h_w \gamma_w$ = tekanan air dihitung dari muka air saluran (m)

h_w = tinggi tekanan air rata-rata dalam irisan yang ditinjau (m).

Menentukan nilai faktor aman yang terkecil dari bidang longsor dengan pusat lingkaran pada titik tersebut, yaitu dengan cara mengubah jari-jari lingkarannya. Kemudian, setelah faktor aman terkecil pada tiap-tiap titik pada kotaknya diperoleh, digambarkan garis kontur yang menunjukkan tempat kedudukan dari titik-titik pusat lingkaran yang mempunyai faktor aman yang sama.

Gambar 10 menunjukkan contoh kontur-kontur faktor aman yang sama.

Dari kontur faktor aman tersebut dapat ditentukan letak kira-kira dari pusat lingkaran yang menghasilkan faktor aman terkecil.



Gambar 10. Contoh Kontur Faktor Aman

Suatu lereng tanah homogen, dengan kohesi c dan sudut gesek dalam ϕ , ditunjukkan dalam **Gambar 11**. Bagian lingkaran AB adalah bidang longsor yang dicoba melalui kaki lereng. Lingkaran bidang longsor berpusat di titik O dengan jari-jari R . gaya yang bekerja pada massa tanah yang akan longsor per meter lebar tegak lurus bidang gambar adalah:

1. Gaya berat $W = \text{luas } (ABC) \times \gamma \times 1 \dots \dots \dots (21)$

2. Komponen kohesi sepanjang lingkaran AB yang dapat dinyatakan oleh persamaan:

$$C_d = c_d \times (\text{panjang garis lurus } AB) \dots \dots \dots (22)$$

dengan c_d adalah tahanan geser dari komponen kohesi yang dibutuhkan untuk memelihara keseimbangan. Resultan gaya C_d sejajar dengan garis AB dan berjarak z dari pusat lingkaran O .

Ditinjau: $C_d' = c_d \times (\text{panjang lengkung } AB) \times R \dots \dots \dots (23)$

Maka, besarnya momen z dapat dinyatakan oleh:

$$z = c_d \times (\text{panjang lengkung } AB) R / C_d$$

$$= R \times (\text{panjang lengkung } AB) / (\text{panjang garis lurus } AB) \dots \dots \dots (24)$$

3. Resultan gaya normal dan gaya gesek di sepanjang lengkung lingkaran AB , sebesar P dan membuat sudut θ terhadap arah garis normal pada lengkung AB . Untuk keseimbangan, gaya P ini harus lewat titik dimana W dan C_d berpotongan.

Kohesi yang dikerahkan untuk keseimbangan di sepanjang bidang longsor dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan:

$$cd = \gamma H [f(\alpha, \beta, \theta, \phi)] \dots \dots \dots (25)$$

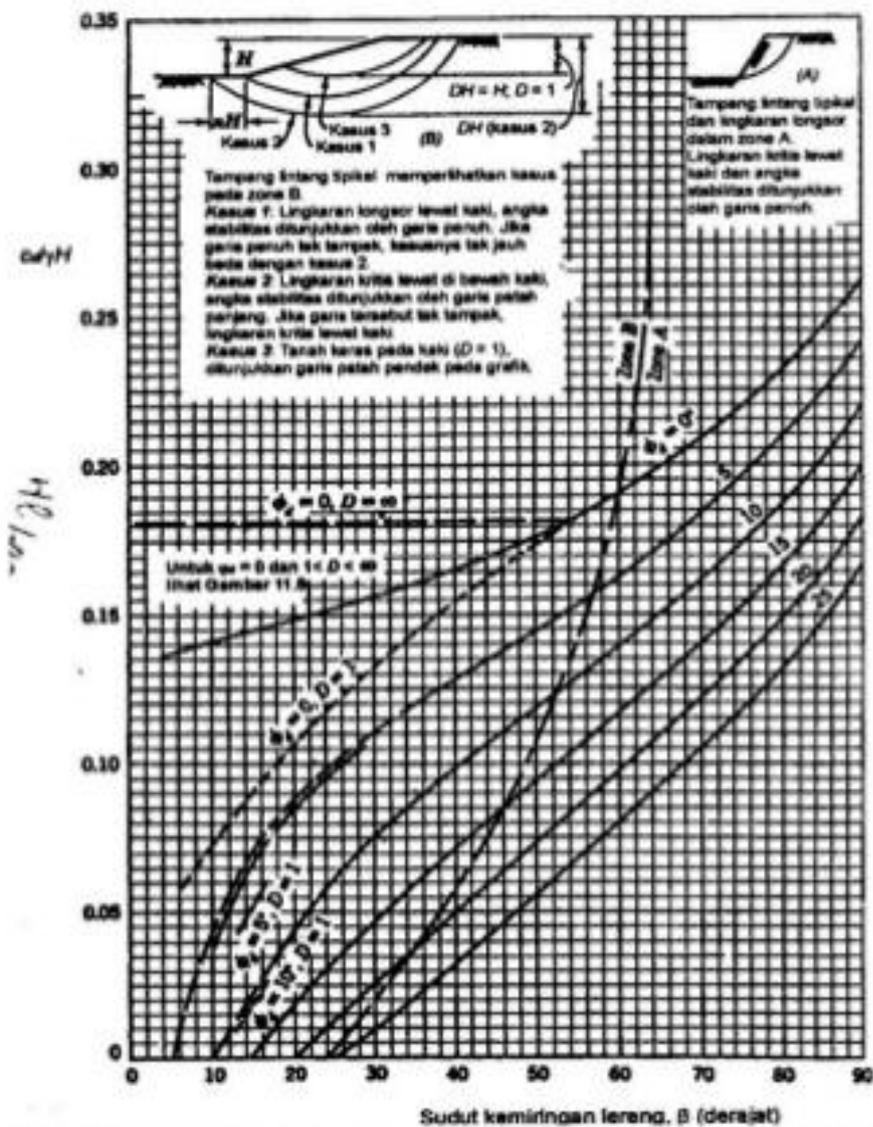
Pada kondisi kritis, faktor aman terhadap komponen kohesi dan gesekan $F = 1$. Maka, dengan substitusi $H = H_c$ dan $c = c_d$:

$$c = \gamma H_c [f(\alpha, \beta, \theta, \varphi)] \dots\dots\dots(26)$$

Bila dinyatakan dalam nilai banding angka stabilitas:

$$\frac{c}{\gamma H_c} = f(\alpha, \beta, \theta, \varphi) \dots\dots\dots(27)$$

Nilai c/H untuk beberapa nilai β dan θ dapat dilihat dalam **Gambar 12**.



Gambar 12. Diagram Stabilitas Lereng Untuk Tanah dengan $\phi > 0$ (Taylor, 1948 dalam Hardiyatmo, 2003 : 355)

H. Faktor yang Mempengaruhi Ketepatan Perhitungan Analisis Stabilitas Lereng

Sejumlah anggapan yang telah dibuat dalam analisis stabilitas lereng sering kali memberikan hasil analisis tidak seperti yang diperkirakan. Beberapa masalah yang menjadikan ketidakentuan hasil analisis stabilitas lereng, antara lain (Hardiyatmo, 2003:329):

1. kelongsoran lereng umumnya adalah masalah bidang 3 dimensi.
2. Kondisi pembebanan pada waktu pengujian di laboratorium (biasanya uji triaksial kompresi) mungkin tidak cocok dengan kondisi kedudukan tegangan-tegangan di lapangan. Kerusakan contoh benda uji juga sangat mempengaruhi hasil pengujian.
3. Sifat kuat geser tanah di lapangan yang anisotropis memnyebabkan nilai parameternya bervariasi di sepanjang permukaan bidang longsor.

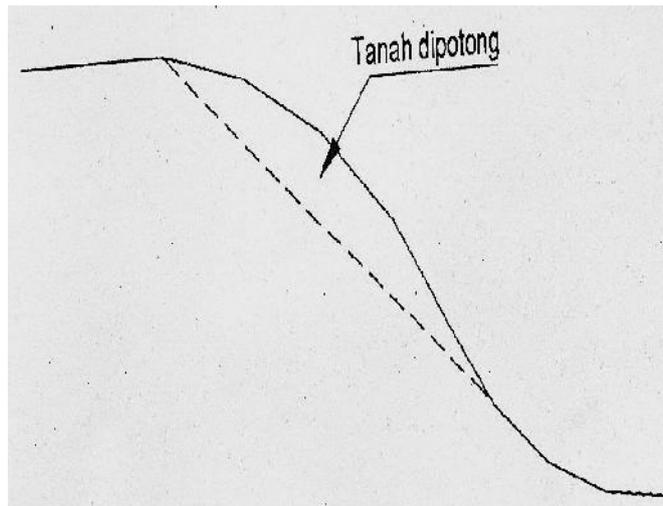
I. Perbaikan Stabilitas Lereng

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk menambah stabilitas lereng, antara lain: pemotongan lereng, pembuatan berm, menurunkan muka air tanah, pemasangan tiang-tiang, dan yang lainnya. Penanggulangan yang baik adalah penanggulangan yang dapat mengatasi masalah secara tuntas dengan biaya yang relatif murah dan mudah dalam pelaksanaannya. Umumnya metode perbaikan stabilitas lereng dapat dibagi dalam tiga kelompok, yaitu:

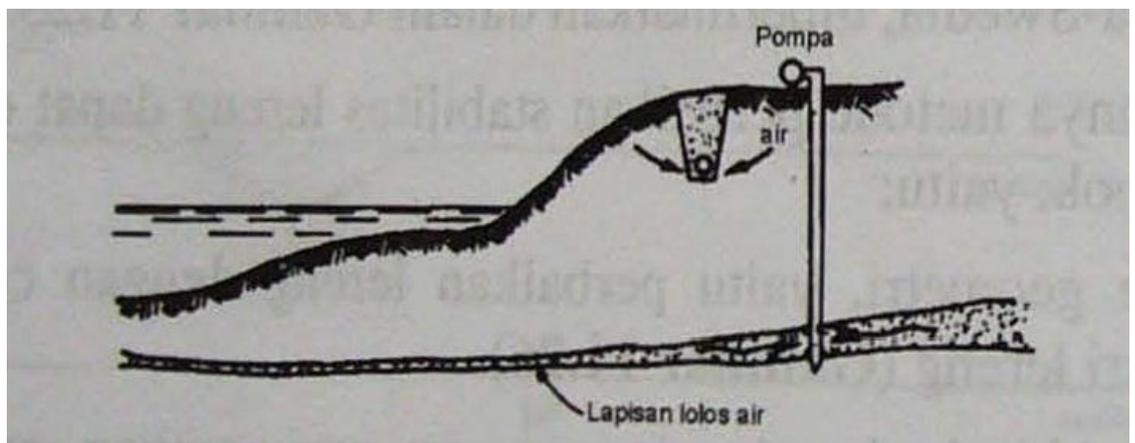
1. Metode geometri, yaitu perbaikan dengan cara merubah geometri lereng.

(Gambar 13)

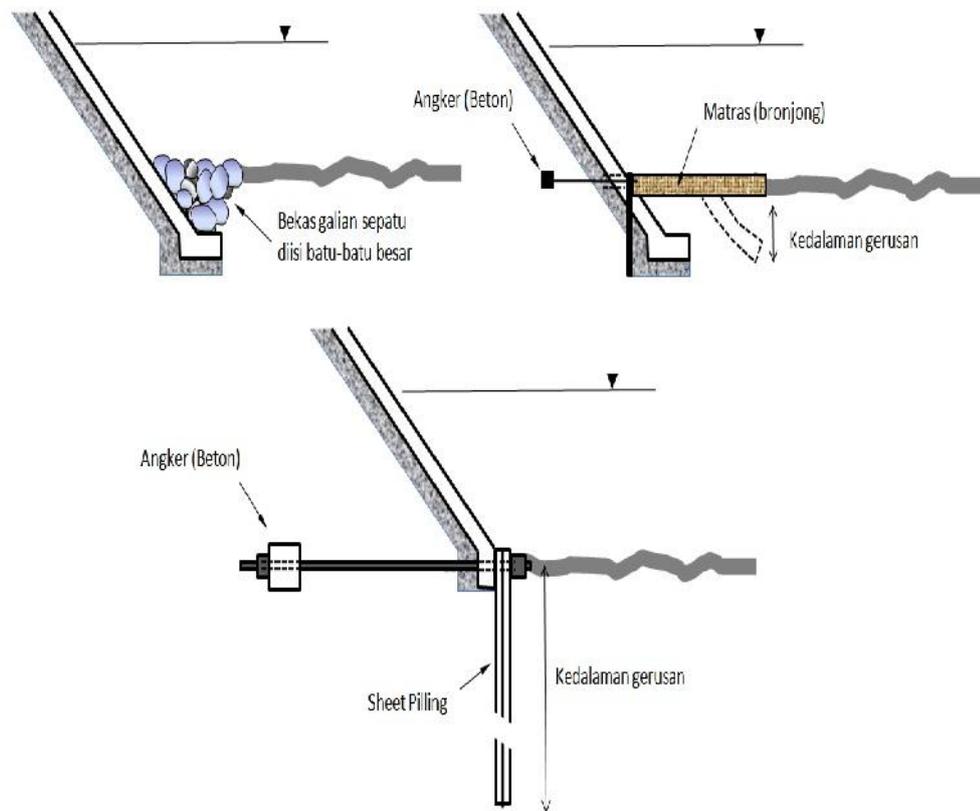
2. Metode hidrologi, yaitu dengan cara menurunkan muka air tanah atau menurunkan kadar air tanah pada lereng. (**Gambar 14**)
3. Metode-metode kimia dan mekanis, dengan cara *grouting* semen untuk menambah kuat geser tanah atau memasang bahan tertentu (tiang) di dalam tanah. (**Gambar 15**)



Gambar 13. Memperkecil Sudut Kemiringan Lereng



Gambar 14. Menurunkan Muka Air Tanah



Gambar 15. Penanaman Tiang

III. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di daerah Liwa, ibu kota Kabupaten Lampung Barat. Sebuah kota hujan yang berada di pegunungan Bukit Barisan Selatan. Liwa terletak di jalan simpang yang menghubungkan tiga provinsi, yaitu Lampung, Bengkulu, dan Sumatera Selatan. Kelongsoran lereng sering terjadi pada daerah penelitian ini, tepatnya di ruas jalan batas Kota Liwa-Simpang Gunung Kemala STA.263+650, Bukit Barisan Selatan, Lampung Selatan.



Gambar 16. Peta Lokasi Penelitian

B. Metode Pengumpulan Data

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

C. Pelaksanaan Pengujian di Laboratorium

Pelaksanaan pengujian dilakukan di dari Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung. Adapun pengujian-pengujian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pengujian sifat fisik tanah antara lain :

a. Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air tanah bertujuan untuk mengetahui kadar air tanah, yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butir tanah kering, dinyatakan dalam persen.

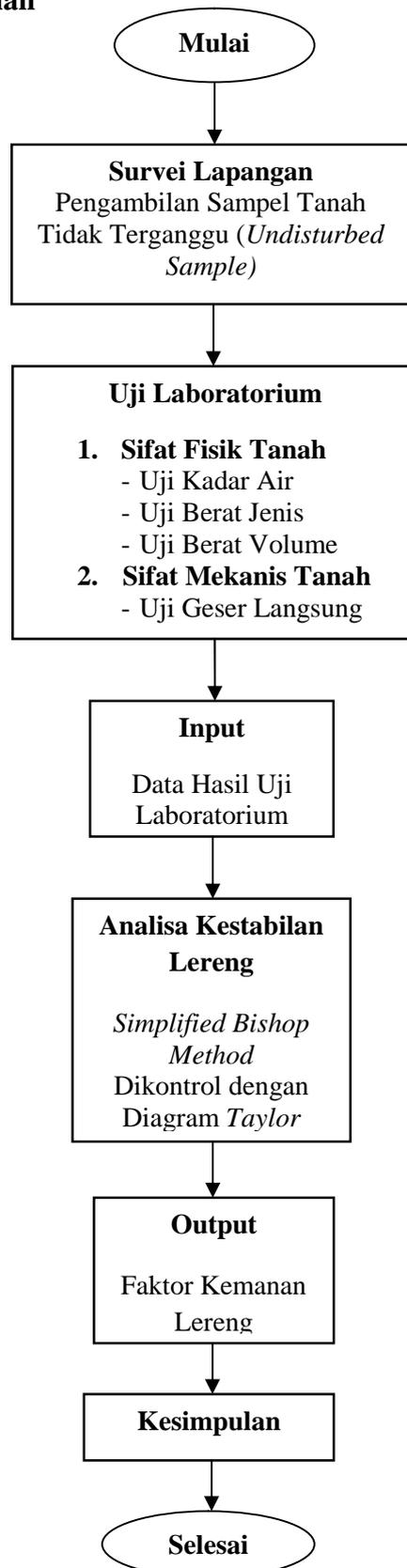
b. Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume bertujuan untuk menentukan berat volume tanah basah dalam keadaan asli (*undisturbed sample*) yaitu perbandingan berat tanah dengan volume tanah. Bahan yang diperlukan adalah sampel tanah yang diambil dengan alat *boring (hand bore)*.

2. Pengujian sifat mekanis tanah antara lain:

a. Pengujian Geser Langsung

Pengujian geser langsung bertujuan untuk menentukan sudut geser dalam (ϕ) dan nilai kohesi (c) suatu jenis tanah.

D. Bagan Alir Penelitian

Gambar 17. Gambar Diagram Alir

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil analisis stabilitas lereng adalah sebagai berikut:

1. Faktor yang mempengaruhi suatu kelongsoran biasanya disebabkan oleh bertambahnya tekanan air pori dalam lapisan tanah, dan oleh pengaruh dari guncangan, misalnya gempa yang dapat mengurangi kepadatan tanah di bawah lereng.
2. Karakteristik dan parameter tanah lereng sangat berpengaruh terhadap hasil analisis stabilitas lereng.
3. Kondisi muka air tanah baik pada saat lereng kondisi *submerged*, jenuh sebagian, ataupun jenuh penuh sangat mempengaruhi besaran nilai faktor aman lereng.
4. Dari hasil analisis stabilitas lereng dengan menggunakan *simplified bishop method* dan diagram *Taylor* memiliki hasil perhitungan faktor aman yang berbeda. Hal ini dikarenakan diagram *Taylor* tidak memperhitungkan berat tanah di atas muka air (W_1), berat efektif tanah terendam di bawah muka air (W_2), tekanan air (u), dan juga tinggi tekanan air dalam irisan

yang ditinjau (h_w) seperti pada analisis dengan menggunakan *simplified bishop method*.

5. Semakin kecil tekanan air pori yang bekerja di dalam tanah, maka tegangan efektif tanah lereng akan semakin besar sehingga stabilitas lereng menjadi lebih stabil.

6. Nilai faktor aman (Fs) hasil analisis stabilitas lereng:

- STA.263+650

- a. *Simplified Bishop Method*:

- Kondisi *submerged* = 0,59

- Kondisi jenuh sebagian = 0,50

- Kondisi jenuh penuh = 0,41

- b. Diagram *Taylor*:

- Kondisi *submerged* = 0,741

- Kondisi jenuh sebagian = 0,306

- Kondisi jenuh penuh = 0,251

- c. Program *Plaxis V.8.2*

- Kondisi *submerged* = 0,576

- Kondisi jenuh sebagian = 0,487

- Kondisi jenuh penuh = 0,375

- STA.264+600

- a. *Simplified Bishop Method*:

- Kondisi *submerged* = 1,62

- Kondisi jenuh sebagian = 1,09

- Kondisi jenuh penuh = 0,69

b. Diagram *Taylor*:

- Kondisi *submerged* = 2,925
- Kondisi jenuh sebagian = 1,028
- Kondisi jenuh penuh = 0,858

c. Program *Plaxis V.8.2*

- Kondisi *submerged* = 1,595
- Kondisi jenuh sebagian = 1,061
- Kondisi jenuh penuh = 0,566

• STA.265+100

a. *Simplified Bishop Method*:

- Kondisi *submerged* = 0,98
- Kondisi jenuh sebagian = 0,60
- Kondisi jenuh penuh = 0,44

b. Diagram *Taylor*:

- Kondisi *submerged* = 1,184
- Kondisi jenuh sebagian = 0,462
- Kondisi jenuh penuh = 0,389

c. Program *Plaxis V.8.2*

- Kondisi *submerged* = 0,824
- Kondisi jenuh sebagian = 0,425
- Kondisi jenuh penuh = 0,312

7. Penanganan kelongsoran dapat meningkatkan faktor aman dari suatu lereng, sehingga lereng tersebut dapat menjadi lebih aman dan lereng berada dalam kondisi stabil.

B. Saran

Berdasarkan hasil dari analisis stabilitas lereng, saran yang diajukan adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukannya perhitungan dan penanganan kelongsoran lebih lanjut guna meningkatkan faktor aman lereng sehingga lereng menjadi lebih stabil, juga didapatkan bahan serta material yang efisien dan ekonomis dalam melakukan perkuatan lereng.
2. Untuk menghitung faktor keamanan lereng sebaiknya menggunakan *simplified bishop method* dikarenakan perhitungannya yang sederhana, cepat, dan memberikan hasil perhitungan faktor keamanan yang cukup teliti dengan membagi bidang kelongsoran menjadi beberapa irisan.
3. Disarankan agar menggunakan penanganan kelongsoran dengan menggunakan bronjong pada bagian bawah lereng dan juga dinding penahan tanah pada bagian atas lereng, dikarenakan biaya pemasangan yang murah dan cukup efisien. Selain itu, agar air dapat mengalir keluar melalui pipa-pipa yang terdapat pada dinding penahan tanah dan menyerap jauh lebih dalam ke dalam tanah melalui celah-celah bronjong.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2008. *Buku Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah-I & Mekanika Tanah-II*. Universitas Lampung, Lampung. 86 hal.
- Afriani, L. 2014. *Kuat Geser Tanah*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 88 hal.
- Arrozi. 2015. *Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Pengaruh Hujan Bulanan Maksimum Di DAS Tirtomoyo Wonogiri Menggunakan Metode Bishop Disederhanakan*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 542-547.
- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah*. Penerbit Erlangga. Jakarta. 369 hal.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Penerbit Erlangga. Jakarta. 283 hal.
- H., Feriyansyah. 2013. *Analisis Stabilitas Lereng (Studi Kasus di Kelurahan Sumur Batu Bandar Lampng)*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Hardiyatmo, H.C. 2003. *Mekanika Tanah II*. Universitas Gadjah Mada, Bandung. 400 hal.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah I*. Universitas Gadjah Mada, Bandung. 399 hal.
- Herianto. 1983. *Analisa Kestabilan Lereng*. Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. 49 hal.
- Novalia, Y. 2009. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Simplified Bishop Method dan Janbu Menggunakan Program Mathcad*. Universitas Kristen Maranatha, Bandung. 55 hal.
- Octovian, dkk. 2014. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop*. Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.3. Universitas Sam Ratulangi Manado. 139-147.
- Widiyanto, Imanullah, I. 2005. *Pengaruh Gerakan Tanah Pada Lereng Terhadap Perilaku Struktur Bangunan*. Universitas Diponegoro. Semarang. 147 hal.