

**ANALISIS STABILITAS LERENG DAN PENANGANAN
LONGSOR MENGGUNAKAN *SOFTWARE SLOPE/W*
(Studi kasus : Ruas Jalan Bts. Bireuen
Bener Meriah - Bts. Bener Meriah
Aceh Tengah KM 282+700)**

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat-syarat
yang Diperlukan untuk Memperoleh
Ijazah Sarjana Teknik

Oleh :

Muazzir

NPM : 1803120248



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH - BANDA ACEH
2022**

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

Tugas Akhir dengan judul “Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsor Menggunakan *Software Slope/W* (Studi kasus : Ruas Jalan Bts. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah KM 282+700).”, disusun oleh:

Nama Mahasiswa : Muazzir
NIM : 1803120248
Program Studi : Teknik Sipil

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat-syarat yang diperlukan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh, telah lulus pada tanggal 31 Agustus 2022.

Banda Aceh, 31 Agustus 2022

Disetujui Oleh,

Dosen Pembimbing



Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM,
ASEAN Eng

NIDN. 0120047901

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng. Sc, IPM
ASEAN Eng

NIDN. 1327108201

Menyetujui/Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh



Dr. Ir. Hafnidar A. Rani, ST, MM, IPU, ASEAN Eng, ACPE

NIDN. 0104037002

LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI

Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsor Menggunakan Software

Slope/W (Studi kasus : Ruas Jalan Bts. Bireuen Bener Meriah -

Bts. Bener Meriah Aceh Tengah KM 282+700)

Disusun oleh

Nama Mahasiswa : Muazzir

NIM : 1803120248

Program Studi : Teknik Sipil

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata-1 (S-1) di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh.

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji untuk disahkan.

Banda Aceh, 31 Agustus 2022

Dosen Pembimbing

Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng

NIDN. 0120047901

Dosen Penguji I

Yus Yudhyantoro, ST, MT

NIP. 197202032000121001

Dosen Penguji II

Keumala Citra S.Z, ST, MT, IPM

NIDN. 0126108201

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Tamalkham, ST, M.Eng. Sc, IPM, ASEAN Eng

NIDN. 1327108201

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muazzir

Nim : 1803120248

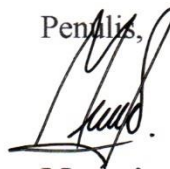
Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Di dalam tugas akhir saya tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari tugas akhir/skripsi, tesis, disertasi, buku atau bentuk lain yang dikutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan.
2. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang menjadi seolah-olah karya asli saya sendiri.
3. Apabila ternyata terdapat dalam tugas akhir saya bagian-bagian yang memenuhi unsur penjiplakan, maka saya menyatakan kesediaan untuk membatalkan sebagian atau seluruhnya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan seperluanya

Bathoh, 31 Agustus 2022

Penulis,



Muazzir

1803120248

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran ALLAH SWT, yang melimpahkan karunia-Nya sehingga penulis tugas akhir ini dapat diselesaikan pada waktunya.

Tugas akhir ini berjudul “Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsor Menggunakan Software *Slope/W* (Studi kasus : Ruas Jalan Bts. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah KM 282+700)”, ditulis dalam rangka melengkapi dan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Sarjana Teknik Sipil pada Universitas Muhammadiyah Aceh.

Dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini, penulis telah memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak terutama pembimbing. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada Ibu Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng sebagai pembimbing.

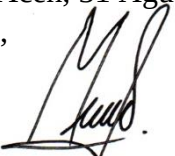
Selanjutnya, pada kesempatan ini penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh (Dr. Ir. Hafnidar A. Rani, ST, MM, IPU, ASEAN Eng, ACPE).
2. Bapak Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh (Ir. Tamalkhani, ST, M. Eng. Sc, IPM, ASEAN Eng).
3. Ibu Sekretaris Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh (Cut Nawalul Azka ST, MT, IPP)
4. Tenaga pengajar pada Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh.
5. Bapak Yus Yudhyantoro, ST, MT sebagai penguji I dan Ibu Keumala Citra S.Z, ST, MT, IPM sebagai penguji II yang telah memberikan banyak masukan untuk perbaikan penulisan ini.
6. Unit Laboratorium Mekanika Tanah Muhammadiyah Aceh, dan Unit Kerja Laboratorium Penelitian Terpadu, Divisi Geoteknik Universitas Syiah Kuala.
7. Kedua orang tua ayahanda Abu Bakar Ishak dan ibunda Almarhumah Wardiah, yang selalu berdoa dan memberikan dorongan untuk keberhasilan penulis.

8. Bapak Drs. Ir. M. Kotawali Thamrin sebagai Ketua Tim Teknis Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Aceh bersama Rekan Kerja Bapak Ari Mulya, ST, Bapak Amrizal ST., MT dan Bapak Zulfikar, ST.
9. Bapak Ir. Derry Nurly sebagai Ketua Tim Perencanaan dan Pengawasan Teknis Jalan dan Jembatan Core Team (Coordination Team) Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Aceh bersama Rekan Kerja Bapak Fakhurrrazi, ST, Bapak Jufry, Ibu Astuti Agustina, ST, Ibu Nofita, ST dan Ibu Cut Lutfia Khalisa, ST.
10. Keluarga terdekat yang telah memberikan semangat, dukungan dan motivasi untuk keberhasilan penulis.
11. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Prodi Teknik Sipil yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis hingga selesainya penulisan ini.

Akhirnya kepada ALLAH SWT jugalah penulis berserah diri dan berharap semoga tulisan ini dapat berguna bagi pembaca, Amin.

Banda Aceh, 31 Agustus 2022
Penulis,



Muazzir
1803120248

**Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsor
Menggunakan Software *Slope/W*
(Studi kasus : Ruas Jalan Bts. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah
Aceh Tengah KM 282+700)**

Oleh:

Muazzir
1803120248

Pembimbing:

Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng.

ABSTRAK

Jalan raya sebagai prasarana transportasi darat membentuk jaringan transportasi yang menghubungkan daerah-daerah, sehingga menunjang perkembangan ekonomi dan pembangunan. Bertambahnya jumlah kendaraan menyebabkan besarnya beban yang ditanggung oleh jalan, sementara kapasitas jalan cenderung tetap. Hasil survey yang dilakukan oleh PT. Esti Yasagama yang ditunjuk oleh Balai Pelaksanaan Jalan Nasional I (BPJN I) Banda Aceh, pada ruas Jalan Nasional Bts. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah KM 282+700 mengalami longsor dan ambles pada bahu dan badan jalan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik tanah, kestabilan lereng dengan metode *fellenius* dan metode *slope/w*. Manfaat penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kestabilan lereng berdasarkan data lapangan. Pengujian sifat fisis dan mekanis tanah dilakukan menggunakan metode *American Society for Testing and Materials* (ASTM) dan Standar Nasional Indonesia (SNI). Pengujian sifat fisis tanah dilakukan dilaboratorium terdiri dari pengujian kadar air (*water content*), berat isi (*unit weight*), berat jenis (*specific gravity*), *grain size analysis* (*sieve and Hydrometer analysis*) dan batas-batas konsistensi (*atterberg limit*). Pengujian sifat mekanis dilakukan dilaboratorium dengan menggunakan metode geser langsung (*direct shear*). Berdasarkan hasil pengujian geser langsung (*direct shear*), diperoleh nilai 0,032 kg/cm² sampai dengan 0,0448 kg/cm², hasil dari analisis menggunakan metode *fellenius* diperoleh faktor keamanan FK sebesar $0,9 < 1,5$ tergolong dalam kategori lereng tidak stabil sedangkan dengan menggunakan metode *Slope/W* diperoleh faktor keamanan FK sebesar $0,814 < 1,5$ tergolong dalam kategori lereng tidak stabil maka dapat dikatakan bahwa lereng tersebut sangat rentan terhadap kelongsoran sehingga diperlukan konstruksi pengaman longsor sebagai alternatif diantaranya yaitu perkuatan dengan *bio-engineering*, perkuatan dengan *sheet pile*, *mini pile* dan *gravity wall*.

Kata Kunci : Sifat fisis tanah, sifat mekanis tanah, faktor keamanan, metode *fellenius* dan metode *slope/w*

**AN ANALYSIS OF SLOPE STABILITY AND LANDSLIDE
MANAGEMENT USING SLOPE/W SOFTWARE
(Case Study: Bts.Bireuen Bener Meriah Road -Bts.Bener Meriah Central
Aceh KM 282+700)**

Written by:

Muazzir
1803120248

Supervisor:

Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng.

ABSTRACT

Roads as land transportation infrastructure form a transportation network that connects regions, thereby supporting economic development and development. The increasing number of vehicles causes a large burden to be borne by the road, while road capacity tends to remain constant. The results of a survey conducted by PT. Esti Yasagama who was appointed by Banda Aceh National Road Implementation Center I (BPJN I), on Bts. National Road section. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Central Aceh KM 282+700 experienced a landslide and collapsed on the shoulder and road body. The purpose of this study was to determine the characteristics of the soil, slope stability using *fellenius* method and *slope/w* method. The benefit of this research is to analyze slope stability based on field data. Physical and mechanical properties of the soil were tested using the methods of *American Society for Testing and Materials (ASTM)* and *Indonesian National Standard (SNI)*. Testing of soil physical properties is carried out in the laboratory consisting of testing *water content, unit weight, specific gravity, grain size analysis (sieve and hydrometer analysis) and consistency limits (atterberg limit)*. Mechanical properties testing was carried out in the laboratory using the *direct shear* method. Based on the results of *direct shear* testing, the values obtained from 0.032 kg cm² to 0.0448 kg/ cm², the results of the analysis using the *fellenius* method obtained a FK safety factor of $0.9 < 1.5$ belonging to the category of unstable slopes while by using *Slope/W* method, the FK safety factor of $0.814 < 1.5$ belongs to the category of unstable slopes, hence the slopes are very susceptible to landslides so that landslide safety construction is needed as an alternative, including reinforcement with bio-engineering, reinforcement with sheet piles, mini piles and gravity walls..

Keywords: Physical properties of soil, mechanical properties of soil, safety factor, *fellenius* and the *slope/w* method.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengertian Tanah.....	4
2.2 Klasifikasi Tanah.....	5
2.2.1 Sistem Klasifikasi <i>American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO)</i>	6
2.2.2 Sistem Klasifikasi <i>Unifed Soil Classification System (USCS)</i>	8
2.3 Sifat Fisis Tanah	11
2.3.1 Kadar Air.....	12
2.3.2 Berat Jenis Tanah	14
2.3.3 Distribusi ukuran butir tanah.....	15
2.3.4 Batas-Batas Atterberg	16
2.4 Sifat Mekanis Tanah.....	17
2.5 Longsor.....	20
2.6 Lereng.....	22
2.7 Keruntuhan Lereng.....	24
2.8 Stabilitas Lereng.....	25
2.9 Analisis Stabilitas Lereng.....	27
2.10 Faktor Keamanan	29
2.11 Metode <i>Fellenius</i>	30
2.12 <i>Geo-Slope/W</i>	32

2.13	Referensi Penelitian Terdahulu	32
BAB III METODE PENELITIAN		35
3.1	Lokasi Studi Kasus	35
3.2	Kondisi Geologi	35
3.3	Kondisi Topografi	36
3.4	Kondisi Geomorfologi.....	36
3.5	Tahapan Persiapan.....	36
3.6	Tahapan Pengumpulan Data.....	37
3.7	Prosedur Pengambilan Sampel	38
3.8	Tempat Pengujian Sampel.....	39
3.9.1	Pengujian Sifat Fisis Tanah.....	39
3.9.2	Pengujian Sifat Mekanis Tanah	45
3.9	Pengolahan Data	45
3.10	Analisis Menggunakan <i>Software Slope/W</i>	46
3.11.1	Tahap Masukan Data <i>Slope/W</i>	48
3.11.2	<i>Define Analyses Project</i>	48
3.11.3	<i>Define Analyses Project – 2</i>	49
3.11.4	Tentukan slip surface geometri lereng (<i>Define Slip Surface</i>).....	50
3.11.5	Koordinat Permodelan Dengan Program <i>Slope/W</i>	50
3.11.6	Properties Lapisan Tanah.....	51
3.11.7	<i>Pore Water Pressure</i>	52
3.11.8	<i>Analysis Slope/W</i>	52
3.11.9	Tahap Keluaran Data <i>Slope/W</i>	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		54
4.1	Hasil.....	54
4.1.1	Sifat Fisis dan Sifat Mekanis.....	54
4.1.2	<i>Safety Factor</i> dengan Metode <i>Fellenius</i>	55
4.1.3	<i>Safety Factor</i> dengan Metode <i>Slope/W</i>	56
4.2	Pembahasan	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		62
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran	63

DAFTAR PUSTAKA.....	64
----------------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	: Grafik untuk Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO.....	7
Gambar 2. 2	: Kriteria kegagalan Mohr – Coulomb	18
Gambar 2. 3	: Kriteria kegagalan Mohr – Coulomb	19
Gambar 2. 4	: Teori Mohr-Coulomb	25
Gambar 2. 5	: Kelongsoran lereng	27
Gambar 2. 6	: Konsep rumus dasar faktor keamanan lereng	28
Gambar 2. 7	: Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Keseimbangan Batas	28
Gambar 3. 1	: Saringan dan <i>Picnometer</i>	40
Gambar 3. 2	: <i>General Setting – Project</i>	48
Gambar 3. 3	: <i>General Setting - Project – 2</i>	49
Gambar 3. 4	: Tampilan <i>Slope/W</i>	49
Gambar 3. 5	: Isian menu <i>Define Slip Surface</i>	50
Gambar 3. 6	: Input <i>Properties</i> Lapisan Tanah.....	51
Gambar 3. 7	: <i>Input Define Piezometric Lines</i>	52
Gambar 4. 1	: Kondisi Exsisting dengan Metode <i>fellenius</i>	56
Gambar 4. 2	: Penampang Melintang Lereng Kondisi Exsisting.....	57
Gambar 4. 3	: Bidang Longsoran Lereng.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 : Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO	8
Tabel 2. 2 : Sistem Klasifikasi tanah menurut USCS	9
Tabel 2. 3 : Perbandingan sistem AASHTO dengan sistem USCS	9
Tabel 2. 4 : Perbandingan sistem USCS dengan sistem AASHTO	10
Tabel 2. 5 : Klasifikasi Tanah Unified Soil Classification System (USCS)	10
Tabel 2. 6 : Berat jenis tanah (<i>specific gravity</i>)	14
Tabel 2. 7 : Susunan dan ukuran saringan (Hardiyatmo, 2002).....	15
Tabel 2. 8 : Jenis Tanah Longsor	22
Tabel 2. 9 : Angka keamanan lereng dengan hubungan intensitas longsor	29
Tabel 2. 10 : Klasifikasi kestabilan lereng Ray dan De Smitd (2009).....	29
Tabel 2. 11 : Nilai faktor keamanan desain.....	30
Tabel 3. 1 : Koordinat Lokasi Tinjauan	35
Tabel 3. 2 : Koordinat permodelan Geometri lereng	50
Tabel 4. 1 : Hasil Pengujian Sifat Fisis Tanah.....	54
Tabel 4. 2 : Parameter Sifat Mekanis Tanah	55
Tabel 4. 3 : Nilai Faktor Keamanan dengan medode Metode <i>Fellenius</i>	56
Tabel 4. 4 : Nilai Faktor Keamanan dengan Menggunakan <i>Program Slope/W</i>	58

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A BAGAN ALIR DAN DATA PENDUKUNG.....	67
Gambar A.1. 1 : Bagan Alir Penelitian A	67
Gambar A.1. 2 : Bagan Alir Penelitian lanjutan A	68
Gambar A.1. 3 : Peta Provinsi Aceh	69
Gambar A.1. 4 : Peta Kabupaten Bener Meriah	70
Gambar A.1. 5 : Letak Lokasi Penelitian dan Pengambilan sample Longsor..	71
Gambar A.1. 6 : Peta Geologi Regional Bener meriah.....	72
 LAMPIRAN B DATA PENGUJIAN DAN DATA SEKUNDER	 73
Gambar B 1. 1 : Hasil Pengujian Kadar Air sampel BH – 01.....	73
Gambar B 1. 2 : Hasil Pengujian Batas Cair dan Batas Plastis sampel BH – 01	74
Gambar B 1. 3 : Hasil Pengujian Berat Jenis sampel BH – 01	75
Gambar B 1. 4 : Hasil Pengujian Analisa saringan dan Hidrometer BH – 01	76
Gambar B 1. 5 : Grafik Hasil Pengujian sampel BH – 01	77
Gambar B 1. 6 : Hasil Pengujian Unit Weight sampel BH – 01.....	78
Gambar B 1. 7 : Hasil Pengujian Direct Shear sampel BH – 01.....	79
Gambar B 1. 8 : Hasil Pengujian Kadar Air sampel BH – 02.....	80
Gambar B 1. 9 : Hasil Pengujian Batas Cair dan Batas Plastis sampel BH – 02	81
Gambar B 1. 10 : Hasil Pengujian Berat Jenis sampel BH – 02	82
Gambar B 1. 11 : Hasil Pengujian Analisa saringan dan Hidrometer BH – 02	83
Gambar B 1. 12 : Grafik Hasil Pengujian sampel BH – 02	84
Gambar B 1. 13 : Hasil Pengujian Unit Weight sampel BH – 02.....	85
Gambar B 1. 14 : Hasil Pengujian Direct Shear sampel BH – 02.....	86
Gambar B 1. 15 : Data Sekunder - Hasil Inventarisasi Lereng Jalan.....	87
Gambar B 1. 16 : Data Sekunder - Hasil Inventarisasi Lereng Jalan.....	88
Gambar B 1. 17 : Data Sekunder - Hasil Inventarisasi Lereng Jalan.....	89
Gambar B 1. 18 : Data Sekunder – Tampak Atas	90

LAMPIRAN C PERHITUNGAN.....	91
Gambar C 1. 1 : Lereng Existing Metode <i>Fellenius</i>	91
Gambar C 1. 2 : Water Total Head – Sebelum Analysis	92
Gambar C 1. 3 : Water Total Head – Setelah Analysis.....	93
 LAMPIRAN D FOTO DOKUMENTASI.....	 94
Gambar D 1. 1 : Dokumentasi Lapangan HB-01.....	94
Gambar D 1. 2 : Dokumentasi Lapangan HB-01.....	95
Gambar D 1. 3 : Dokumentasi Lapangan HB-01.....	96
Gambar D 1. 4 : Dokumentasi Lapangan HB-01.....	97
Gambar D 1. 5 : Dokumentasi Lapangan HB-02.....	98
Gambar D 1. 6 : Dokumentasi Lapangan HB-02.....	99
Gambar D 1. 7 : Dokumentasi Lapangan HB-02.....	100
Gambar D 1. 8 : Dokumentasi Laboratorium.....	101
Gambar D 1. 9 : Dokumentasi Laboratorium.....	102
Gambar D 1. 10 : Dokumentasi Laboratorium.....	103
Gambar D 1. 11 : Dokumentasi Laboratorium.....	104
Gambar D 1. 12 : Dokumentasi Laboratorium.....	105
Gambar D 1. 13 : Dokumentasi Laboratorium.....	106
Gambar D 1. 14 : Dokumentasi Laboratorium.....	107
Gambar D 1. 15 : Dokumentasi Laboratorium.....	108
Gambar D 1. 16 : Dokumentasi Laboratorium.....	109
Gambar D 1. 17 : Dokumentasi Laboratorium.....	110

BAB I

PENDAHULUAN

Jalan raya sebagai prasarana transportasi darat membentuk jaringan transportasi yang menghubungkan daerah-daerah, sehingga menunjang perkembangan ekonomi dan pembangunan. Bertambahnya jumlah kendaraan menyebabkan besarnya beban yang ditanggung oleh jalan, sementara kapasitas jalan cenderung tetap. Hal ini akan menyebabkan terjadinya kepadatan lalu lintas yang berdampak pada menurunnya efektivitas jalan, sehingga jalan menjadi ambles dan faktor sejenisnya. Tingkat pelayanan jalan yang lebih baik akan menghasilkan biaya transportasi yang lebih murah.

Ruas Jalan Nasional Bts. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah adalah ruas jalan yang terdiri dari beberapa desa. Kerusakan yang ditinjau pada saat survei, terdapat pada KM 282+700 berlokasi di desa Ronga-ronga, Kecamatan Gajah Putih, Kabupaten Bener Meriah, Provinsi Aceh. Dari hasil *survey* kondisi lereng jalan yang dilakukan oleh tim *survey* dari Balai Pelaksanaan Jalan Nasional I, KM 282+700 sering terjadi longsor dan ambles pada bahu dan badan jalan. Hal ini menyebabkan terganggunya aktifitas pengguna transportasi yang melintasi ruas jalan tersebut. *Survey* yang dilakukan oleh PT. Esti Yasagama yang ditunjuk oleh Balai Pelaksanaan Jalan Nasional I (BPJN I) Banda Aceh, pada Ruas Jalan tersebut, panjang kerusakan jalan ± 163 meter, dari latar belakang ini peneliti tertarik untuk melakukan pengkajian ulang sekaligus mempelajari tentang analisis stabilitas lereng dengan menggunakan *software GeoStudio Slope/W 2018 Versi 9.1.1*. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah mengevaluasi bagaimana kesetabilan lereng terhadap longsor dengan mengetahui angka *Safety Factor* dengan menggunakan *software Slope/W 2018 Versi 9.1.1* dan dengan perhitungan secara manual dengan metode *Fellenius*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai faktor aman pada Ruas Jalan Nasional Bts. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah dengan cara menganalisis kestabilan lereng dengan menggunakan *software*

Slope/W 2018 Versi 9.1.1 dan dengan perhitungan secara manual dengan metode *Fellenius*.

Alasan peneliti menggunakan *software Geoslop/W*, karena *software* ini dapat menghitung angka aman secara akurat dalam waktu yang singkat dan menggunakan prinsip metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium method*), program ini mudah dipelajari oleh pemula karena menggunakan metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium method*).

Metode *Fellenius* digunakan karena perhitungannya yang sederhana, cepat dan memberikan hasil perhitungan faktor keamanan yang cukup teliti. Metode ini sangat cocok digunakan untuk pencarian bidang runtuh kritis dengan gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Anggapan ini berdasarkan keseimbangan arah vertikal dan gaya-gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori.

Manfaat dari Penelitian ini dapat digunakan untuk perkembangan ilmu pengetahuan teknik sipil, khususnya menganalisis kestabilan lereng berdasarkan data lapangan dengan menggunakan *software Slope/W 2018 Versi 9.1.1* dan dengan perhitungan secara manual dengan metode *Fellenius*. Manfaat lainnya sebagai tambahan informasi untuk praktisi maupun akademisi dalam mempelajari kestabilan lereng.

Hasil dari analisis distribusi ukuran butiran pada sampel BH-01 menunjukkan nilai C_u 4,5 dan C_c 0,681 karena $C_u > 4 < 6$, $C_c < 1$ jenis tanah ini adalah kerikil karena tidak memenuhi koefisien gradasi tanah ini termasuk bergradasi buruk. Untuk sampel BH-02 menunjukkan nilai C_u 0,87 dan C_c 8,089 karena $C_u < 4$, $C_c > 3$ karena tidak memenuhi koefisien keseragaman tanah ini termasuk bergradasi buruk.

Volume lalu lintas ruas jalan Bts. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah termasuk dalam volume lalu-lintas berat, hal ini disebabkan karena pada ruas jalan tersebut sering dilewati kendaraan golongan 6B (Truk 2 sumbu), 7A1 (Truk 3 sumbu – ringan), 7A2 (Truk 3 sumbu - sedang) yang digunakan untuk mendistribusikan hasil rempah-rempah. Hal ini juga dapat mempengaruhi pembebanan pada tanah. Bila muka air pada bahu jalan mencapai

angka maksimum dengan adanya pembebanan volume lalu lintas berlebihan dapat memicu terjadinya longsor.

Hasil perhitungan nilai faktor keamanan dengan metode *fellenius* diperoleh nilai faktor keamanan 0,9 lebih kecil dari angka aman yang disyaratkan yaitu $FK > 1,5$ dalam klasifikasi kestabilan lereng termasuk kedalam lereng tidak stabil, dengan menggunakan metode *slope/w* diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 0,814 lebih kecil dari angka aman yang disyaratkan yaitu $FK > 1,5$ dalam klasifikasi kestabilan lereng termasuk kedalam lereng tidak stabil memerlukan perbaikan stabilitas lereng. Dari hasil *survey* yang dilakukan oleh PT. Esti Yasagama yang ditunjuk oleh Balai Pelaksanaan Jalan Nasional I (BPJN I) Banda Aceh, pada kedalaman 5 meter terdapat lapisan tanah ekspansif soil (± 20 cm) yang diyakini menyebabkan terjadinya keruntuhan pada lereng, saat air mengenangi bahu jalan, air akan diresapi oleh tanah menyebabkan nilai kadar air tanah bertambah, ini membuat kehilangan daya ikat antar tanah, menyebabkan lereng menjadi tidak stabil sehingga menyebabkan longsor.

Hasil penelitian yang dilakukan pada daerah tinjauan adalah pada ruas jalan Bts. Bireuen - Bener Meriah dinyatakan tidak aman. Hasil perhitungan menggunakan program *Slope/W* dengan pemodelan lereng seperti pada gambar, diperoleh nilai faktor keamanan lereng sebesar 0,814. Sedangkan hasil perhitungan manual dengan metode *Fellenius* yaitu diperoleh nilai faktor keamanan lereng sebesar 0,9 karena nilai faktor keamanan yang diperoleh kurang dari faktor keamanan lereng yang disyaratkan $FK > 1,5$ (stabil), maka dapat dikatakan bahwa lereng tersebut sangat rentan terhadap kelongsoran sehingga diperlukan konstruksi pengaman longsor dengan menggunakan perkuatan lereng.

Hasil yang didapatkan dari perhitungan manual lebih besar dari hasil perhitungan dengan *Slope/W* karena dalam proses perhitungan dilakukan secara manual. Parameter tanah yang digunakan berat volume tanah (γ), kohesi (c), dan sudut geser dalam tanah (ϕ) yang diperoleh dari hasil pengujian sifat mekanis sampel tanah pada lokasi penelitian di laboratorium. Sedangkan untuk analisis dengan program *Slope/W* digunakan parameter yang sama, namun proses analisisnya lebih detail karena tingkat keakuratan yang tinggi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan kepustakaan merupakan kerangka teori dan konsep dasar dalam menentukan metode pemecahan permasalahan yang sedang diteliti. Tujuannya adalah untuk memberikan landasan teori, anggapan dasar, pendapat para ahli, rumus-rumus dan teori-teori yang sesuai dengan pokok permasalahan yang akan dianalisis.

2.1 Pengertian Tanah

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

Das (1995) berpendapat bahwa, dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang- ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut).

Hardiyatmo (1992) dikutip oleh Apriliyandi (2017) berpendapat bahwa, tanah adalah ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap-ngendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya.

Bowles (1989) dikutip oleh Fauizek dkk (2018) berpendapat bahwa, tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

- a. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
- b. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
- c. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
- d. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
- e. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
- f. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang “diam” yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm

2.2 Klasifikasi Tanah

Bowles (1993) berpendapat bahwa, klasifikasi tanah didapatkan dari pengukuran sifat-sifat fisis, baik klasifikasi menurut sistem AASHTO (*American Association of State Highway and Tecknology Officials*) maupun menurut USCS (*Unified Soil Classification System*). Das (1995) berpendapat sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur adalah relatif sederhana karena hanya didasarkan pada distribusi ukuran butiran tanah saja. Pada saat ini ada dua sistem klasifikasi tanah yang selalu dipakai yaitu sistem klasifikasi tanah menurut AASHTO dan menurut USCS. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas Atterberg. Klasifikasi tanah adalah pengelompokan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan karakteristiknya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun

tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakainya (Das, 1995). Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989 dikutip oleh Adha 2014).

Dalam ilmu mekanika tanah terdapat dua sistem klasifikasi yang umum dikelompokkan. kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas *Atterberg*, sistem-sistem tersebut adalah Sistem Klasifikasi *American Association of State Highway and Transportation Official* (AASHTO) dan Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS).

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

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

Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini :

1) Ukuran Butir

Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm).

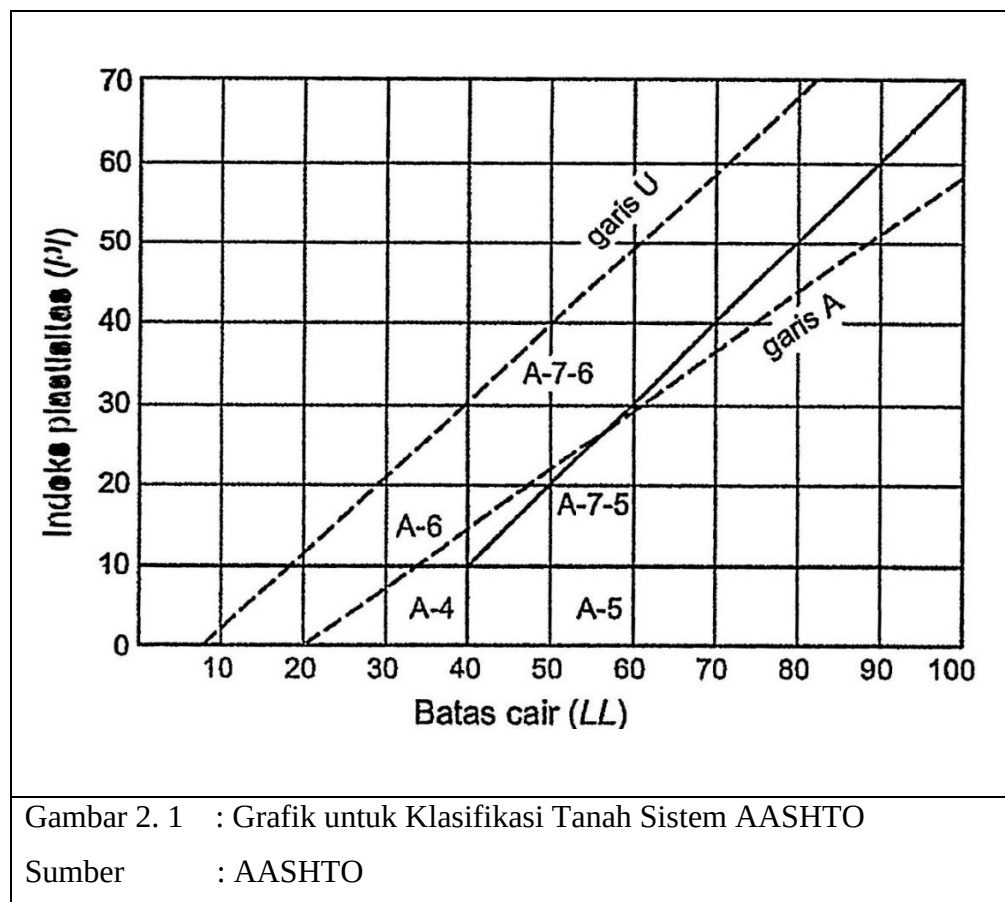
Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm).

Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

2) Plastisitas

Plastisitas merupakan kemampuan tanah menyesuaikan perubahan bentuk pada volume konstan tanpa retak – retak atau remuk. Bergantung pada kadar

air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Tingkat keplastisan suatu tanah umumnya ditunjukkan dari nilai indeks plastisitas, yaitu selisih nilai batas cair dan batas plastis suatu tanah. Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih. Grafik untuk Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO dapat dilihat pada tabel 2.1.



- 3) Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan dalam sampel tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentase tanah yang dikeluarkan harus dicatat. Apabila dalam sistem klasifikasi AASHTO dipakai untuk mengklasifikasi tanah, maka data dari uji di cocokan dengan angka-angka yang diberikan dalam Tabel 2.1 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai (Das, 1995).

Tabel 2. 1 : Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi umum	Material granuler ($< 35\%$ lolos saringan no. 200)								Tanah-tanah lanau-lempung ($> 35\%$ lolos saringan no. 200)			
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5/A-7-6	
Analisis saringan (% lolos) 2,00 mm (no. 10) 0,425 mm (no. 40) 0,075 mm (no. 200)	50maks 30 maks 15 maks	- 50 maks 25 maks	- 51 min 10 maks	- 35 maks 35 maks	- 35 maks 35 maks	- 35 maks 35 maks	- 35 maks 35 maks	- 36 min 36 min	- 36 min 36 min	- 36 min 36 min	- 36 min 36 min	
Sifat fraksi lolos saringan no. 40 Batas cair (LL) Indeks plastis (PI)	- 6 maks	-	- Np	40 maks 10 maks	41 min 10 maks	40 maks 11 min	41 min 11 min	40 maks 10 maks	41 min 10 maks	40 maks 11 min	41 min 11 min	
Indeks kelompok (G)	0	0	0	0	4 maks	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks			
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung		
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk				

Catatan :
Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)
Untuk $PL > 30$, klasifikasinya A-7-5 ;
Untuk $PL < 30$, klasifikasinya A-7-6
Np = Nonplastis

Sumber : AASHTO dikutip oleh Hardiyatmo H C, (2017)

Sumber : AASHTO dikutip oleh Hardiyatmo H C, (2017)

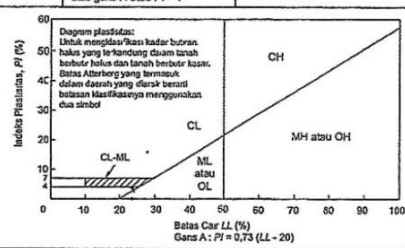
Kelompok A-1 dibagi menjadi dua subkelompok yaitu A-1a dan A-1b, kelompok A-2 dibagi menjadi empat sub kelompok (A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7), dan kelompok A-7 dibagi menjadi dua subkelompok yaitu A-7-5 dan A-7-6. Kelompok tanah A-8 tidak diperlihatkan karena merupakan jenis tanah gambut yang dapat ditentukan secara visual seperti warna yang agak gelap, bau, tekstur tanah mudah kering, rendahnya berat isi dan daya dukung dan tingginya kemampuan menyimpan air.

2.2.2 Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS)

Sutarman (2013) berpendapat bahwa, sistem klasifikasi tanah Unified mendefinisikan tanah sebagai tanah berbutir kasar, apabila lebih dari 50% tertahan pada saringan nomor 200 atau berukuran 0,074 mm. Tanah berbutir halus apabila lebih dari 50% dapat lolos saringan nomor 200. Pendapat lain dikemukakan oleh Hardiyatmo (2002) berkaitan sistem Unified, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (pasir dan kerikil) jika kurang dari 50% lolos saringan nomor 200, dan tanah berbutir halus (lanau dan lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200. Sistem klasifikasi tanah dengan sistem unified ditandai

dengan simbol-simbol yaitu: kerikil (G), pasir (S), lempung (C), lanau (M), lanau dan lempung organik (O), tanah gambut dan tanah organik tinggi (Pt), gradasi baik (W), gradasi buruk (P), plastisitas tinggi (H), dan plastisitas rendah (L). Tabel sistem klasifikasi tanah menurut USCS diperlihatkan dalam tabel 2.2 berikut.

Tabel 2. 2 : Sistem Klasifikasi tanah menurut USCS

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria laboratorium			
Tanah berbutir kasar 60% atau lebih terdistribusi erugin no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 60% atau lebih dari fraksi kasar terdistribusi erugin no. 4 (4,75 mm)	GW	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kriteria untuk GW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $P_L < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $P_L > 7$			
		GP				
		GM				
		GC				
	Pasir lebih dari 50 % terdistribusi erugin no. 4 (4,75 mm)	SW	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kriteria untuk SW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $P_L < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $P_L > 7$			
		SP				
		SM				
		SC				
		Tanah berbutir halus 60% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)		Lanau dan lempung batas cair 50 % atau kurang	ML	
					CL	
Lanau dan lempung batas cair > 50 %	OL	Batas Car LL (%) Garis A: $PI = 0,73 (LL - 20)$				
	MH					
	CH					
	OH					
Tanah dengan kadar organik tinggi	P _t	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488			

Sumber : Hardiyatmo (2002)

Hardiyatmo (2002), berpendapat bahwa perbandingan sistem Unified (USCS) dengan sistem AASHTO dapat dilihat pada tabel 2.3 dan 2.4 berikut.

Tabel 2. 3 : Perbandingan sistem AASHTO dengan sistem USCS

Kelompok tanah AASHTO	Kelompok tanah yang sebanding dalam sistem Unified		
	Sangat mungkin	Mungkin	Kemungkinan kecil
A-1-a	GW, GP	SW, SP	GM, SM
A-1-b	SW, SP, GM, SM	GP	—
A-3	SP	—	SW, GP
A-2-4	GM, SM	GC, SC	GW, GP, SW, SP
A-2-5	GM, SM	—	GW, GP, SW, SP
A-2-6	GC, SC	GM, SM	GW, GP, SW, SP
A-2-7	GM, GC, SM, SC	—	GW, GP, SW, SP
A-4	ML, OL	CL, SM, SC	GM, GC
A-5	OH, MH, ML, OL	—	SM, GM
A-6	CL	ML, OL, SC	GC, GM, SM
A-7-5	OH, MH	ML, OL, CH	GM, SM, GC, SC
A-7-6	CH, CL	ML, OL, SC	OH, MH, GC, GM, SM

Sumber : Liu (1970) dikutip oleh Hardiyatmo H C, (2017)

Tabel 2. 4 : Perbandingan sistem USCS dengan sistem AASHTO

Kelompok tanah sistem Unified	Kelompok tanah yang sebanding dengan sistem AASHTO		
	Sangat mungkin	Mungkin	Kemungkinan kecil
GW	A-1-a	–	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7
GP	A-1-a	A-1-b	A-3, A-2-4, A-2-5, A-2-6 A-2-7
GM	A-1-b, A-2-4 A-2-5, A-2-7	A-2-6	A-4, A-5, A-6, A-7-5, A-7-6, A-1-a
GC	A-2-6, A-2-7	A-2-4, A-6	A-4, A-7-6, A-7-5
SW	A-1-b	A-1-a	A-3, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7
SP	A-3, A-1-b	A-1-a	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7
SM	A-1-b, A-2-4 A-2-5, A-2-7	A-2-6, A-4 A-5	A-6, A-7-6 A-7-6, A-1-a
SC	A-2-6, A-2-7	A-2-4, A-6 A-4, A-7-6	A-7-5
ML	A-4, A-5	A-6, A-7-5	–
CL	A-6, A-7-6	A-4	–
OL	A-4, A-5	A-6, A-7-5 A-7-6	–
MH	A-7-5, A-5	–	A-7-6
CH	A-7-6	A-7-5	–
OH	A-7-5, A-5	–	A-7-6
Pt	–	–	–

Sumber : Liu (1970) dikutip oleh Hardiyatmo H C, (2017)

Bowles (1991) dikutip oleh Septayani (2016) berpendapat bahwa, kelompok- kelompok tanah utama pada sistem klasifikasi Unifed Soil Classification System (USCS) diperlihatkan pada Tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2. 5 : Klasifikasi Tanah Unified Soil Classification System (USCS)

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

(Sumber : Bowles, 1991)

Keterangan :

- G = Untuk kerikil (*Gravel*) atau tanah berkerikil (*Gravelly Soil*)
- S = Untuk pasir (*Sand*) atau tanah berpasir (*Sandy soil*)
- M = Untuk lanau anorganik (*inorganic silt*)
- C = Untuk lempung inorganik (*inorganic clay*)
- O = Untuk lanau dan lempung organik (*organic*)
- Pt = Untuk gambut (*peat*) dan tanah dengan kandungan organik tinggi
- W = Untuk gradasi baik (*well graded*)
- P = Gradasi buruk (*poorly graded*)
- L = Plastisitas rendah (*low plasticity*)
- H = Plastisitas tinggi (*high plasticity*)
- LL = Batas Cair (*Liquid Limit*)

2.3 Sifat Fisis Tanah

Tanah dianggap sebagai suatu lapisan sedimen lepas seperti kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*) dan lempung (*clay*) atau campuran dari bahan-bahan tersebut Smith (1984). Das (1995) berpendapat bahwa dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong antar partikel-partikel tersebut. Sifat fisis tanah adalah sifat tanah yang didasarkan pada bentuk, ukuran tanah, warna tanah dan bau tanah yang diukur dan diteliti di Laboraturium dengan mengambil contoh tanah di lapangan. Tanah terdiri dari beberapa bagian yaitu bagian kering dan bagian jenuh. Dalam tanah yang kering terdapat pula dua bagian yaitu butir-butir tanah dan pori-pori udara sedangkan pada tanah yang jenuh juga terdapat dua bagian yaitu bagian padat atau butiran dan air pori.

2.3.1 Kadar Air

Hardiyatmo (1992) berpendapat bahwa pada dasarnya tanah terdiri dari beberapa bagian yaitu bagian padat dan bagian rongga. Bagian padat terdiri dari partikel-partikel tanah yang padat sedangkan bagian rongga terisi oleh air dan udara. Untuk menentukan suatu kadar air dari tanah tersebut dapat dilakukan pengujian sampel tanah dengan membandingkan antara berat yang terkandung dalam tanah dengan berat butir tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen. Kadar air tanah ialah perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut. Kadar air tanah dapat digunakan untuk menghitung parameter sifat-sifat tanah.

Kadar air (w), adalah perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat butiran padat (W_s) dalam tanah tersebut, dinyatakan dalam persen.

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

dimana:

w : kadar air (%)

W_w : berat air (g)

W_s : berat butiran padat (g)

Porositas (n), didefinisikan sebagai perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume total (V). Dalam hal ini dapat digunakan dalam bentuk persen maupun desimal.

$$n = \frac{V_v}{V} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

n : porositas

V_v : volume rongga (m^3)

V : volume total (m^3)

Angka Pori (e), didefinisikan sebagai perbandingan volume rongga (V_v) dengan volume butiran (V_s), Biasanya dinyatakan dalam desimal.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana:

e : angka Pori

V_v : volume rongga (m^3)

V_s : volume butiran (m^3)

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

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana:

γ_b : berat volume basah (kN/m^3)

W : udara

V : volume total tanah (cm^3)

dengan $W = W_w + W_s + W_v$ (W_v = berat udara = 0). Bila ruang udara terisi oleh air seluruhnya ($V_a = 0$), maka tanah menjadi jenuh. Berat volume kering (γ_d), adalah perbandingan antara berat butiran (W_s) dengan volume total (V) tanah.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana:

γ_d : berat volume kering (kN/m^3)

W_s : berat butiran (t)

V : volume total tanah (cm^3)

Berat volume butiran padat (γ_s), didefinisikan sebagai perbandingan antara berat butiran padat (W_s), dengan volume butiran padat (V_s).

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana:

γ_s : berat volume butiran padat (g/cm^3)

W_s : berat butiran padat (t)

V_s : volume butiran padat (m^3)

2.3.2 Berat Jenis Tanah

Hardiyatmo (1992) berpendapat bahwa menentukan berat jenis tanah ialah dengan mengukur berat sejumlah tanah yang isinya diketahui. Untuk tanah asli biasanya dipakai sebuah cincin yang dimasukkan kedalam tanah sampai terisi penuh, kemudian atas dan bawahnya diratakan dan cincin serta tanahnya ditimbang. Setelah mendapatkan nilai G_s , maka kita dapat menentukan jenis tanah dari berat jenis tanah tersebut dengan nilai-nilai berat jenis tanah sesuai ketentuan pada tabel 2.6 Berat jenis tanah (*specific gravity*) berikut.

Tabel 2. 6 : Berat jenis tanah (*specific gravity*)

Macam Tanah	Berat Jenis
Kerikil	2.65 - 2.68
Pasir	2.65 - 2.68
Lanau Organik	2.62 - 2.68
Lempung Organik	2.58 - 2.65
Lempung Anorganik	2.68 - 2.75
Humus	1.37
Gambut	1.25 - 1.80

Sumber: Hardiyatmo, 1992

Berat spesifik atau berat jenis (*specific gravity*) tanah (G_s), adalah perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s), dengan berat volume air (γ_w) pada temperature 4 °C.

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

dimana:

G_s : Berat spesifik

γ_s : berat volume butiran padat (g/cm^3)

γ_w : berat volume air (g/cm^3)

2.3.3 Distribusi ukuran butir tanah

Hardiyatmo (2012) berpendapat sifat-sifat tanah bergantung pada ukuran butirannya. Besarnya butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanah. Oleh karena itu, analisis ukuran butir tanah merupakan pengujian yang sangat sering dilakukan. Analisis ukuran butiran tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan. Terdapat dua metode untuk mengetahui distribusi ukuran partikel, yaitu analisis saringan dan pengujian *hydrometer*.

a. Analisa saringan

Penyaringan merupakan metode yang biasanya secara langsung untuk menentukan ukuran partikel dengan didasarkan pada batas-batas bawah ukuran lubang saringan yang digunakan. Batas terbawah saringan adalah ukuran terkecil untuk partikel pasir (Muntohar 2009).

Tabel 2. 7 : Susunan dan ukuran saringan (Hardiyatmo, 2002)

No. Saringan (ASTM)	Ukuran (mm)
No. 10	2,000
No. 20	0,850
No. 40	0,425
No. 60	0,250
No. 140	0,105
No. 200	0,075

b. Pengujian hidrometer

Muntohar (2009) menjelaskan proses penyaringan tidak dapat digunakan untuk tanah berbutir halus, seperti lanau dan lempung karena ukuran partikelnya sangat kecil berupa koloid (*colloid*). Sehingga untuk tanah berbutir halus, digunakan metode analisis hidrometer. Bila contoh tanah terdispersi di dalam air, partikel-partikel mengendap dengan kecepatan yang berbeda-beda bergantung pada ukuran, berat, dan bentuk serta kekentalan (*viscosity*) air. Partikel yang lebih besar akan mengendap lebih cepat diikuti dengan partikel-partikel yang lebih kecil.

2.3.4 Batas-Batas Atterberg

Hardiyatmo (2012) memaparkan bahwa suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisitasnya. Plastisitas disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Istilah plastisitas menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak atau remuk. Terdapat 3 macam batas-batas *atterberg*, yaitu:

a. Batas cair (*Liquid Limit*)

Batas cair didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Batas cair biasanya ditentukan dari uji *Casagrande* (Hardiyatmo 2012). Muntohar (2009) menjelaskan jika pada kondisi cair, tanah memiliki kekuatan yang sangat rendah dan terjadi deformasi yang sangat besar. Namun sebaliknya, kekuatan tanah menjadi sangat besar dan mengalami deformasi yang sangat kecil dalam kondisi padat. Untuk mengukur kekuatan tanah berdasarkan batas-batas *atterberg*, dikenal suatu parameter yaitu indeks cair (*Liquid Index*), LI, dimana:

$$w_N = \frac{w_N - PL}{PI} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan,

w_N = kadar air tanah asli di lapangan (%),

PL = batas plastisitas tanah (%).

PI = indeks plastisitas tanah (%).

b. Batas plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung (Hardiyatmo, 2012).

c. Batas susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan

kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah (Hardiyatmo, 2012).

2.4 Sifat Mekanis Tanah

Braja (1993) berpendapat bahwa sifat mekanis tanah adalah perilaku atau sifat tanah yang merupakan respon tanah terhadap tegangan dan regangan yang dialami tanah dalam keadaan yang paling ideal. Sifat mekanis tanah merupakan sifat perilaku dari struktur massa tanah pada dikenai suatu gaya atau tekanan yang dijelaskan secara teknis mekanis. Pengujian sifat mekanis tanah untuk mendapatkan nilai kuat geser pada tanah dapat dilakukan dengan pengujian *Direct Shear*.

2.4.1 Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan (Hardiyatmo 2002) :

- Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser,
- Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis-analisis antara lain ;

- Kapasitas dukung tanah
- Stabilitas lereng
- Gaya dorong pada dinding penahan

Menurut Mohr (1910) keruntuhan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi tersebut dinyatakan ;

$$\tau = f(\sigma) \dots \dots \dots (2.9)$$

dimana:

τ = tegangan geser (kN/m^2)

σ = tegangan normal (kN/m²)

Rumus menurut Coulomb (1776) :

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana

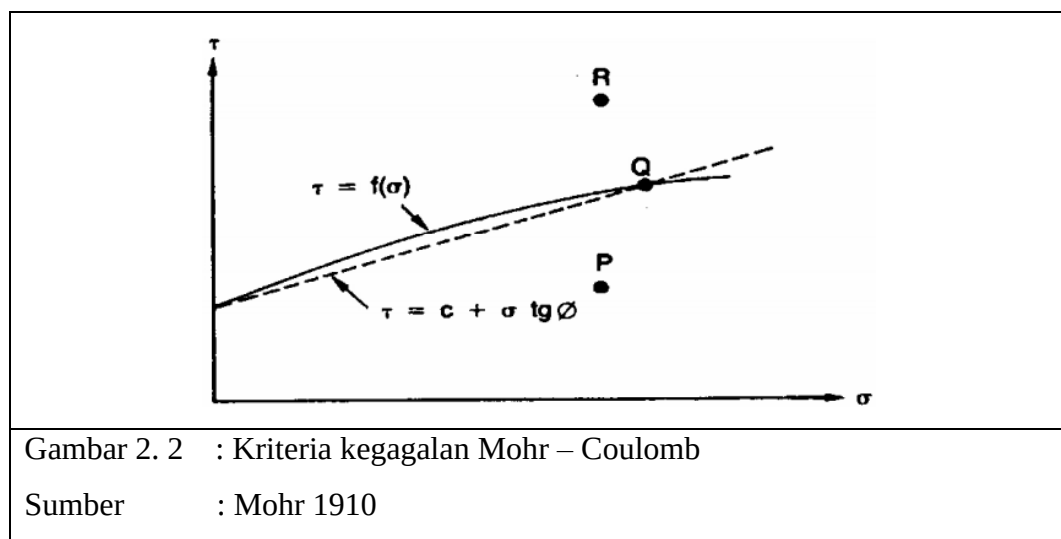
τ = kuat geser tanah (kN/m²)

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

c = kohesi tanah (kN/m²)

ϕ = sudut gesek dalam tanah (derajad)

Kriteria keruntuhan/kegagalan Mohr-Coulomb dapat dilihat pada gambar 2.2.



Kriteria keruntuhan/kegagalan Mohr-Coulomb digambarkan dalam bentuk garis lurus. Jika kedudukan tegangan baru mencapai titik P, keruntuhan tidak akan terjadi. Pada titik Q terjadi keruntuhan karena titik tersebut terletak tepat pada garis kegagalan. Titik R tidak akan pernah dicapai, karena sebelum mencapai titik R sudah terjadi keruntuhan.

Terzaghi (1925) mengubah persamaan Coulomb dalam bentuk efektif karena tanah sangat dipengaruhi oleh tekanan air pori.

$$\tau = c' + (\sigma - \mu) \operatorname{tg} \phi' \text{ karena } \sigma' = \sigma - \mu \dots\dots\dots(2.11)$$

maka persamaan menjadi ;

$$\tau = c' + \sigma' \tan \phi' \dots\dots\dots (2.12)$$

dengan ;

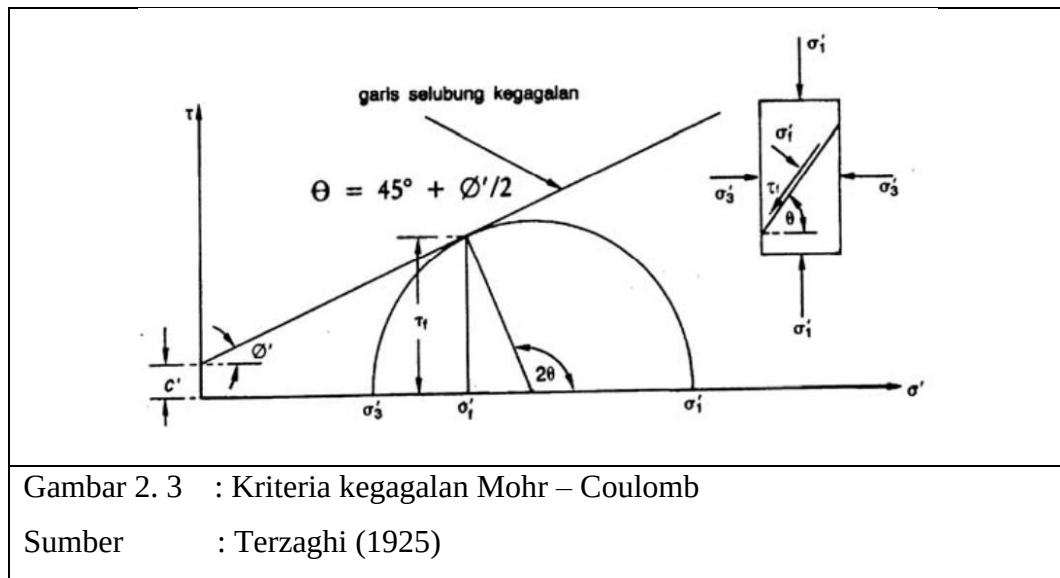
τ = tegangan geser (kN/m^2)

σ' = tegangan normal efektif (kN/m^2)

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

ϕ' = sudut gesek dalam tanah efektif (derajat)

Kuat geser tanah bisa dinyatakan dalam bentuk tegangan efektif σ'_1 dan σ'_3 pada saat keruntuhan terjadi. Lingkaran Mohr berbentuk setengah lingkaran dengan koordinat (τ) dan (σ') dapat dilihat pada gambar 2.3.



Dari lingkaran Mohr dapat dilihat ;

σ'_1 = tegangan utama mayor efektif (kN/m^2)

c' = kohesi (kN/m^2)

σ'_3 = tegangan utama minor efektif (kN/m^2)

ϕ = sudut gesek dalam efektif

θ = sudut keruntuhan (derajat) Tegangan geser

(τ'_f) = tegangan geser efektif pada saat terjadi keruntuhan Tegangan normal

(σ'_f) = tegangan normal efektif pada saat terjadi keruntuhan.

$$\tau_{f'} = \frac{1}{2} (\sigma_{1'} - \sigma_{3'}) \sin 2 \theta \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\sigma_{f'} = \frac{1}{2} (\sigma_{1'} + \sigma_{3'}) + \frac{1}{2} (\sigma_{1'} - \sigma_{3'}) \cos 2 \theta \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\sin \varphi' = \frac{\frac{1}{2} (\sigma_{1'} - \sigma_{3'})}{c \csc \varphi' + \frac{1}{2} (\sigma_{1'} + \sigma_{3'})} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

' σ_1 : tegangan utama mayor efektif (kN/m²)

c' : kohesi (kN/m²)

' σ_3 : tegangan utama minor efektif (kN/m²)

ϕ : sudut gesek dalam efektif

θ : sudut keruntuhan (derajat)

2.4.2 Kohesi (c)

Sunggono (1984), berpendapat bahwa 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 kritis pada tegangan normal dan tegangan geser yang tidak sesuai dengan faktor aman dari yang direncanakan. Nilai ini didapat dari pengujian *Direct Shear Test*.

2.5 Longsor

Suripin (2002) berpendapat bahwa tanah longsor merupakan bentuk erosi dimana pengangkutan atau gerakan masa tanah terjadi pada suatu saat dalam volume yang relatif besar. Peristiwa tanah longsor dikenal sebagai gerakan massa tanah, batuan atau kombinasinya, sering terjadi pada lereng-lereng alam atau buatan dan sebenarnya merupakan fenomena alam yaitu alam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan atau faktor yang mempengaruhinya dan menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser tanah.

Menurut Subowo (2003), ada 6 (enam) jenis tanah longsor, yaitu: longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan

tanah, dan aliran bahan rombakan seperti pada Tabel 2.8. Dari keenam jenis longsor tersebut, jenis longsor translasi dan rotasi paling banyak terjadi di Indonesia. Hal tersebut dikarenakan tingkat pelapukan batuan yang tinggi,

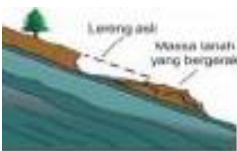
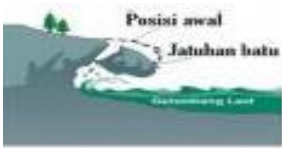
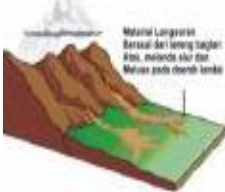
Hardiyatmo (2006) berpendapat bahwa longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Proses terjadinya tanah longsor diakibatkan oleh air yang meresap ke dalam tanah dapat mengakibatkan bertambahnya bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

Hardiyatmo (2007), berpendapat bahwa, adapun sebab-sebab longsor lereng alam yang sering terjadi adalah:

- a. Penambahan beban pada lereng. Tambahan beban lereng dapat berupa beban bangunan baru, tambahan beban air yang masuk ke pori-pori tanah maupun yang menggenangi dipermukaan tanah dan beban dinamis oleh tumbuh-tumbuhan yang tertiuap angin.
- b. Penggalian atau pemotongan tanah pada kaki lereng
- c. Penggalian yang mempertajam kemiringan lereng
- d. Perubahan posisi muka air secara cepat (*rapid drawdown*) pada sungai, dan lain-lain.
- e. Kenaikan tekanan lateral oleh air (air yang mengisi retakan akan mendorong tanah ke arah lateral.
- f. Penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng akibat kenaikan kadar air, kenaikan tekanan air pori, tekanan rembesan oleh genangan air dalam tanah, tanah pada lereng mengandung lempung yang mudah kembang susut.
- g. Getaran atau gempa bumi.

longsor yang paling banyak memakan korban jiwa manusia adalah aliran bahan rombakan. Jenis tanah longsor dapat dilihat pada tabel 2.8 dibawah ini.

Tabel 2. 8 : Jenis Tanah Longsor

No	Jenis Longsor	Sketsa	Keterangan
1	2	3	4
1	Longsor Translasi		Longsor translasi adalah bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggolombangkan landai.
2	Longsor Rotasi		Longsor rotasi adalah bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.
3	Pergerakan Blok		Pergerakan blok adalah bergeraknya batuan pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsor ini disebut longsor blok batu.
4	Runtuhan Batu		Runtuhan batu adalah runtuhnya sejumlah besar batuan atau material lain bergerak kebawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung.
5	Rayapan Tanah		Rayapan tanah adalah jenis gerakan tanah yang bergerak lambat. Jenis gerakan tanah ini hampir tidak dapat dikenali. Rayapan tanah ini bisa menyebabkan tiang telepon, pohon, dan rumah miring.
6	Aliran Bahan Rombakan		Gerakan tanah ini terjadi karena massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran dipengaruhi kemiringan lereng, volume dan tekanan air, serta jenis materialnya. Gerakkannya terjadi sepanjang lembah dan mampu mencapai ribuan meter.

2.6 Lereng

Wesley (1977) berpendapat bahwa lereng merupakan suatu kondisi permukaan tanah dimana terdapat perbedaan elevasi antara suatu daerah dengan daerah lain dan membentuk kemiringan tertentu yang terbentuk oleh alam seperti

bukit dan sungai dan lereng yang terbentuk akibat ulah manusia seperti galian dan timbunan yang digunakan untuk jalan raya, bendungan, tanggul dan lain-lain. Tanah yang tidak datar seperti lereng menghasilkan komponen gravitasi dan berat cenderung menggerakkan massa tanah dari elevasi tinggi ke rendah. Gaya penggerak ini dapat pula disebabkan oleh air dan gempa. Gaya-gaya tersebut akan menghasilkan tegangan geser pada seluruh massa tanah dan apabila tegangan lebih kecil daripada gaya penggerak yang terjadi maka dapat terjadi kelongsoran atau longsor lereng.

Karnawati (2001) berpendapat, kelerengan menjadi faktor yang sangat penting dalam proses terjadinya tanah longsor. Pembagian zona kerentanan sangat terkait dengan kondisi kemiringan lereng. Kondisi kemiringan lereng lebih 15° perlu mendapat perhatian terhadap kemungkinan bencana tanah longsor dan tentunya dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain yang mendukung. Pada dasarnya sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan daerah perbukitan atau pegunungan yang membentuk lahan miring. Namun tidak selalu lereng atau lahan yang miring berpotensi longsor. Potensi terjadinya gerakan pada lereng juga tergantung pada kondisi batuan dan tanah penyusun lerengnya, struktur geologi, curah hujan, vegetasi penutup, dan penggunaan lahan pada lereng tersebut.

Lebih jauh Karnawati (2001) menyebutkan terdapat 3 tipologi lereng yang rentan untuk bergerak/longsor, yaitu :

- 1) Lereng yang tersusun oleh tumpukan tanah gembur dialasi oleh batuan atau tanah yang lebih kompak.
- 2) Lereng yang tersusun oleh pelapisan batuan miring searah lereng.
- 3) Lereng yang tersusun oleh blok-blok batuan.

Mustafiril (2003) berpendapat kemantapan suatu lereng tergantung kepada gaya penggerak dan gaya penahan yang ada pada lereng tersebut. Gaya penggerak adalah gaya-gaya yang berusaha untuk membuat lereng longsor sedangkan gaya penahan adalah gaya-gaya yang mempertahankan kemantapan lereng tersebut. Jika gaya penahan ini lebih besar dari pada gaya penggerak, maka lereng tersebut tidak akan mengalami gangguan atau berarti lereng tersebut mantap.

Pada dasarnya sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan daerah perbukitan atau pegunungan yang membentuk lahan miring. Lereng atau lahan yang kemiringannya melampaui 20° (40%), umumnya berbakat untuk bergerak atau longsor. Namun tidak selalu lereng atau lahan yang miring berpotensi untuk longsor, dari berbagai kejadian longsor, dapat diidentifikasi 3 tipologi lereng yang rentan untuk bergerak yaitu:

- a. Lereng timbunan tanah residual yang dialasi oleh batuan kompak.
- b. Lereng batuan yang berlapis searah lereng topografi.
- c. Lereng yang tersusun oleh blok-blok batuan.

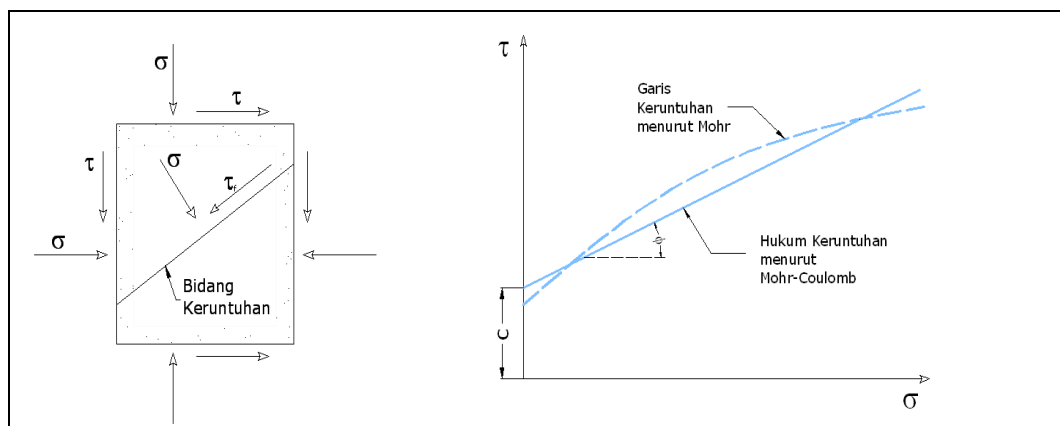
Abramson (1996), menyebutkan bahwa material lereng mempunyai kecenderungan untuk terjadi longsor karena tegangan geser pada tanah akibat gravitasi dan kekuatan lain (aliran air, tegangan tektonik, aktivitas gempa). Kecenderungan ini ditahan oleh kuat geser material lereng. Menurut Hardiyatmo (2007), kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Bila tanah mengalami pembebanan, maka akan ditahan oleh kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya dan gesekan antara butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang geser.

2.7 Keruntuhan Lereng

Suryolelono (2003) menyatakan bahwa keruntuhan lereng dapat terjadi disebabkan oleh pengurangan kuat geser dan penambahan tegangan geser pada lapisan tanah pembentuk lereng. Peningkatan tegangan geser terjadi disebabkan adanya fenomena variasi gaya intergranuler yang diakibatkan oleh kadar air dalam tanah yang menimbulkan tekanan air pori dalam tekanan hidrostatik dalam tanah meningkat. Bertambahnya berat beban pada lereng yang disebabkan air hujan yang berinfiltrasi ke dalam tanah di bagian lereng yang terbuka menyebabkan kandungan air dalam tanah meningkat, sehingga berat volume tanah bertambah dan berat pada lereng semakin besar. Pengaruh gempa juga menyebabkan kondisi lereng yang sebelumnya stabil menjadi labil.

Kondisi ini terjadi akibat guncangan pada lapisan tanah di bumi, sehingga menimbulkan perubahan pada struktur tanah. Akibat pengaruh gempa, tekanan air pori (μ) dalam lapisan tanah pasir ini meningkat, mengakibatkan tegangan efektif tanah menurun. Hal ini berarti tanah kehilangan kuat dukung tanah, berakibat tanah pembentuk lereng di atas lapisan ini runtuh maka timbul masalah tanah longsor. Pengurangan kuat geser tanah pada lereng yang mengalami longsor disebabkan oleh faktor kondisi geologi yaitu jenis tanah, dan tekstur dari tanah pembentuk lereng. Bentuk butiran tanah berpengaruh terhadap friksi yang terjadi dalam tanah, pelapisan tanah, pengaruh gempa, geomorfologi (kemiringan daerah), iklim dan hujan dengan intensitas tinggi menimbulkan perubahan parameter tanah yang berkaitan dengan pengurangan kuat gesernya.

Keruntuhan geser pada tanah atau batuan terjadi akibat gerak relatif antar butirnya. Oleh sebab itu kekuatannya tergantung pada gaya yang bekerja antar butirnya. Bagian yang bersifat kohesif, tergantung pada macam tanah / batuan dan ikatan butirnya. Bagian yang bersifat gesekan, yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.



Gambar 2. 4 : Teori Mohr-Coulomb

Sumber : Das (1993)

2.8 Stabilitas Lereng

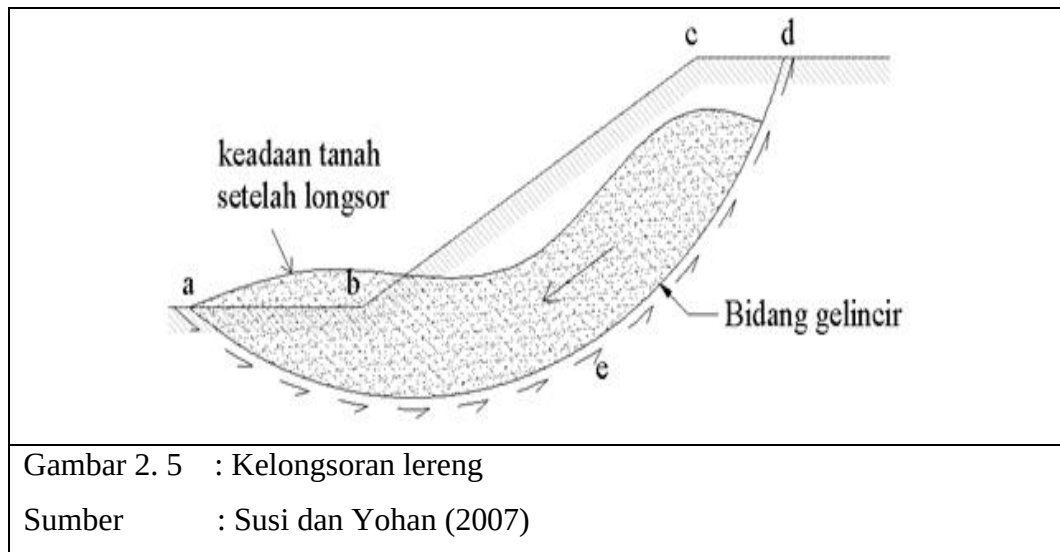
Azmeri dan Devi (2013), menyebutkan bahwa konsep stabilitas lereng sangat dibutuhkan dalam mengembangkan penggunaan lereng pada saat ini. Dengan meningkatnya penggunaan lereng untuk kepentingan manusia, maka

dibutuhkan pengembangan konsep stabilitas lereng yang bertujuan untuk mengatasi masalah keruntuhan lereng. Untuk dapat mengatasi masalah keruntuhan lereng tersebut, maka diperlukan pemahaman terhadap parameter yang berkaitan dengan keruntuhan lereng, analisis stabilitas lereng dan pemilihan metode perbaikan atau perkuatan lereng yang efektif. Dengan adanya konsep ini kestabilan lereng yang baik, keruntuhan lereng ataupun kegagalan desain lereng buatan dapat dihindari.

Hardiyatmo (2010), berpendapat bahwa analisis kestabilan lereng ditujukan untuk mendapatkan angka faktor keamanan dari suatu bentuk lereng tertentu, dengan diketahuinya faktor keamanan memudahkan pekerjaan pembentukan atau perkuatan lereng untuk memastikan apakah lereng yang telah dibentuk mempunyai risiko longsor atau cukup stabil.

Hardiyatmo (2007), juga menjelaskan bahwa, pada permukaan tanah yang tidak horizontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga berlawanan terhadap geseran yang dapat dikembangkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi longsor. Analisis stabilitas tanah pada permukaan yang miring ini, biasanya disebut dengan analisis stabilitas lereng. Analisis ini sering dijumpai pada perancangan-perancangan bangunan seperti jalan raya, bandara dan lain-lain. Umumnya analisis stabilitas dilakukan untuk mengecek keamanan dari lereng alam dan lereng galian tanah.

Susi dan Yohan (2007), berpendapat bahwa, jika permukaan membentuk suatu kemiringan maka komponen massa tanah di atas bidang gelincir cenderung akan bergerak ke arah bawah akibat gravitasi. Jika komponen gaya berat yang terjadi cukup besar, dapat mengakibatkan longsor pada lereng tersebut. Kondisi ini dapat dicegah jika gaya dorong (*driving force*) tidak melampaui gaya perlawanan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.5 berikut.

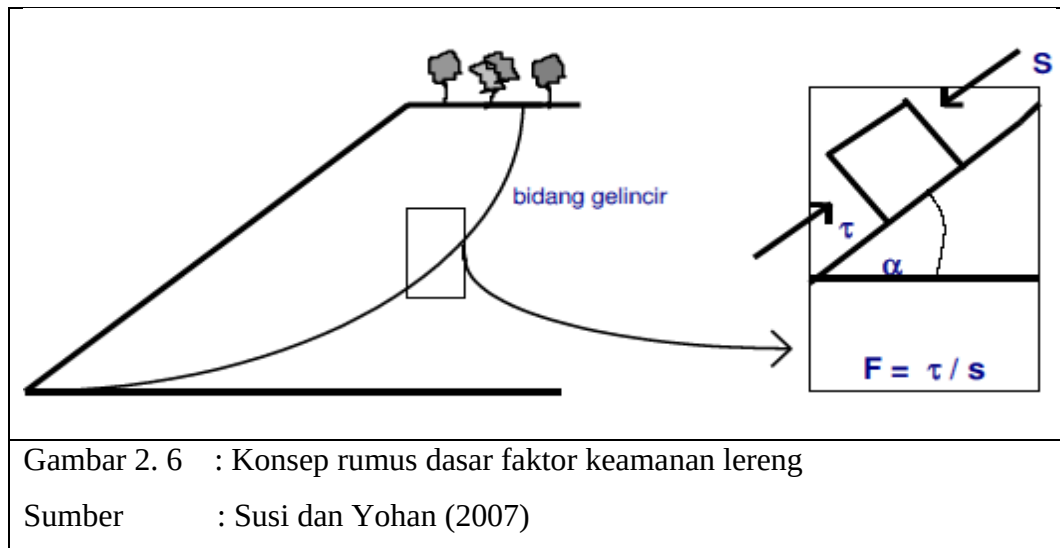


Bidang gelincir dapat terbentuk dimana saja di daerah-daerah yang lemah. Jika longsor terjadi dimana permukaan bidang gelincir memotong lereng pada dasar atau di atas ujung dasar dinamakan longsor lereng (*slope failure*) seperti diperlihatkan pada gambar 2.3a. Lengkung kelongsoran disebut sebagai lingkaran ujung dasar (*toe circle*), jika bidang gelincir tadi melalui ujung dasar maka disebut lingkaran lereng (*slope circle*). Pada kondisi tertentu terjadi kelongsoran dangkal (*shallow slope failure*) seperti yang ditunjukkan gambar 2.3b. Jika longsor terjadi dimana permukaan bidang gelincir berada agak jauh di bawah ujung dasar dinamakan longsor dasar (*base failure*) seperti pada gambar 2.2c. Lengkung kelongsorannya dinamakan lingkaran titik tengah (*mindpoint circle*).

2.9 Analisis Stabilitas Lereng

Hardiyatmo (2007), menyatakan bahwa analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastis (*limit plastic equilibrium*). Tujuan dari analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor keamanan dari bidang longsor potensial.

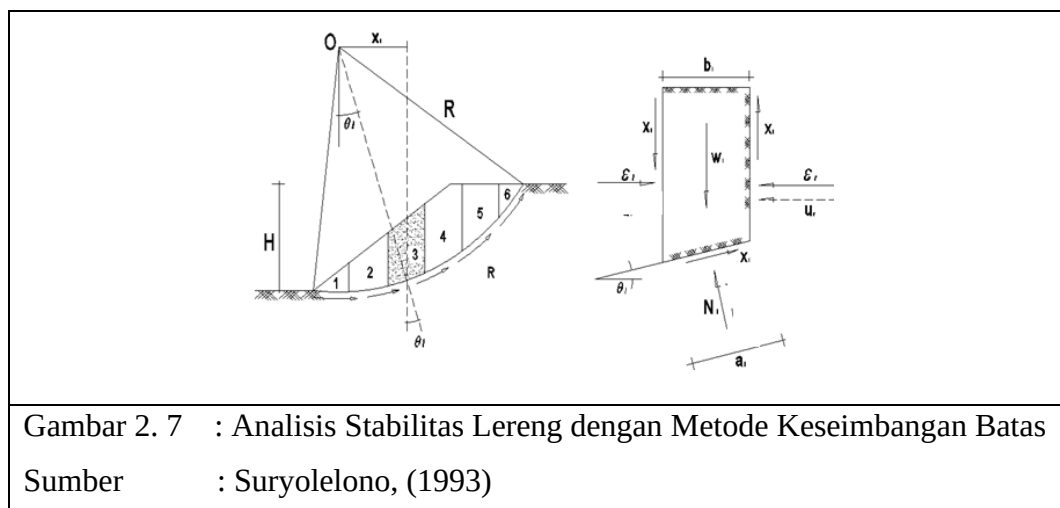
Zakaria (2000), menyatakan banyak rumus perhitungan faktor keamanan lereng (material tanah) yang diperkenalkan untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng. Rumus dasar factor keamanan (FK) lereng yang diperkenalkan oleh *Fellenius*. Konsep rumus dasar faktor keamanan ini dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut :



Pada umumnya analisis stabilitas lereng dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu :

- Prosedur Massa (*Mass Procedure*)
- Metoda Irisan (*Method of Slice*)

Das (2002), berpendapat Pada cara analisis ini tanah yang ada di atas bidang gelincir dibagi menjadi beberapa irisan-irisan parallel tegak. Stabilitas dari tiap-tiap irisan dihitung secara terpisah. Metode ini lebih teliti karena tanah yang tidak homogen dapat juga dimasukkan dalam perhitungan. Salah satu metode yang digunakan untuk analisis stabilitas terhadap kelongsoran lereng yaitu metode keseimbangan batas dengan asumsi bentuk bidang longsor berupa lingkaran seperti yang terlihat pada Gambar 2.7.



2.10 Faktor Keamanan

Lereng terbentuk oleh banyaknya variabel dan banyaknya faktor ketidakpastian antara lain parameter parameter tanah seperti kuat geser tanah, kondisi tekanan air pori maka dalam menganalisis selalu dilakukan penyederhanaan dengan berbagai asumsi. Secara teoritis massa yang bergerak dapat dihentikan dengan meningkatkan kekuatan gesernya.

Duncan (2005), menyatakan bahwa parameter yang dihasilkan dalam analisis stabilitas lereng adalah bentuk bidang keruntuhan dan faktor keamanan. Faktor keamanan digunakan untuk mengidentifikasi stabilitas lereng yang didefinisikan sebagai perbandingan antara kuat geser tanah dan tegangan geser yang bekerja pada massa tanah. Besar faktor keamanan dalam aplikasinya sangat tergantung pada kualitas hasil penyelidikan tanah, fungsi lereng, dan pengalaman perencanaan, semakin besar faktor keamanan yang ditetapkan.

Bowless (1993), juga mengeluarkan angka keamanan lereng dengan hubungan intensitas longsor seperti diperlihatkan pada tabel 2.9 berikut :

Tabel 2. 9 : Angka keamanan lereng dengan hubungan intensitas longsor

No.	Nilai Faktor Keamanan	Kejadian Intensitas Longsor
1.	$FK < 1,07$	Longsor terjadi biasa /rentan (lereng labil)
2.	$1,07 < FK < 1,25$	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)
3.	$FK > 1,25$	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)

Sumber : Bowless (1993)

Ray dan De Smitd (2009) menyarankan klasifikasi kestabilan lereng yang dikaitkan dengan faktor aman, seperti yang ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 2. 10 : Klasifikasi kestabilan lereng Ray dan De Smitd (2009)

Faktor Aman	Klasifikasi Kestabilan Lereng	Keterangan
$F > 1,5$	Stabil	Hanya gangguan Besar dapat membuat ketidakstabilan
$1,25 < F < 1,5$	Kestabilan sedang	gangguan ketidakstabilan sedang dapat membuat ketidakstabilan
$1 < F < 1,25$	Agak Stabil	gangguan ketidakstabilan minor dapat mengganggu stabilitas
$F < 1$	Tidak Stabil	Memerlukan perbaikan stabilitas lereng

Sumber : Ray dan De Smitd (2009)

Nilai faktor keamanan desain dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 11 : Nilai faktor keamanan desain.

No.	Fakor	Artinya
1	Kurang dar 1,0	Tidak aman
2	1,0-1,2	Keamanan yang diragukan
3	1,3-1,4	Aman untuk galian dan timbunan
4	1,5-1,75	Aman untuk perkuatan

Sumber: Bowles (1989)

2.11 Metode *Fellenius*

Metode *Fellenius* (*Ordinary Method of Slice*) diperkenalkan pertama oleh *Fellenius* (1936), berdasarkan bahwa gaya memiliki sudut kemiringan paralel dengan dasar irisan FK dihitung dengan keseimbangan momen. *Fellenius* mengemukakan metodenya dengan menyatakan asumsi bahwa keruntuhan terjadi melalui rotasi dari suatu blok tanah pada permukaan longsor berbentuk lingkaran (*sirkuler*) dengan titik O sebagai titik pusat rotasi. Metode ini juga menganggap bahwa gaya normal P bekerja ditengah-tengah *slice*.

Analisis stabilitas lereng dengan cara *Fellenius* (1927) menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsornya. Dengan anggapan ini, keseimbangan arah vertikal dan gaya-gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori adalah:

$$N_i + U_i = W_i \cos \theta \dots\dots\dots (2.16)$$

Atau

$$N_i = W_i \cos \theta_i - U_i \dots\dots\dots (2.17)$$

$$= W_i \cos \theta_i - u_i a_i \dots\dots\dots (2.18)$$

Faktor aman didefinisikan pada persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$FK = \frac{\sum Mr}{\sum Md} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

M_r : Jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor

M_d : Jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor

Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah $R \sin \theta$ maka :

$$\sum M_d = R \sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

R : jari-jari lingkaran bidang longsor

n : jumlah irisan

W_i : berat massa tanah irisan ke- i

θ_i : sudut yang didefinisikan

Dengan cara yang sama, momen yang menahan tanah akan longsor adalah :

$$\sum M_r = R \sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + N_i \operatorname{tg} \varphi) \dots\dots\dots (2.21)$$

Sehingga persamaan untuk faktor aman menjadi,

$$FK = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (ca_i + N_i \operatorname{tg} \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \dots\dots\dots (2.22)$$

Bila terdapat air pada lereng, tekanan air pori pada bidang longsor tidak menambah momen akibat tanah yang akan longsor (M_d). karena resultan gaya akibat tekanan air pori lewat titik pusat lingkaran Substitusi Persamaan (2.16) ke Persamaan (2.17), diperoleh:

$$FK = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} ca_i + (W_i \cos \theta_i + U_i a_i) \operatorname{tg} \varphi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \dots\dots\dots (2.23)$$

Sehingga persamaan untuk faktor aman menjadi,

$$FK = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \Delta L_n + W_n \cos \alpha_n \tan \phi)}{\sum_{n=1}^{n=p} (W_n \sin \alpha_n)} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

FK : faktor aman

c : kohesi tanah (kN/m^2)

φ : sudut gesek dalam tanah (derajat)

ΔL_n : panjang lengkungan lingkaran pada irisan ke – I (m)

W_n : berat irisan tanah ke – i (kN)

α_n : sudut yang didefinisikan (derajat)

2.12 *Geo-Slope/W*

Slope/W adalah produk perangkat lunak untuk menghitung faktor keamanan lereng dan kemiringan batuan. *Slope/W*, digunakan untuk menganalisis masalah baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan yang miring, kondisi tekanan pori-air, sifat tanah, dan beban terkonsentrasi menggunakan elemen tekanan pori air yang terbatas, tegangan statis, atau tekanan dinamik pada analisis stabilitas lereng. Selain itu kita juga dapat melakukan analisis probabilistik.

Slope/W merupakan program yang digunakan untuk pemodelan permasalahan lereng dalam bentuk penggambaran pada layar komputer dalam aplikasi *Computer Aided Design (CAD)*. Kemudian data yang telah dimodelkan tersebut dianalisis dengan menggunakan *Slope/W Solve*. Perhitungan dilakukan sesuai dengan data masukan dan pengaturan analisis (*Analysis Setting*) yang telah ditentukan. *Slope/W Contour* akan menampilkan grafis seluruh bidang longsor dan nilai faktor aman dapat ditunjukkan dalam bentuk kontur faktor aman serta diagram dan poligon tiap pias tertentu. Dalam penelitian ini digunakan *software Geo-Slope/W Geostudio 2018 Versi 9.1.1*.

2.13 Referensi Penelitian Terdahulu

No.	Nama peneliti	Judul penelitian	Hasil penelitian
1.	Uswatun Chasanah (2012)	Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan Geotekstil menggunakan program geoslope	Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa besarnya penurunan rata-rata nilai SF akibat kemiringan lereng sebesar 19,401%, 43,431%, 15,558%, 26,081%, dan 15,18% terhadap penggeseran, penggulingan lereng atas, penggulingan lereng bawah, kelongsoran lereng atas, dan kelongsoran lereng bawah. Besarnya peningkatan rata-rata nilai SF pada panjang geotekstil 8 m sebesar 60,014%,

No.	Nama peneliti	Judul penelitian	Hasil penelitian
			59,978%, 45,612%, 69,339%, 116,522%, 74,931%, 41,81%, 15,18%, dan 9,915% terhadap cabut tulangan lereng atas, cabut tulangan lereng bawah penggeseran, penggulingan lereng atas, penggulingan lereng bawah, kelongsoran lereng atas, kelongsoran lereng bawah, dan longsor lereng secara keseluruhan.
2.	Septian Adi Saputra (2017)	Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever dan Geotekstil pada ruas jalan lintas liwa – Simpang gunung kemala KM. 268+550	Hasil analisis stabilitas kelongsoran lereng yang diperkuat dengan geotekstil menggunakan SLOPE/W diperoleh nilai angka keamanan 1,332, sedangkan yang diperkuat dengan dinding penahan kantilever sebesar 1,852. Untuk analisis stabilitas eksternal dengan perkuatan geotekstil didapatkan angka keamanan stabilitas guling 5,9479, stabilitas geser 3,3531 dan daya dukung 3,4815, sedangkan dengan perkuatan dinding penahan kantilever didapatkan angka keamanan stabilitas guling 6,0643, stabilitas geser 2,2346 dan daya dukung 3,1828
3.	Aisyah Anugerah Arsy (2018)	Analisis stabilitas timbunan pada konstruksi Badan jalan dengan perkuatan geotekstil Menggunakan metode fellenius	Hasil analisis stabilitas timbunan badan jalan tanpa menggunakan perkuatan dengan metode Fellenius secara perhitungan manual diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,786, sedangkan pada program Geoslope diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,947 untuk kondisi tanpa pengaruh beban gempa dan sebesar 1,030 untuk kondisi yang dipengaruhi beban gempa. Nilai faktor keamanan yang dipengaruhi beban gempa kurang dari 1,30 yang berarti kondisi badan jalan dalam. Hasil analisis stabilitas timbunan badan jalan menggunakan perkuatan geotekstil dengan metode Fellenius secara perhitungan manual pada variasi panjang pertama, kedua dan ketiga

No.	Nama peneliti	Judul penelitian	Hasil penelitian
			dengan panjang geotekstil masing-masing 10 m, 13 m dan 15 m yaitu 2,339, 2,347 dan 2,375, dengan menggunakan program Geoslope tanpa pengaruh gempa sebesar 2,497, 2,855 dan 2,947 dan dengan pengaruh gempa yaitu 1,304, 1,422 dan 1,448.

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan langkah-langkah yang dilakukan secara sistematis dengan kerangka acuan yang jelas dalam menyelesaikan permasalahan. Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai tahapan-tahapan atau metodologi penelitian untuk menentukan hasil yang ingin dicapai sesuai dengan tujuan yang ada. Mulai dari lokasi penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, parameter-parameter yang diperlukan, kemudian dianalisis dengan menggunakan program *Slope/W*. Bagan Alir penelitian analisis ini diperlihatkan pada Lampiran A.1.1 halaman 67-68.

3.1 Lokasi Studi Kasus

Lokasi penelitian Tugas Akhir ini berada di Ruas Jalan Nasional Bts. Bireun Bener Meriah – Bts. Bener Meriah Aceh Tengan KM 282+700. Berikut koordinat lokasi sebagai berikut:

Tabel 3. 1 : Koordinat Lokasi Tinjauan

Titik Tinjauan (KM)	Koordinat Derajat Desimal	
	Garis Bujur (X)	Garis Lintang (Y)
282+700	4,7789598	96,7378499

3.2 Kondisi Geologi

Berdasarkan peta geologi regional Bener Meriah peta dapat dilihat pada lampiran A.1.5 halaman 72, teridentifikasi struktur geologi berupa sesar geser dari sumatera *Fault System*, sesar ini adalah sesar aktif yang dapat bekerja sewaktu-waktu. Struktur geologi lain yang berkembang adalah struktur kekar terjadi sama seperti proses pembentukan struktur patahan dan perlipatan.

Pada umumnya daerah penyelidikan rentan terhadap gerakan tanah disebabkan karena bentang alamnya tidak datar atau merupakan pegunungan-

perbukitan bergelombang kuat, dan dibangun oleh batuan sedimen (batu pasir, batu lumpur, dan batu gamping) yang telah lapuk kuat hingga menjadi tanah serta merupakan daerah yang telah terdeformasi atau intensitas struktur geologi yang sedang-tinggi. Kemiringan suatu lereng merupakan faktor yang penting untuk terjadinya gerakan tanah karena berhubungan dengan kekuatan material pembentuk lereng. Karena semakin tinggi atau curamnya suatu lereng akan memperbesar kuat geser tanah atau batuan dimana lereng tersebut berada.

3.3 Kondisi Topografi

Berdasarkan data topografi ruas jalan Bts. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah merupakan daerah yang terletak $4^{\circ} 33' 50''$ - $4^{\circ} 54' 50''$ Lintang Utara dan $96^{\circ} 40' 75''$ - $97^{\circ} 17' 50''$ Bujur Timur dengan tinggi rata-rata di atas permukaan laut 100 - 2.500 mdpl, bertemperatur antara 26°C sampai $32,5^{\circ}\text{C}$.

3.4 Kondisi Geomorfologi

Lokasi penelitian merupakan daerah perbukitan bergelombang sedang-kuat khususnya di sekitar Ruas Jalan Bts. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah KM 282+700. Sudut kemiringan lereng perbukitan 46° , ditempati oleh batu pasir lanau, batu lumpur, batu gamping dan batu pasir yang membentuk perbukitan bergelombang sedang-kuat. Daerah penelitian mempunyai ketinggian rata-rata 18 meter. Umumnya ketinggian perbukitan daerah Bener Meriah antara 100 meter hingga 2500 meter diatas permukaan laut.

3.5 Tahapan Persiapan

Tahapan Persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pengolahannya, meliputi :

1. Studi pustaka terhadap permasalahan yang ada, sehingga garis besar perencanaan dapat ditentukan;
2. Menentukan kebutuhan data;

3.6 Tahapan Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer dapat diperoleh dengan menggunakan teknik pengumpulan data berupa :

a. Pengujian Sifat Fisis Tanah

- Kadar air
- Berat jenis
- Analisis saringan
- *Hidrometer Test*
- *Atteberg limit*
- *Unit Weight*

b. Pengujian Sifat Mekanis *Direct Shear* (Kuat Geser)

Data sekunder diperoleh dengan cara menghubungi pihak yang memiliki data tersebut. Dalam penelitian ini data sekunder yang digunakan dari Survey yang dilakukan oleh PT. Esti Yasagama yang ditunjuk oleh Balai Pelaksanaan Jalan Nasional I (BPJN I) Banda Aceh. dari survey yang dilakukan panjang kerusakan jalan ± 163 meter. Adapun data lain seperti data peta/sketsa lokasi lapangan, hasil inventarisasi, peta provinsi aceh, peta jaringan jalan dan dokumentasi foto.

Tahap pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk menentukan penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Untuk melakukan analisis ini diperlukan berbagai jenis data yang berkaitan dan mendukung perhitungan analisis stabilitas lereng. Sesuai dengan jenis kebutuhan data yang akan digunakan dalam analisis ini, maka teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini hanya terdiri dari data sekunder yang diperoleh dari *Survey* yang dilakukan oleh PT. Esti Yasagama yang ditunjuk oleh Balai Pelaksanaan Jalan Nasional I (BPJN I) Banda Aceh.

Data sekunder merupakan data yang diperoleh penulis berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berhubungan dengan penelitian ini. Data Sekunder yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran B

halaman 87 - 90. Data parameter tanah ini merupakan data yang digunakan untuk memperoleh hasil perhitungan analisis kestabilan lereng.

Data yang digunakan untuk analisis stabilitas lereng menggunakan program *Slope/W* adalah berat volume tanah (γ), kohesi (c), dan sudut geser dalam tanah (ϕ) yang diperoleh dari hasil pengujian sampel tanah pada lokasi penelitian di laboratorium.

3.7 Prosedur Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel secara tidak terganggu (*undisturbed*) dan untuk pengambilan sampel penelitian ini menggunakan alat *Hand Bor*.

- Langkah Kerja
 - a. Permukaan atas tempat pengambilan sampel di bersihkan terlebih dahulu ± 1 cm dari sisa-sisa material yang ada di area tersebut.
 - b. Sambung mata bor dengan stang bor dengan kuat
 - c. Gunakan stang pemutar untuk mulai pengeboran tanah
 - d. Lakukan pengangkatan setelah dirasa mata bor penuh kurang lebih 10 sampai 15 cm.
 - e. Catat kedalaman pengeboran dan lakukan diskripsi tanah secara visual.
 - f. Lakukan pekerjaan ini berulang kali.
 - g. Amati kedalaman setiap pengambilan tanah ini, jenis tanah, warna tanah dan keadaannya serta muka air bila ada.
 - h. Lakukan pengambilan contoh sesuai dengan keperluan atau pada setiap pergantian lapisan dengan cara:
 - Ganti mata bor dengan stick apparatus.
 - Pasang tabung contoh dengan dongkrak yang dipasangkan pada angker dan tambang, atau
 - Pasang kop penahan dan lakukan pemukulan dengan palu untuk mengambil contoh tanah sampai dengan tabung terisi penuh dengan tanah.
 - Penekanan tabung harus lebih kecil atau sama panjangnya dengan tabung.

- Buka stick apparatus dan buang sedikit tanah pada ujungnya dan segera ditutup dengan paraffin kedua ujung-ujungnya.
- i. Beri label nama lokasi titik bor dan kedalaman contoh tanah yang diambil.
- j. Lakukan pekerjaan ini sampai kedalaman yang diinginkan.

3.8 Tempat Pengujian Sampel

Prosedur pengujian sifat fisis tanah mencakup pengujian kadar air (*water content*), berat isi (*unit weight*), berat jenis (*specific gravity*), dan batas-batas konsistensi (*atterberg limit*) dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh dan pengujian Sifat Fisis dan Mekanis analisa saringan (*sieve analysis*) dan geser langsung (*direct shear*) dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Syiah Kuala.

3.8.1 Pengujian Sifat Fisis Tanah

Pengujian sifat fisis tanah dilakukan sesuai dengan metode ASTM, pengujian sifat fisis tanah terbagi dari beberapa pengujian yaitu sebagai berikut :

a) Pengujian Kadar Air (*Water Content*)

Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-2216-71, yaitu :

- Menimbang cawan yang akan digunakan dan memasukkan benda uji kedalam cawan dan menimbanginya.
- Memasukkan cawan yang berisi sampel ke dalam oven dengan suhu 105 – 110 °C selama 16-24 jam.
- Menimbang cawan berisi tanah yang sudah di oven dan menghitung prosentase kadar air.

b) Pengujian Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*)

Cara kerja berdasarkan standar ASTM D 854-72.

1) Alat dan Bahan yang Diperlukan

- picnometer, yaitu botol gelas dengan lebar sempit dengan tutup (dari gelas) yang berlubang kapiler, dengan kapasitas 50 cc atau

lebih besar.

- Timbangan.
- Air destilasi bebas udara.
- Termometer.
- Tempat penumbuk, untuk menghancurkan gumpalan tanah menjadi butir-butir tanpa merusak butir-butirnya sendiri.



2) Benda Uji

Contoh tanah sebesar 30 - 40 gram yang akan digunakan untuk pemeriksaan secara *double* (dua percobaan yang terpisahkan).

3) Cara kerja

- *Picnometer* dibersihkan luar dalam dan keringkan kemudian timbang beratnya ($a = \text{gram}$).
- *Picnometer* diisi aquades sampai penuh, kemudian ditutup dan ditimbang beratnya ($b = \text{gram}$), kemudian diukur dengan *thermometer*, misalnya $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ kemudian harganya $11\text{ }^{\circ}\text{C}$ dilihat dalam tabel koreksi berapa suhu besarnya.
- *Picnometer* yang telah diketahui harga airnya ($=W_1$) diisi dengan beberapa gram sampel kering (30 - 40 gram) dan ditimbang

beratnya, misal beratnya ($c = \text{gram}$), dengan catatan sampel sedikit ditumbuk agar mudah dalam memasukkan kedalam *picnometer*.

- *Picnometer* yang telah diisi sampel tadi aquades tidak sampai penuh kemudian kita diamkan selama 24 jam.
- Setelah 24 jam, *picnometer* yang sudah berisi sampel tadi dikocok-kocok sampai gelembung-gelembung udara tidak ada dan air diatas tanah bersih.
- Kemudian *picnometer* diatas diisi lagi dengan aquades, misalnya beratnya ($d = \text{gram}$).
- Temperatur aquades didalam *picnometer* diukur $t \text{ } ^\circ\text{C}$ (lihat tabel).

4) Mencari Besarnya Harga *Valid Ratio* (e)

5) Mencari Besarnya Harga *Porositas* (n)

c) Uji Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)

Langkah Kerja Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-422-63 / SNI 3423-2008 :

1) Percobaan pendahuluan:

- Mengambil sampel tanah seberat 60 gr.
- Sampel tanah di rendam selama 24 jam.
- Setelah direndam, sampel tadi kemudian cuci dan dalam pencucian tidak sampai merusak komponen tanah tersebut kemudian dilakukan pengayakan dengan saringan $\emptyset = 0,075$.
- Sampel yang di cuci tadi, setelah larutan yang lolos lewat saringan airnya sudah jernih, pekerjaan kita hentikan.
- Sampel yang tertinggal diatas saringan oven, sedangkan lumpur yang lolos lewat saringan kita lakukan percobaan *hydrometer*.

2) Percobaan *Sieve Analysis*

- Sampel yang tertinggal diatas saringan setelah dioven dan kering kita timbang beratnya.
- Selisih berat sampel kering sebelum dicuci dan sampel setelah dicuci adalah lumpurnya.

- Kemudian sampel kita ayak dengan saringan terdiri dari saringan ukuran diameter ukuran ($\varnothing$ 4,75) sampai ukuran yang paling besar ($\varnothing$ 0,075).
- Meletakkan susunan saringan diatas mesin penggetar dan memasukkan sampel tanah pada susunan yang paling atas kemudian menutup rapat.
- Mengencangkan penjepit mesin dan menghidupkan mesin penggetar selama kira-kira 15 menit.
- Setiap sampel yang tertinggal dalam setiap saringan kita tinggal ambil dan kita timbang sesuai dengan berat dan pengelompokan ukuran masing-masing butiran yang tertinggal di saringan tersebut, sehingga dapat ditentukan besarnya prosentasi.

d) Percobaan Dengan *Hydrometer*

Tujuan percobaan *hydrometer* Untuk mengetahui butiran yang lolos lewat saringan no. 200 (0,074 mm) atau dengan kata lain untuk mengetahui prosentase kandungan lumpur yang di kandung oleh tanah.

1. Alat-alat yang digunakan:

- Alat *Hydrometer*
- Gelas ukur 1000 ml
- *Stop watch*
- Cawan

2. Jalannya percobaan :

- Tanah yang lolos dari saringan no. 200 (0,074 mm) masih bercampur dengan air kemudian sample kita biarkan mengendap dan air sebagian kita buang.
- Endapan lumpur sebagian kita masukkan ke dalam gelas ukur, yang kemudian kita kocok kocok sampai betul-betul homogen, disamping itu persiapan alat *hydrometer* dan juga *stop watch*.
- Alat *hydrometer* ini kita dapati strip yang terbaca dari titik nol.
- Pembacaan ini kita mulai saat sample masih dalam keadaan

homogen serta waktu dalam 0 detik.

- Kita usahakan air agak tenang sehingga pembacaan dapat jelas, demikian pembacaan dilakukan berturut-turut dengan interval waktu yang sudah ditentukan yaitu pada 0', Y4', Y2', 1', 2', 5', 10' dan 48' sampai hydrometer menunjukkan angka nol (0).

e) Batas Cair (*Liquid Limit*)

Cara kerja berdasarkan ASTM D-423-66, antara lain :

- Mengayak sampel tanah yang sudah dihancurkan dengan menggunakan saringan No.40.
- Mengatur tinggi jatuh mangkuk *Casagrande* setinggi 10 mm.
- Mengambil sampel tanah yang lolos saringan No. 40, kemudian diberi air sedikit demi sedikit dan aduk hingga merata, kemudian dimasukkan kedalam mangkuk *casagrande* dan meratakan permukaan adonan sehingga sejajar dengan alas.
- Membuat alur tepat ditengah-tengah dengan membagi benda uji dalam mangkuk *cassagrande* tersebut dengan menggunakan *grooving tool*.
- Memutar tuas pemutar sampai kedua sisi tanah bertemu sepanjang 13 mm sambil menghitung jumlah ketukan dengan jumlah ketukan harus berada diantara 10 – 40 kali.
- Mengambil sebagian benda uji di bagian tengah mangkuk untuk pemeriksaan kadar air dan melakukan langkah kerja yang sama untuk benda uji dengan keadaan adonan benda uji yang berbeda sehingga diperoleh 4 macam benda uji dengan jumlah ketukan yang berbeda yaitu 2 buah dibawah 25 ketukan dan 2 buah di atas 25 ketukan.
- Perhitungan :
 1. Menghitung kadar air masing-masing sampel tanah sesuai jumlah pukulan.
 2. Membuat hubungan antara kadar air dan jumlah ketukan pada grafik semi logaritma, yaitu sumbu x sebagai jumlah pukulan dan sumbu y sebagai kadar air.

3. Menarik garis lurus dari keempat titik yang tergambar.
4. Menentukan nilai batas cair pada jumlah pukulan ke 25.

f) Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-424-74 :

- Mengayak sampel tanah yang telah dihancurkan dengan saringan No. 40.
- Mengambil sampel tanah kira-kira sebesar ibu jari kemudian digulung-gulung di atas plat kaca hingga mencapai diameter 3 mm sampai retak-retak atau putus-putus.
- Memasukkan benda uji ke dalam *container* kemudian ditimbang.
- Menentukan kadar air benda uji.

g) Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-2937-83 :

Tujuan percobaan *hydrometer* Untuk mengetahui mengetahui berat isi, angka pori dan derajat kejenuhan suatu sampel tanah.

1. Alat-alat yang digunakan:

- Cincin (ring) besar / kecil
- Jangka sorong
- Spatula
- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr
- Desikator
- Extruder
- Minyak pelumas
- Oven dilengkapi dengan pengatur suhu sampai $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$

2. Jalannya percobaan :

- Ambil cetakan berbentuk silinder yang besar atau kecil, kemudian bersihkan dan ukur volume (V), serta timbang beratnya (W1).
- Letakkan bagian yang tajam ke permukaan tanah, lalu tekan dengan

hati-hati sampai tanah seluruhnya masuk ke dalam cincin.

- Kemudian potong dan ratakan kedua sisi ring dengan pisau (usahakan jangan sampai berlubang). Bila ada sedikit lubang dapat ditambal dengan tanah yang sama.
- Bersihkan sisa-sisa tanah yang menempel pada bagian luar cincin tersebut, lalu timbang ring yang berisi tanah (W2).

3.8.2 Pengujian Sifat Mekanis Tanah

Adapun pengujian sifat mekanis tanah pada penelitian ini menggunakan uji kuat geser (*Direct Shear Test*). Pengujian dilakukan berdasarkan ASTM D 3080-98. Peralatan dan bahan yang digunakan:

- *Direct shear test* aparat
- Besi plat pembebanan yang masing-masing sudah diketahui beratnya.
- Alat untuk mencetak sample
- Pisau
- Benda Uji / Bahan
- *Stopwacth*

3.9 Pengolahan Data

Analisis kestabilan lereng dengan menggunakan metode *Fellenius* dan program *Slope/W* membutuhkan pemodelan lereng yang sesuai dengan data yang ada sehingga diperoleh hasil yang akurat. Adapun nilai-nilai parameter yang digunakan untuk hitungan *Fellenius* dan sebagai input pada program *Slope/W* yaitu:

1. Data parameter tanah dasar
 - Berat volume kering (γ_d),
 - Kohesi (c),
 - Sudut geser (ϕ),

Analisis program *Slope/W* memiliki tiga tahapan, yaitu

1. Tahapan masukan data,
2. Tahapan kalkulasi
3. Tahapan keluaran data/hasil.

3.10 Analisis Menggunakan Software Slope/W

Proses Penginputan data dan permodelan menggunakan *Software Slope/W Geostudio 2018 Versi 9.1.1* sebagai berikut :

- Memulai Program (>*File* pada *menu*>*New*>*User Defines Default Settings*. Setelah itu akan muncul *Icon Analysis > Slope/W >OK*.
- *Identifikasi toolbar* (>*View* pada *menu*>*Toolbar*>*Checklist* semua *fitur analysis* (biasanya sudah aktif semua)).
- Set Printer (>*Set* pada *menu*>*Page*>*Unit* pilih *mm*>Ubah *working area* seperti Icon gambar dibawah ini).
- Set Skala (>*Set* pada *menu*>*Unit and Scale*>Rubah data input dengan data gambar dibawah ini). Set Grid (>*Set* pada *menu*>*Grid*>*Cheklist* pada *Display Grid* dan *Snap Grid*).
- Simpan data (>*File* pada *menu*>*Save*> berikan Nama pada File Name)
- Mendefinisikan sumbu X dan Y (>*Sketch* pada *menu*>*Axes*> Isikan pada *Bottom x= Distance (m)* dan pada *Left y= Elevation (m)*.
- Menggambar sketsa sumbu x dan y Profil Lereng (>*Gerakkan* dengan klik kursor mouse dan buat berbentuk persegi).
- Menggambar penampang profil (>*Sketch* pada *menu*>*Lines*>Tarik garis titik koordinat.
- Mendefinisikan *Sketch Line Properties* (>*Sketch* pada *menu*> *Lines*> buat garis, sejajar dengan sumbu x garis dari koordinat (0,9) sampai (20,9)).
- Spesifikasi Metode Analisis (>*KeyIn* pada *menu*>*Analys Settings*> pada *Project ID*, Isikan *Title* dan *Comment*. Pilih *Side Function*>*Half sine-function*)

- Menentukan karakteristik material tanah, (>KeyIn pada menu> *Material Properties*) untuk *upper soil layer*, isikan sesuai dengan material yang diketahui, setelah itu klik *copy*).
- Menggambar wilayah tanah (*soil region*) (>Draw pada menu> *Regions*> Gambarlah daerah wilayah 1, Material Type pilih Type 1).
- menggambar layer kedua, (metode menggambar sama seperti layer 1 kemudian pilih pada *material type* untuk kategori *Lower Soil Layer*>Close).
- Mendefinisikan kedalaman air (>Draw pada menu>Pore-Water Pressure>pilih All>Draw).
- Menggambar *Entry and Exit Location* (>Draw<Slip Surface>Entry and Exit>Tarik garis untuk entry dari koordinat, setelah itu klik done).
- *View Preference* (>View pada menu>Pilih Preferences>kemudian Un-cheklist pada *point*, *point numbers* dan *region numbers*>OK).
- Mengecek Material Tanah yang telah diinput (>View pada menu>Material Properties>akan muncul View Material Properties> klik All Matls untuk melihat kesemua wilayah (2 wilayah)>Done Gambar semua *material properties*).
- Membuat text (>Sketch pada menu>Text>Insert Field>Lalu akan muncul icon berikutnya, pada select material pilih All Material>Insert).
- Verify Problem/Mengecek masalah data (>Klik Verify pada toolbar sebelah kiri Maka akan muncul Verify/Optimize Data, kemudian klik Verify/Optimize, Klik Done).
- Menganalisis solve (solve) (Klik icon solve disebelah kiri toolbar. Klik yes untuk menyimpan Slope Tutorial.gsz Maka akan muncul Solve>Klik Start).
- Melihat Hasil analisis (Klik icon contour disebelah kiri toolbar).
- Melihat Hasil Slip Surface (>Draw pada menu>Slip Surfaces> untuk melihat slip pada Factor Of Safety pilih F of S. Kemudian Klik Select Critical Slip dan Klik New Slice Info).

- Mengecek metode perhitungan yang dipakai (>View pada menu>Method>Pilih *method ordinary*>OK).
- Mengecek hasil perhitungan berbagai metode (>Klik pada ujung kiri atas).
- Melihat output hasil grafik (>Draw pada menu>Graph>pilih *type grafik* yang diinginkan>Data>Done). Melihat *Multiple slip surface* (>View pada menu>Preferences> pilih *View Multiple Slip Surface*>pilih nomor pada to view, misal 20 > OK), selesai.

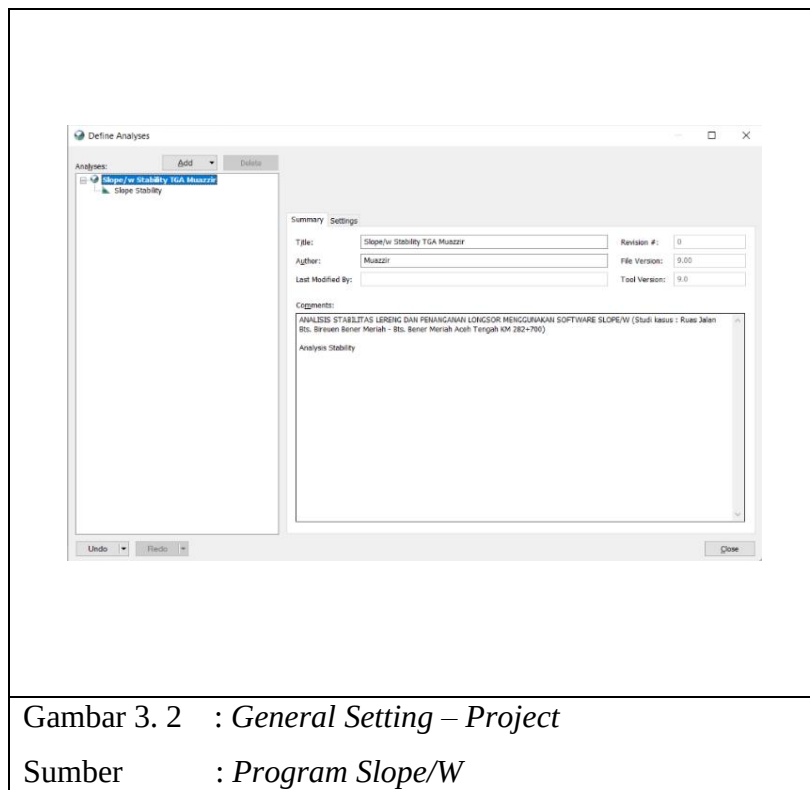
Adapun langkah-langkah analisis kelongsoran menggunakan program *Slope/W* Versi 9.1.1 adalah sebagai berikut :

3.10.1 Tahap Masukan Data *Slope/W*

Membuat file baru Input Versi 9.1.1 dengan cara - Memulai *Program* >File pada menu>New>User Defines Default Settings>Analysis >*Slope/W*.

3.10.2 *Define Analyses Project*

Define Analyses Project Setting dilakukan seperti pada Gambar 3.2 di bawah ini.

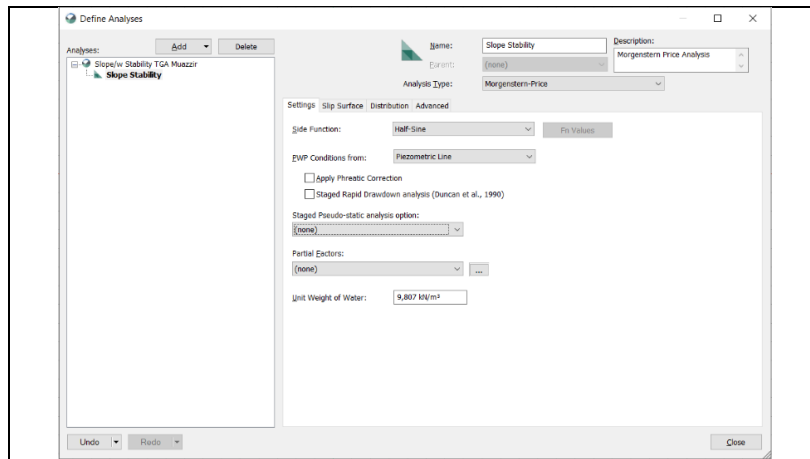


Gambar 3. 2 : *General Setting – Project*

Sumber : *Program Slope/W*

3.10.3 Define Analyses Project – 2

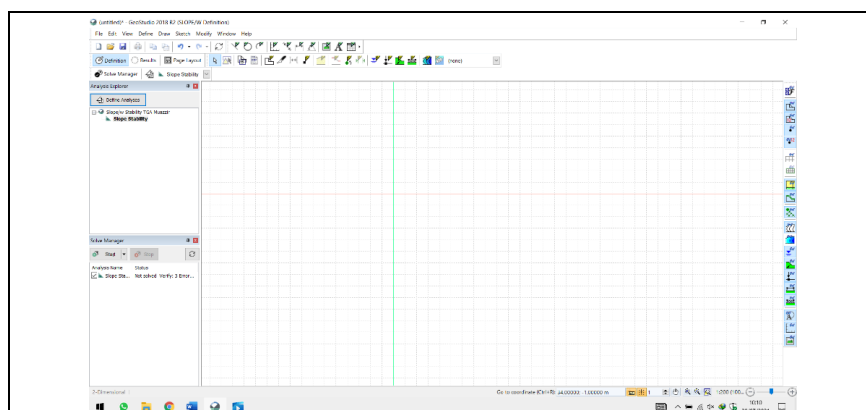
Define Analyses Project - 2 Setting dilakukan seperti pada Gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3. 3 : *General Setting - Project – 2*

Sumber : *Program Slope/W*

Apabila tahap pengisian *Define Analyses Project* telah selesai maka bidang gambar akan muncul dengan sumbu x dan y. Sumbu x menuju arah kanan (*horizontal*) dan sumbu y ke arah atas (*vertikal*). Untuk membuat objek gambar dapat dipilih dari tombol ikon pada *toolbar* atau dari menu - (>*View* pada *menu>Toolbar>Checklist* semua fitur *analysis* (biasanya sudah aktif semua)). *Geometry* seperti terlihat pada Gambar 3.4 di bawah ini:

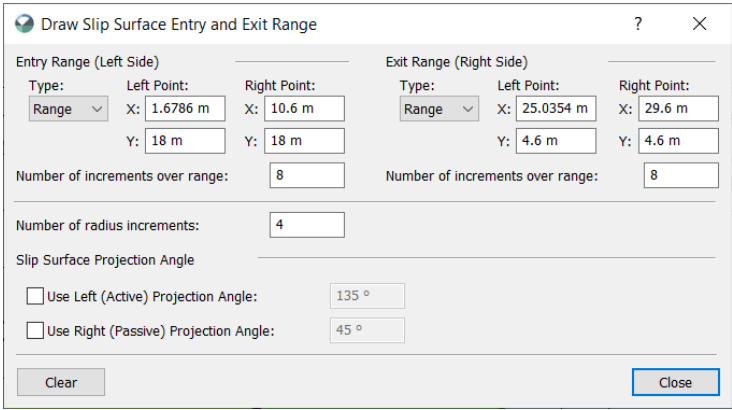


Gambar 3. 4 : *Tampilan Slope/W*

Sumber : *Program Slope/W*

3.10.4 Tentukan slipe surface geometri lereng (*Define Slip Surface*)

Untuk memasukan *Define Slip Surface* dilakukan dengan cara menarik garis untuk membentuk permodelan sebuah lereng, dapat juga dengan membuka menu isiannya dengan cara mengklik menu *Define* pilih *Slip Surface* kemudian pilih *entry and exit* Masukan data bentuk permodelan, klik *close*.Tampilan isian menu *Define Slip Surface* dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut ini.



Draw Slip Surface Entry and Exit Range

Entry Range (Left Side)			Exit Range (Right Side)		
Type:	Left Point:	Right Point:	Type:	Left Point:	Right Point:
Range	X: 1.6786 m	X: 10.6 m	Range	X: 25.0354 m	X: 29.6 m
	Y: 18 m	Y: 18 m		Y: 4.6 m	Y: 4.6 m
Number of increments over range:		8	Number of increments over range:		8
Number of radius increments:		4			
Slip Surface Projection Angle					
☒ Use Left (Active) Projection Angle:		135 °			
☐ Use Right (Passive) Projection Angle:		45 °			
Clear			Close		

Gambar 3. 5 : Isian menu *Define Slip Surface*
 Sumber : *Program Slope/W*

Setelah melakukan isian *Define Slip Surface* dilanjutkan pengisian koordinat dan permodelan sesuai dengan kondisi lapangan.

3.10.5 Koordinat Permodelan Dengan *Program Slope/W*

Koordinat permodelan geometri yang digunakan dalam analisis stabilitas lereng pada tahap masukan data berdasarkan geometri lereng Bts. Bireuen - Bener Meriah ditunjukkan pada tabel 3.2.

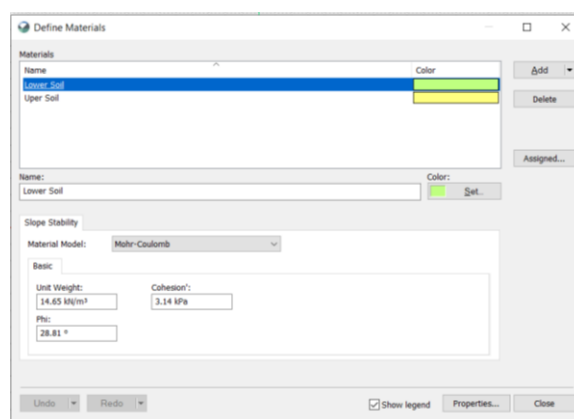
Tabel 3. 2 : Koordinat permodelan Geometri lereng .

ID	X (m)	Y (m)	Label	Pinned
1	0	18	Point+Number	No
2	12	18	Point+Number	No

ID	X (m)	Y (m)	Label	Pinned
3	18,8	11	Point+Number	No
4	0	11	Point+Number	No
5	25	4,6	Point+Number	No
6	35	4,6	Point+Number	No
7	35	0	Point+Number	No
8	0	0	Point+Number	No

3.10.6 Properties Lapisan Tanah

Material lapisan tanah yang dimodelkan kemudian didefinisikan propertisnya dengan meng-klik *Define > Material*. Kemudian melakukan *Material Sets* ke area lapisan tanah yang diikuti oleh perubahan warna Upper Soil dan Lower Soil. Berikut ini salah satu tampilan *material sets* sesuai Gambar 3.6 berikut ini :

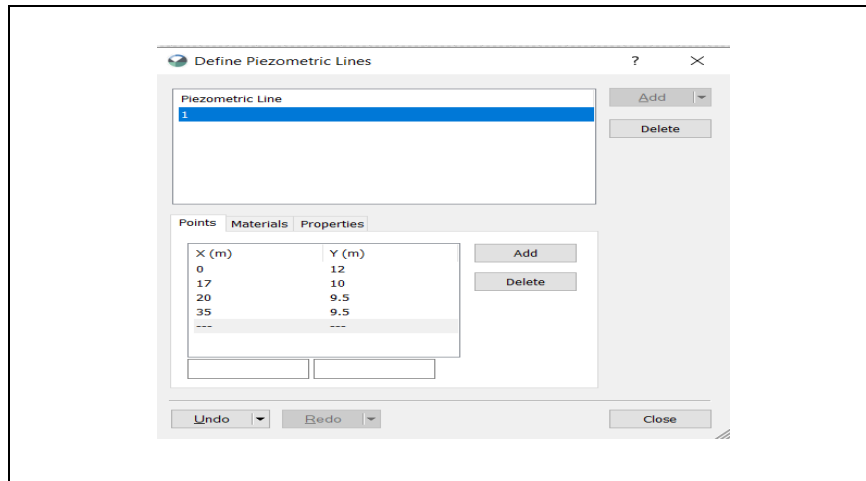


Gambar 3. 6 : Input *Properties* Lapisan Tanah

Sumber : *Program Slope/W*

3.10.7 Pore Water Pressure

Masukan data *pore water pressure* dengan cara menginput data koordinat letak-letak koordinat, dan juga dapat dilakukan dengan cara mengklik menu *Define* pilih *Pore Water Pressure*, akan tampil menu *Define Pizometric Lines* tarik garis yang memicu terjadinya longsor pada lereng tersebut.



Gambar 3. 7 : Input Define Piezometric Lines

Sumber : Program Slope/W

3.10.8 Analysis Slope/W

Tahap-tahap perhitungan (*Analysis Slope/W Calculation* Versi 9.1.1) yaitu : tahapan berat sendiri, Tahap berat berat tanah sudah tegali, Tahap beban vertikal/beban kendaraan,

1. Tahap berat sendiri

- *Intial Phase*, merupakan default dari program.
- Tahap berat sendiri (*gravity loading*), yaitu *phase* dimana tegangan dan regangan awal akibat berat tanah sendiri.
- Tahap perhitungan faktor keamanan (*SF*), yaitu fase dimana kestabilan lereng akibat berat sendiri.

3.10.9 Tahap Keluaran Data Slope/W

Tahap keluaran data adalah tahap hasil yang diperoleh dari tahap kalkulasi dengan program *Slope/W*. Hasil yang diperoleh setelah menjalankan *Analysis Slope/W* pada tahap keluaran data adalah :

1. Faktor keamanan kondisi existing
2. Deformasi lereng yang ditunjukkan dari potongan Irisan (*Slice Information*);
3. Grafik faktor keamanan hubungan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini disajikan hasil analisis data dan pembahasan sesuai dengan teori-teori dari literatur yang telah diuraikan pada bab II serta metode penelitian yang telah diuraikan pada bab III. hasil pengolahan data dan pembahasan berbentuk tabel dan teori.

4.1 Hasil

Hasil dari pengujian sifat fisis tanah mencakup pengujian kadar air (*water content*), berat isi (*unit weight*), berat jenis (*specific gravity*), dan batas-batas konsistensi (*atterberg limit*) dilakukan di laboratorium mekanika tanah fakultas teknik universitas muhammadiyah aceh dan pengujian sifat fisis dan sifat mekanis *grain size analysis* (*sieve and Hydrometer analysis*) dan geser langsung (*direct shear*) dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Syiah Kuala dapat di lihat pada lampiran B halaman 73-86.

4.1.1 Sifat Fisis dan Sifat Mekanis

Hasil dari pengujian sifat fisis tanah ruas jalan Bts. Bireuen - Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah KM 282+700 dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4. 1 : Hasil Pengujian Sifat Fisis Tanah

No.	Parameter	Hasil BH-01	Hasil BH-02
1.	Kadar Air (%)	18.880	20.909
2.	Berat Jenis	2.652	2.655
3.	Batas Cair (LL)	26.35	23.57
4.	Batas Plastis (PL)	20.05	17.90
5.	Indeks Plastis (PI)	6.30	5.67
6.	Berat Unit Tanah (γ) (gr/cm ³)	1.585	1.538

Hasil sampel BH-01 dari pengujian sifat fisis menunjukkan pada sistem klasifikasi AASHTO tanah ini termasuk dalam kelompok A-4 tanah berlanau penilaian umum sebagai tanah dasar sedang sampai buruk, dengan menggunakan sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) tanah ini termasuk simbol kelompok ML Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung. Hasil sampel BH-02 dari pengujian sifat fisis menunjukkan pada sistem klasifikasi AASHTO tanah ini termasuk dalam kelompok A-2-4 Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir penilaian umum sebagai tanah dasar sangat baik sampai baik, dengan menggunakan sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) tanah ini termasuk simbol kelompok SM pasir berlanau, campuran pasir - lanau.

Hasil dari pengujian sifat mekanis tanah ruas jalan Bts. Bireuen - Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah KM 282+700 dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini.

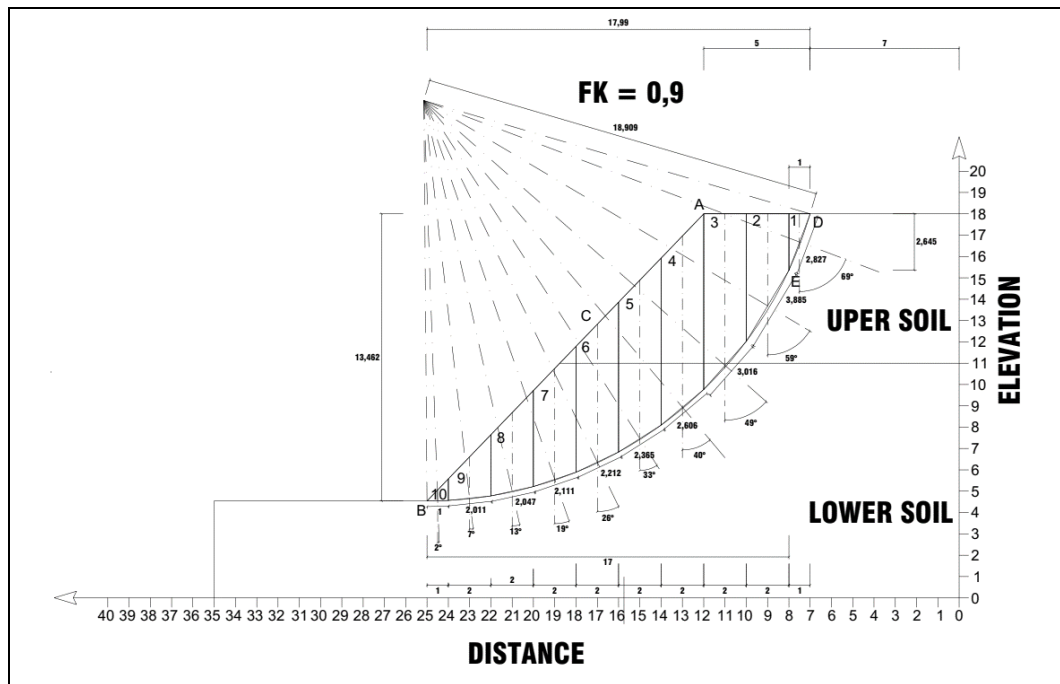
Tabel 4. 2 : Parameter Sifat Mekanis Tanah

No.	Parameter	Hasil BH-01	Hasil BH-02
1.	Kohesi (c) (kg/cm ²)	0,0448	0,032
2.	Sudut gesekan dalam (ϕ) (°)	30,95	28,81

Nilai hasil dari pengujian sifat mekanis digunakan untuk dimasukkan dalam perhitungan dengan metode *Fellenius* dan program *Slope/W Versi 9.1.1*, setelah dimasukkan didapatkan nilai faktor keamanannya (*Safety Factor*).

4.1.2 *Safety Factor* dengan Metode *Fellenius*

Gambar penampang kondisi existing lereng pada ruas jalan Bts. Bireuen - Bener Meriah dapat di lihat pada gambar 4.1, rekap perhitungan angka keamanan (*Safety Factor*) dengan Metode *Fellenius* dapat di lihat pada lampiran C halaman 91-92.



Gambar 4. 1 : Kondisi Exsisting dengan Metode *fellenius*

Sumber : Program AutoCAD 2013

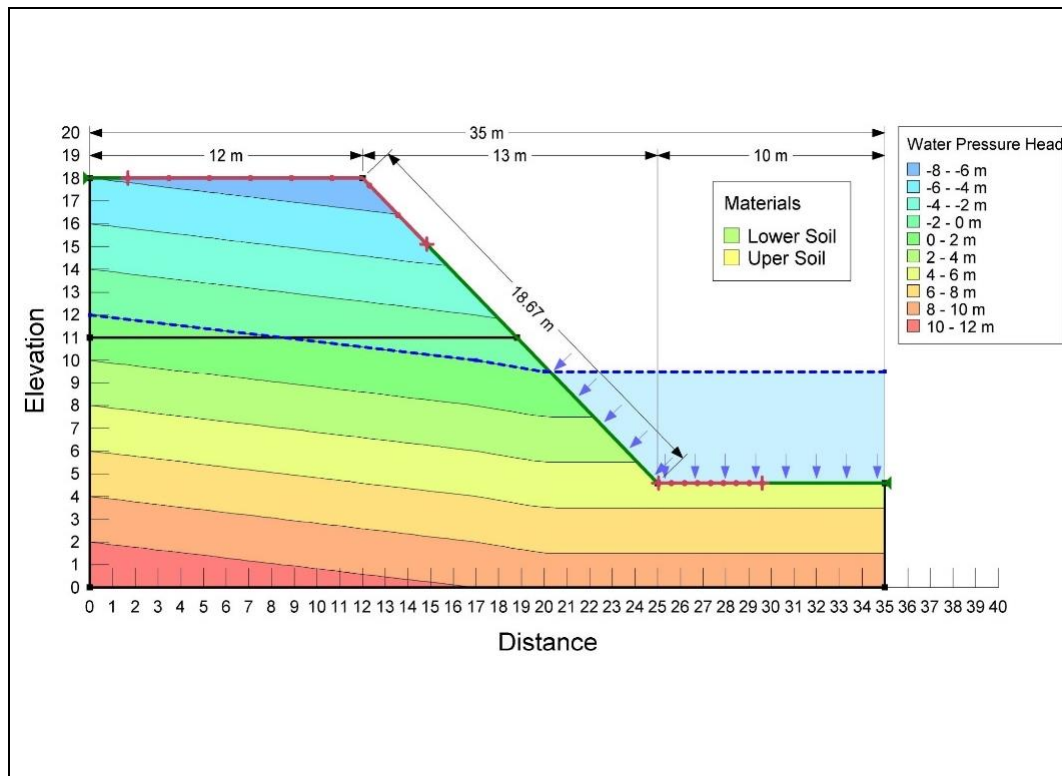
Dari hasil Perhitungan dengan metode *Fellenius* di atas diperoleh faktor keamanan 0,9 termasuk lereng tidak stabil pada daerah penelitian ruas jalan Bts. Bireuen - Bener Meriah STA 282+700. Berdasarkan metode *Fellenius* (1927,1936) sangat mudah terjadinya longsor dengan angka keamanan yang di dapat lebih kecil dari 1,5 sehingga lereng kita kelompokkan sebagai lereng tidak stabil apabila ada gangguan minor dapat mengganggu stabilitas lereng.

Tabel 4. 3 : Nilai Faktor Keamanan dengan medode Metode *Fellenius*

Titik Tinjauan	Faktor Keamanan	Metode <i>Fellenius</i> 1927,1936
STA 282+700	0,9	FK < 1,5 Lereng tidak stabil

4.1.3 *Safety Factor* dengan Metode *Slope/W*

Gambar penampang kondisi existing lereng pada ruas jalan Bts. Bireuen - Bener Meriah dengan menggunakan program *Slope/W* dapat di lihat pada gambar 4.2, rekap perhitungan angka keamanan (*Safety Factor*) dengan Metode *Fellenius* dapat di lihat pada lampiran C halaman 92-93.

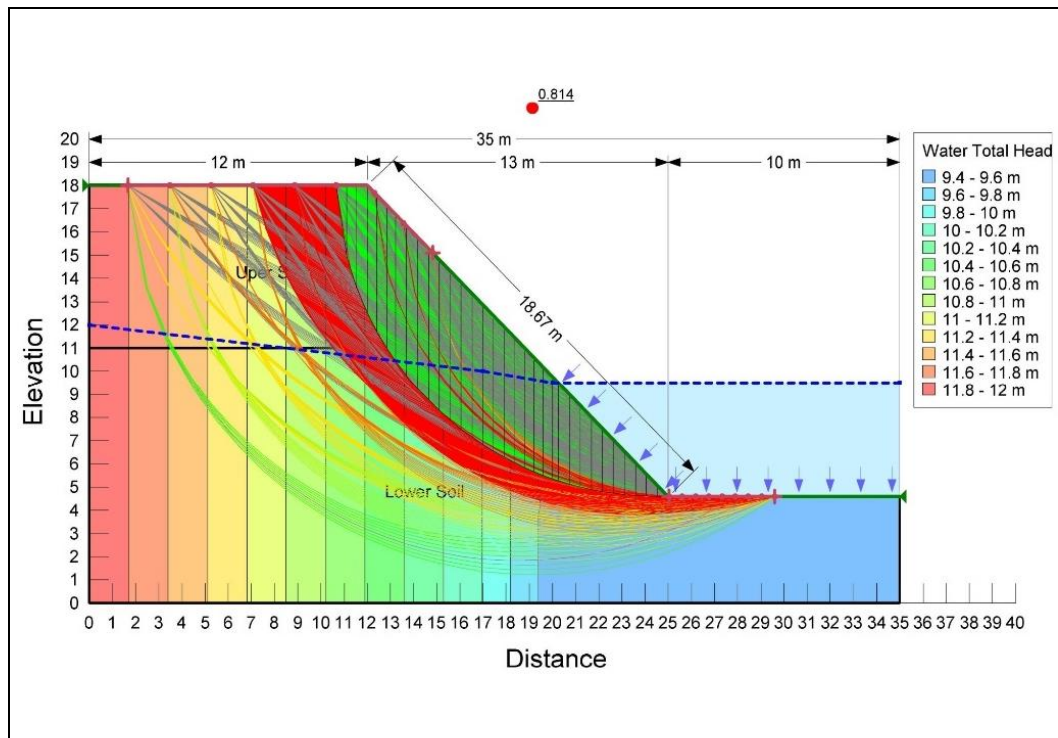


Gambar 4. 2 : Penampang Melintang Lereng Kondisi Exsisting

Sumber : *Program Slope/W*

Gambar 4.2 diatas menunjukkan bentuk permodelan geometri lereng pada Ruas Jalan Bts. Bireuen - Bener Meriah. Hasil analisis stabilitas lereng dengan meninjau kondisi lereng existing dan dianalisis menggunakan program *Slope/W* diperoleh faktor keamanan yang sesuai dengan syarat faktor keamanan lereng. Hasil analisis stabilitas lereng ini juga menampilkan gambar pergerakan kekuatan geser tanah pada saat tanah menerima beban dari luar.

Dari hasil pengamatan jenis longsor pada titik tinjauan adalah jenis longsor rotasi dimana bergeraknya masa tanah gelincir berbentuk cekung. Berdasarkan hasil perhitungan stabilitas lereng pada lereng dengan ketinggian dan kemiringan yang sesuai pengukuran lapangan (kondisi eksisiting), hasil yang ditampilkan oleh program *Slope/W* yaitu lereng tidak stabil dan tidak memenuhi kriteria dari faktor keamanan, faktor keamanan yang diperoleh yaitu sebesar 0,814 artinya lereng tersebut belum memenuhi syarat angka keamanan yang sesuai. Seperti terlihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4. 3 : Bidang Longsoran Lereng

Sumber : *Program Slope/W*

Gambar diatas menunjukkan *Pemilihan secara otomatis nilai Safety Factor* yang terjadi pada seluruh bagian lereng. Perbedaan warna menunjukkan perbedaan yang terjadi, nilai terkecil ditunjukkan oleh bagian tanah yang berwarna biru, sedangkan terbesar ditunjukkan dengan warna merah.

Nilai angka keamanan yang didapatkan dengan metode *Slope/W* pada STA 282+700 dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut ini:

Tabel 4. 4 : Nilai Faktor Keamanan dengan Menggunakan *Program Slope/W*

Titik Tinjauan	Faktor Keamanan	Program Slope/W
STA 282+700	0,814	FK < 1,5 Lereng tidak stabil

Gambar 4.3 diatas menunjukkan kondisi faktor keamanan lereng yaitu 0,814 dengan demikian lereng dinyatakan tidak mencapai angka keamanan yang disyaratkan. Lereng sangat mudah terjadinya longsor dengan angka keamanan yang di dapat lebih kecil dari 1,5 sehingga lereng termasuk dalam kelompok lereng yang tidak stabil.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisis dan mekanis tanah dilaboratorium pada ruas jalan Bts. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah KM 282+700 didapat parameter sifat fisis dan mekanis tanah, sehingga digunakan sebagai data analisis angka keamanan tanah secara *fellenius* dan *slope/w*. Titik tinjauan yang dianalisis diambil berdasarkan daerah longsor yang pernah terjadi dengan anggapan dapat mewakili kondisi kestabilan lereng tersebut. Permodelan analisis stabilitas lereng dengan menggunakan metode *fellenius* dan program *Slope/W* di desain sesuai dengan kondisi *existing*.

Hasil pengujian sifat fisis menunjukkan sampel BH-01 pada sistem klasifikasi AASHTO tanah ini termasuk dalam kelompok A-4 tanah berlanau penilaian umum sebagai tanah dasar sedang sampai buruk, dengan menggunakan sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) tanah ini termasuk simbol kelompok ML Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung. Hasil pengujian sifat fisis sampel BH-02 pada sistem klasifikasi AASHTO tanah ini termasuk dalam kelompok A-2-4 Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir penilaian umum sebagai tanah dasar sangat baik sampai baik, dengan menggunakan sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) tanah ini termasuk simbol kelompok SM pasir berlanau, campuran pasir - lanau. Hasil pengujian kadar air antara 18,880 - 20,909 menunjukkan kadar air pada tanah yang ditinjau tinggi, hal ini dapat merubah kondisi tanah dari kondisi tidak jenuh air (*unsaturated*) menjadi jenuh air (*saturated*), sehingga parameter kuat geser tanah terutama kohesi (*c*) antar butiran akan berkurang. Perubahan kandungan air juga dapat memicu kembang susut tanah yang dapat menyebabkan keruntuhan lereng yang terjal. Kecilnya nilai sudut geser dalam (ϕ) dan nilai kohesi (*c*) pada daerah penelitian juga dimungkinkan terjadinya gerakan tanah karena gaya tarik menarik antar partikel dalam batuan dan tanah sangat rendah.

Hasil dari analisis distribusi ukuran butiran pada sampel BH-01 menunjukkan nilai C_u 4,5 dan C_c 0,681 karena $C_u > 4 < 6$, $C_c < 1$ jenis tanah ini adalah kerikil karena tidak memenuhi koefisien gradasi tanah ini termasuk bergradasi buruk. Untuk sampel BH-02 menunjukkan nilai C_u 0,87 dan C_c 8,089

karena $C_u < 4$, $C_c > 3$ karena tidak memenuhi koefisien keseragaman tanah ini termasuk bergradasi buruk.

Volume lalu lintas ruas jalan Bts. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah termasuk dalam volume lalu-lintas berat, hal ini disebabkan karena pada ruas jalan tersebut sering dilewati kendaraan golongan 6B (Truk 2 sumbu), 7A1 (Truk 3 sumbu – ringan), 7A2 (Truk 3 sumbu - sedang) yang digunakan untuk mendistribusikan hasil rempah-rempah. Hal ini juga dapat mempengaruhi pembebanan pada tanah. Bila muka air pada bahu jalan mencapai angka maksimum dengan adanya pembebanan volume lalu lintas berlebihan dapat memicu terjadinya longsor.

Hasil Perhitungan nilai faktor keamanan dengan metode *fellenius* diperoleh nilai faktor keamanan 0,9 lebih kecil dari angka aman yang disyaratkan yaitu $FK > 1,5$ dalam klasifikasi kestabilan lereng termasuk kedalam lereng tidak stabil, dengan menggunakan metode *slope/w* diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 0,814 lebih kecil dari angka aman yang disyaratkan yaitu $FK > 1,5$ dalam klasifikasi kestabilan lereng termasuk kedalam lereng tidak stabil memerlukan perbaikan stabilitas lereng. Dari hasil *survey* yang dilakukan oleh PT. Esti Yasagama yang ditunjuk oleh Balai Pelaksanaan Jalan Nasional I (BPJN I) Banda Aceh, pada kedalaman 5 meter terdapat lapisan tanah ekspansif soil (± 20 cm) yang diyakini menyebabkan terjadinya keruntuhan pada lereng, saat air mengenangi bahu jalan, air akan diresapi oleh tanah menyebabkan nilai kadar air tanah bertambah, ini membuat kehilangan daya ikat antar tanah, menyebabkan lereng menjadi tidak stabil sehingga menyebabkan longsor.

Hasil penelitian yang dilakukan pada daerah tinjauan adalah pada ruas jalan Bts. Bireuen - Bener Meriah dinyatakan tidak aman. Hasil perhitungan menggunakan program *Slope/W* dengan pemodelan lereng seperti pada gambar, diperoleh nilai faktor keamanan lereng sebesar 0,814. Sedangkan hasil perhitungan manual dengan metode *Fellenius* yaitu diperoleh nilai faktor keamanan lereng sebesar 0,9 karena nilai faktor keamanan yang diperoleh kurang dari faktor keamanan lereng yang disyaratkan $FK > 1,5$ (stabil), maka dapat dikatakan bahwa lereng tersebut sangat rentan terhadap kelongsoran sehingga diperlukan konstruksi

pengaman longsor dengan menggunakan perkuatan lereng. Penanganan kelongsoran lereng dapat dilakukan dengan beberapa tipe perkuatan sebagai alternatif diantaranya yaitu : sistem perkuatan dengan *bio-engineering* (tumbuhan), perkuatan dengan *sheet pile*, *mini pile*, dan *gravity wall*

Hasil yang didapatkan dari perhitungan manual lebih besar dari hasil perhitungan dengan *Slope/W* karena dalam proses perhitungan dilakukan secara manual. Parameter tanah yang digunakan berat volume tanah (γ), kohesi (c), dan sudut geser dalam tanah (ϕ) yang diperoleh dari hasil pengujian sifat mekanis sampel tanah pada lokasi penelitian di laboratorium. Sedangkan untuk analisis dengan program *Slope/W* digunakan parameter yang sama, namun proses analisisnya lebih detail karena tingkat keakuratan yang tinggi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran diambil berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah disajikan pada Bab III dan Bab IV. Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng dengan menggunakan program *Slope/W*, maka dapat dipaparkan beberapa kesimpulan dan saran.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng dengan menggunakan program *Slope/W* versi 9.1.1 pada ruas jalan Bts. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah, dapat diambil kesimpulan yang mewakili keseluruhan dari analisis stabilitas ini, antara lain:

1. Setelah dianalisa menggunakan program *Slope/W* versi 9.1.1 dapat diketahui bahwa angka keamanan lereng pada ruas jalan Bts. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah di STA 282+700 sebesar 0.814 tidak aman karena memiliki faktor keamanan dibawah syarat izin ($FK \geq 1,5$).
2. Hasil analisa secara manual (metode *Fellenius*) dititik lokasi penelitian pada kondisi awal terjadinya longsor didapatkan angka aman sebesar 0,9 lebih besar dari angka aman yang didapatkan dari program *Slope/W*, nilai angka keamanan secara manual juga dibawah syarat izin ($FK \geq 1,5$).
3. Dari kedua hasil analisis baik dengan cara manual maupun dengan menggunakan program komputer dapat diketahui bahwa kondisi lereng pada ruas jalan Bts. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah termasuk kedalam daerah yang intensitas longsor rentan terjadi (lereng labil).
4. Penanganan kelongsoran lereng dapat dilakukan dengan beberapa tipe perkuatan sebagai alternatif diantaranya yaitu : sistem perkuatan dengan *bio-engineering* (tumbuhan), perkuatan dengan *sheet pile*, *mini pile*, *gravity wall*.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dipaparkan penulis demi kesempurnaan perencanaan stabilitas lereng, antara lain adalah:

1. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan tolak ukur untuk penelitian selanjutnya.
2. Untuk menghitung angka keamanan sebaiknya menggunakan metode *Slope/W* karena perhitungan dengan cara tersebut memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi dan hasil yang didapat lebih baik karena lereng dimodelkan sesuai dengan kondisi lapangan.
3. Untuk mengetahui perbandingan analisis kestabilan lereng menggunakan *software* lainnya untuk menambah referensi dalam analisis kestabilan lereng.
4. Untuk mengetahui perbandingan analisis kestabilan lereng sebaiknya membuat perbandingan dengan beberapa metode lainnya untuk menambah referensi dalam analisis kestabilan lereng.

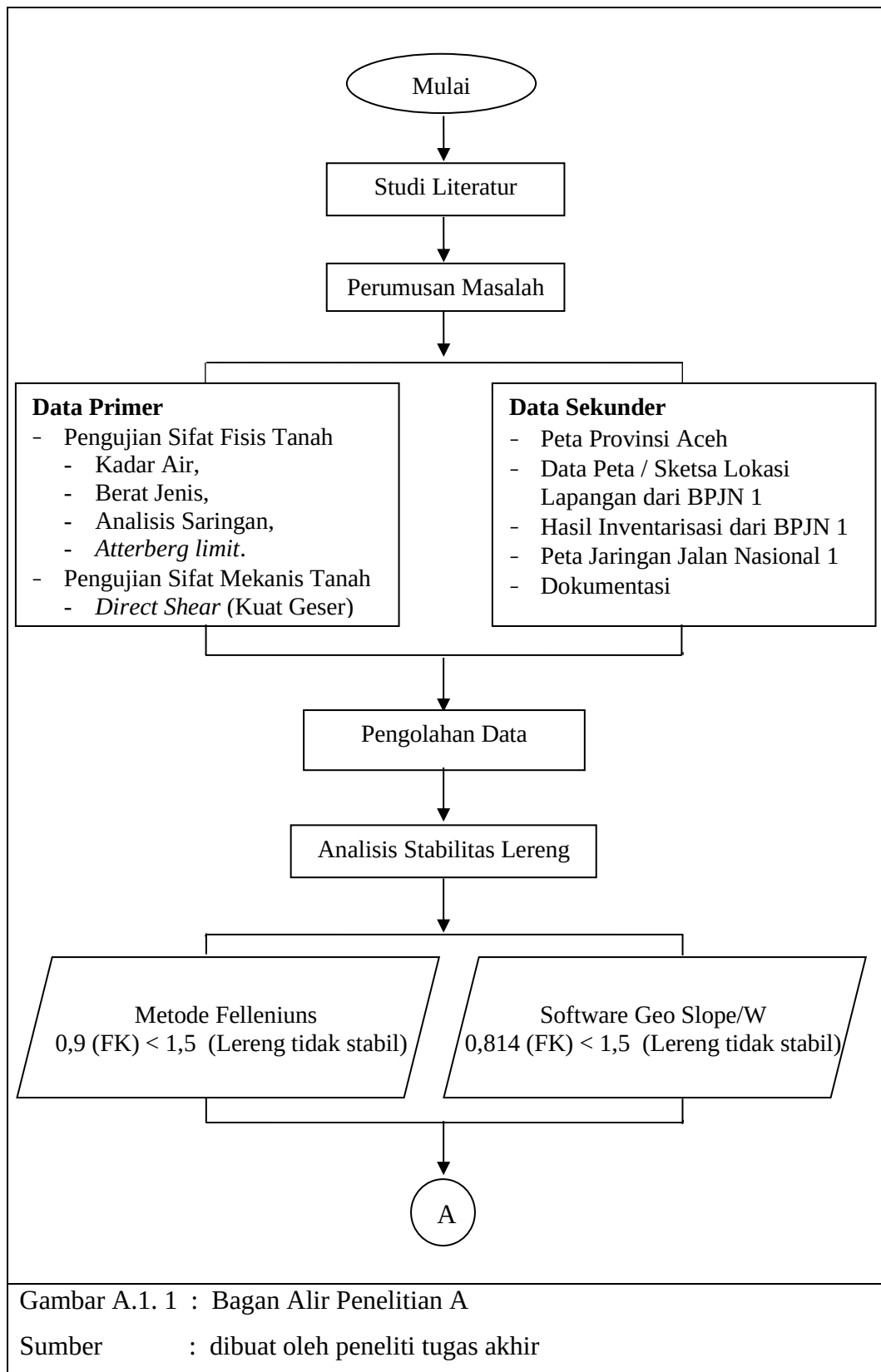
DAFTAR PUSTAKA

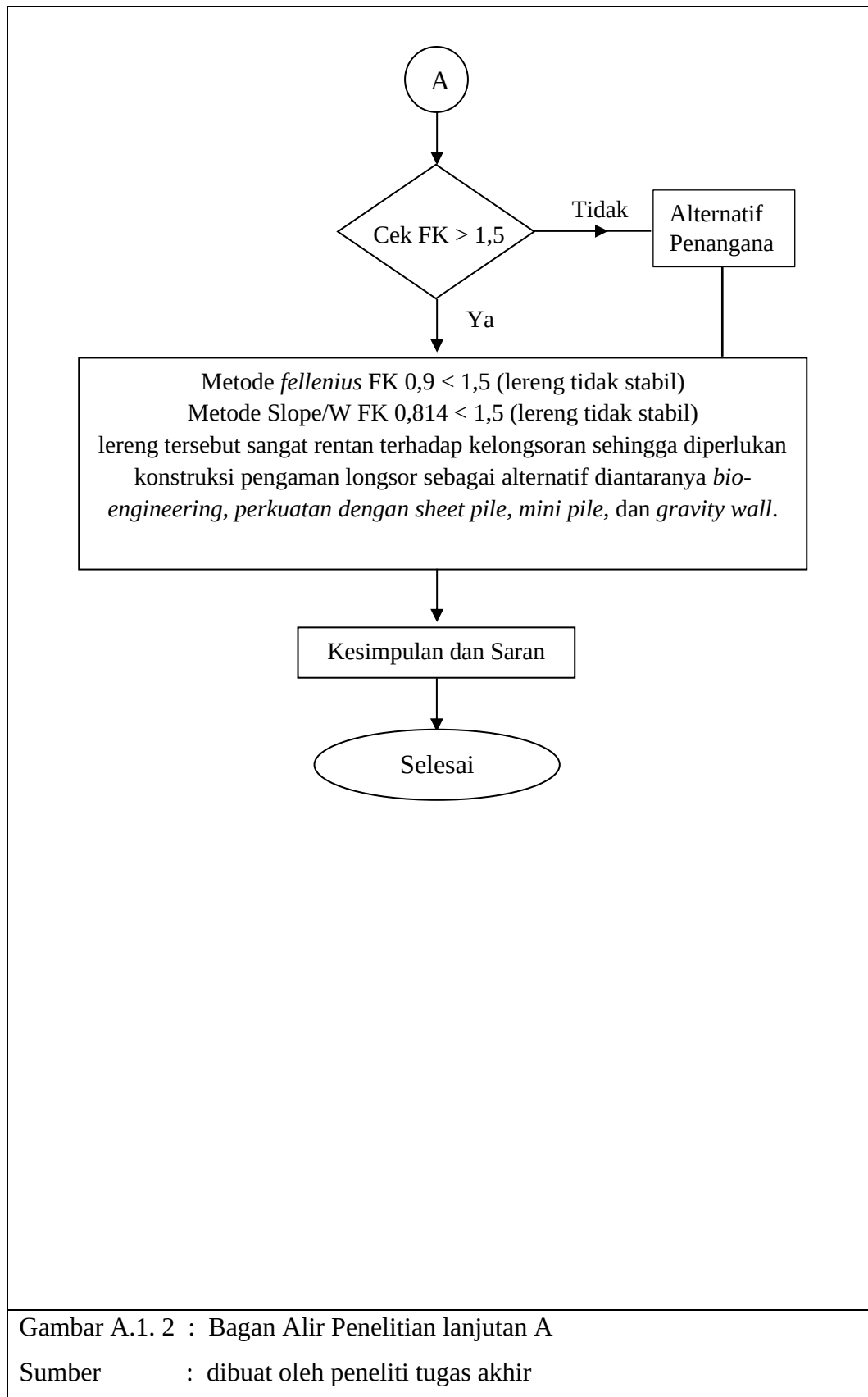
- ASTM D3080-98, Metode pengujian tentang kuat geser tanah
- ASTM D-422, Metode pengujian tentang analisis saringan
- ASTM D-2216-71, Metode pengujian tentang kadar air tanah.
- ASTM D-423-66, Metode pengujian tentang batas cair tanah.
- ASTM D-423-66, Metode pengujian tentang batas plastis tanah.
- ASTM D 854-72, Metode Pengujian tentang berat jenis tanah.
- Abramson, L. W. et al, 1996, *Slope Stability and Stabilization Methods*, Wiley and Sons Inc., New York.
- Adha, Idharmahdi. 2014. *Studi Kekuatan Batu Bata Pasca Pembakaran Menggunakan Campuran Bahan Additive Abu Sekam Padi Dan Abu Ampas Tebu*. Skripsi. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Apriliyandi, Emiril. 2017. *Analisis Aplikasi Pemberian Air Irigasi Dengan Metode SRI (System Of Rice Intensification) Di Desa Banjar Sari Kecamatan Labuhan Haji Kabupaten Lombok Timur*. Skripsi. Nusa Tenggara Barat: Universitas Mataram.
- Azmeri, Sundary, 2013, *Analisis Stabilitas Tepian Sungai Leuwi Liang Pangi Kecamatan LEUSER, Kabupaten Aceh Tenggara*. Jurnal Teknik Sipil Inersia Vol 5.
- Bowles, J.E., 1993, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M., 1993, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Jilid 1, Alih Bahasa Nur Endang Mochtar dan Indrasurya B. Muchtar, Penerbit Erlangga, Indonesia.
- Das, B.M.1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M. (2002). *Principles of Geotechnical Engineering*. Pacifif Grove: Brooks. Cole.
- Duncan, J.M., 2005, *Soil Strength and Slope Stability*, John Willey & Son INC. New York
- Fauizek, Michelle & Suhendra. Andryan. 2018. *Efek Dari Dynamic Compaction (Dc) Terhadap Peningkatan Kuat Geser Tanah*. Jurnal Mitra Teknik Sipil. Jakarta: Universitas Tarumanegara.
- Fellenius, W. 1927. *Earl Static Calculation with Friction and Cohesion and use of Sircular Slidiery Surfoices*. Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin.

- Hardiyatmo, H. C. 1992. *Mekanika Tanah I*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah 2*. Jilid 4. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2006. *Teknik Pondasi I*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2012. *Tanah Longsor dan Erosi*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2018. *Mekanika Tanah I Edisi ke Tujuh*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, C. H. 2018. *Mekanika Tanah II Edisi keenam*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hasyim, A., 2007. *Slope Stability Analysis in Saturated Slope*, Faculty of Civil Engineering Universiti Teknologi Malaysia, inside.mines.edu, Malaysia.
- Karnawati. D. 2001. *Pengenalan Daerah Rentan Gerakan Tanah dan Upaya Mitigasinya*. Semarang: Pusat Studi Kebumihan Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro.
- Mohr, 1910, *Geotechnical Engineering Investigation Manual*, McGrawHill Book Co., 984 p.
- Muntohar, A.S., 2009, *Mekanika Tanah*, Yogyakarta : Omah Buku
- Mustafiril, 2003. *Analisis Stabilitas Lereng Untuk Konservasi Tanah dan Air di Kecamatan Banjarwangi Kabupaten Garut*. Tesis. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- SNI 3423-2008, Metode pengujian tentang analisis saringan
- Subowo, E. 2003. *Pengenalan Gerakan Tanah. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral*. Bandung.
- Susi H & Yohan. 2007. *Program Analisis Stabilitas Lereng*, Semarang: Universitas Diponegoro.
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Suryolelono, B.K., 1993, *Teknik Pondasi*, Bagian II, Naffiri, Jogjakarta.
- Suryolelono, K. B. 2003. *Bencana Alam Tanah Longsor, Perspektif Ilmu Geoteknik*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (tidak dipublikasikan).

- Sowers.(1975). *Geologi Tanah dan Stabilitas Lereng*. Jakarta: Erlangga
- Terzaghi, K., 1925. *Theoretical Soil Mechanics For Civil And Mining Engineers.*, Granada. London.
- Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah (cetakan ke VI)*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

LAMPIRAN A BAGAN ALIR DAN DATA PENDUKUNG







Sumber : BPK Aceh (diakses pada tanggal 10 Juni 2021)



Gambar A.1. 5 : Letak Lokasi Penelitian dan Pengambilan sample Longsoran

Sumber : Google Maps (diakses pada tanggal 30 September 2020)

LAMPIRAN B DATA PENGUJIAN DAN DATA SEKUNDER

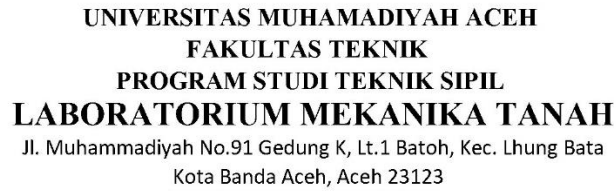


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 Jl. Muhammadiyah No.91 Gedung K, Lt.1 Batoh, Kec. Lhung Bata
 Kota Banda Aceh, Aceh 23123

KADAR AIR																																											
Tanggal	: 21 Sep 2020	Pelaksana	: Muazzir																																								
Mata Kuliah	: Tugas Akhir	Objek	: BH - 01																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sampel</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kode Container</td><td>C-109</td><td>C-101</td><td>C-074</td></tr> <tr> <td>Berat Container, W1 (gr)</td><td>4.50</td><td>4.52</td><td>4.51</td></tr> <tr> <td>Berat Container + Tanah Basah, W2 (gr)</td><td>23.60</td><td>24.76</td><td>24.75</td></tr> <tr> <td>Berat Container + Tanah Kering, W3 (gr)</td><td>20.53</td><td>21.59</td><td>21.53</td></tr> <tr> <td>Berat Tanah Basah, W4 = W2-W1 (gr)</td><td>19.10</td><td>20.24</td><td>20.24</td></tr> <tr> <td>Berat Tanah Kering Oven, W5= W3-W1 (gr)</td><td>16.03</td><td>17.07</td><td>17.02</td></tr> <tr> <td>Berat Air, W6=W4-W5 (gr)</td><td>3.07</td><td>3.17</td><td>3.22</td></tr> <tr> <td>Kadar Air W7 = W6/W5*100 (%)</td><td>19.152</td><td>18.571</td><td>18.919</td></tr> <tr> <td>Kadar Air Rata-rata (%)</td><td colspan="3">18.880</td></tr> </tbody> </table>				Sampel	1	2	3	Kode Container	C-109	C-101	C-074	Berat Container, W1 (gr)	4.50	4.52	4.51	Berat Container + Tanah Basah, W2 (gr)	23.60	24.76	24.75	Berat Container + Tanah Kering, W3 (gr)	20.53	21.59	21.53	Berat Tanah Basah, W4 = W2-W1 (gr)	19.10	20.24	20.24	Berat Tanah Kering Oven, W5= W3-W1 (gr)	16.03	17.07	17.02	Berat Air, W6=W4-W5 (gr)	3.07	3.17	3.22	Kadar Air W7 = W6/W5*100 (%)	19.152	18.571	18.919	Kadar Air Rata-rata (%)	18.880		
Sampel	1	2	3																																								
Kode Container	C-109	C-101	C-074																																								
Berat Container, W1 (gr)	4.50	4.52	4.51																																								
Berat Container + Tanah Basah, W2 (gr)	23.60	24.76	24.75																																								
Berat Container + Tanah Kering, W3 (gr)	20.53	21.59	21.53																																								
Berat Tanah Basah, W4 = W2-W1 (gr)	19.10	20.24	20.24																																								
Berat Tanah Kering Oven, W5= W3-W1 (gr)	16.03	17.07	17.02																																								
Berat Air, W6=W4-W5 (gr)	3.07	3.17	3.22																																								
Kadar Air W7 = W6/W5*100 (%)	19.152	18.571	18.919																																								
Kadar Air Rata-rata (%)	18.880																																										
		Diperiksa	:																																								
		Paraf	:																																								

Gambar B 1. 1 : Hasil Pengujian Kadar Air sampel BH – 01

Sumber : Pengujian Laboratorium Universitas Muhammadiyah Aceh



Tanggal : 21 Sep 2020	Pelaksana : Muazzir
Mata Kuliah : Tugas Akhir	Objek : BH - 01

Sampel yang dikerjakan : **kering oven** / kering udara / belum dikeringkan.

Bagian yang lulus saringan No.40 = 100 gr (Standar SNI 1967:2008)

Kode. container	Banyaknya ketukan	Berat container dan tanah basah	Berat container dan tanah kering	Berat container kosong	A - B	B - C	Kadar air = D/E * 100
		A (gr)	B (gr)	C (gr)	D (gr)	E (gr)	(%)

Batas Cair (Liquid Limit)

C-087	10	11.00	9.50	4.53	1.50	4.97	30.18
C-083	14	10.54	9.20	4.52	1.34	4.68	28.63
C-089	26	11.60	10.13	4.51	1.47	5.62	26.16
C-055	29	13.07	11.33	4.51	1.74	6.82	25.51

Batas Plastis (Plastic Limit)

C-091		6.60	6.3	4.54	0.35	1.71	20.47
C-067		7.55	7.0	4.54	0.51	2.50	20.40
C-085		8.84	8.1	4.51	0.70	3.63	19.28

Batas Cair (LL) = 26.35 % Batas Plastis (PL) = 20.05 % Indeks Plastis (PI)(LL-PL) = 6.30 %	Nilai batas cair di lihat di grafik hubungan antara kadar air dengan ketukan
--	--

Diperiksa :

Paraf :

Sumber : Pengujian Laboratorium Universitas Muhammadiyah Aceh



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

Jl. Muhammadiyah No.91 Gedung K, Lt.1 Batoh, Kec. Lueng Bata
 Kota Banda Aceh, Aceh 23123

SPECIFIC GRAVITY

Tanggal	: 21 Sep 2020	Pelaksana	: Muazzir	
Mata Kuliah	: Tugas Akhir	Objek	: BH - 01	
No	No.Piknometer	1	2	3
1	Berat Piknometer Kosong (W1) (gr)	58.73	52.23	52.81
2	Berat Piknometer + Tanah Kering (W2) (gr)	82.31	83.6	84.55
3	Berat Piknometer + Tanah + Air (W3) (gr)	172.54	171.855	174.39
4	Berat Piknometer + Air (W4) (gr)	157.87	152.28	154.62
5	Temperatur Air (C°)	28	28	28
6	A = Berat Tanah (Wt= W2-W1)	23.578	31.37	31.745
7	B = (W3-W4)	14.67	19.575	19.77
8	C = (A-B)	8.908	11.795	11.975
9	Berat Jenis Tanah (Gs = A : C)	2.647	2.660	2.651
*Tanah Kering Oven		2.652		

Penguji	: Muazzir
Paraf	:
Pemeriksa	: Ir. Maimunah, ST.,M.Eng, IPM

Gambar B 1. 3 : Hasil Pengujian Berat Jenis sampel BH – 01

Sumber : Pengujian Laboratorium Universitas Muhammadiyah Aceh



PARTICLE-SIZE ANALYSIS (1)

SNI 3423 - 2008
ASTM D 422 - 63

Project Title : Penelitian Tugas Akhir

Section : Ruas Jalan Bts. Bireuen Bener Meriah KM

Orders From : 0

LOCATION	Kab. Bener Meriah, Prov Aceh	N	0	0	0
		E	0	0	0

Sample Code : **PS22**

Description of Sample : Pasir berlanau

Type of sample : ☒ Undisturbed ☐ Disturbed ☐ Remolded

SPECIMEN DATA

Mass of soil specimen (W) = 60,0 gr

Specific Gravity (Gs) = 2,65

Dispersing agent : Calgon (NaPO₃)

HYDROMETER APPARATUS

Hydrometer type = 152 H

Meniscus correction (Fm) = 0,5

Zero correction (Fz) = 0,5

Correction factor for Gs (a) = 1

Mass before sieve analysis test = 35,2 gr

Loss of mass during test 0,01 gr

Checked 0,03 % < 2% OK

SIEVE SIZE	DIA-METER (mm)	MASS RETAINED (gr)	PERCENT RETAINED (%)	CUMM. OF PERCENT RETAINED (%)	PERCENT PASSED (%)
No. 4	4,750	0,000	0,00	0,00	100,00
No. 10	2,000	0,380	0,63	0,63	99,37
No. 20	0,850	0,650	1,08	1,72	98,28
No. 40	0,425	7,610	12,68	14,40	85,60
No. 60	0,250	7,210	12,02	26,42	73,58
No. 140	0,106	16,610	27,68	54,10	45,90
No. 200	0,075	2,690	4,48	58,58	41,42
PAN	-	0,010	0,02	58,60	41,40
Mass after test		35,160			

DATE	TIME	ELAPSED TIME T (min)	HYDRO-METER READING R _a	TEMP. T _e °C	TEMP. CORR. C _t °C	R CORR. R _c	PERCENT FINER (%)	R ACTUAL R	EFF. DEPTH L (cm)	L / T cm/min	VALUES OF K K	DIA-METER D (mm)
Sunday, 08 August 2021	09:00	0,25	10,0	27,0	2,0	11,5	19,17	10,50	14,7	58,800	0,01258	0,09646
	09:00	0,50	9,0	27,0	2,0	10,5	17,50	9,50	14,8	29,600	0,01258	0,06844
	09:01	1,00	5,0	27,0	2,0	6,5	10,83	5,50	15,5	15,500	0,01258	0,04953
	09:02	2,00	4,0	27,0	2,0	5,5	9,17	4,50	15,6	7,800	0,01258	0,03513
	09:04	4,00	3,0	27,0	2,0	4,5	7,50	3,50	15,8	3,950	0,01258	0,02500
	09:08	8,00	2,5	27,0	2,0	4,0	6,67	3,00	15,8	1,975	0,01258	0,01768
	09:15	15,00	2,0	27,0	2,0	3,5	5,83	2,50	16,0	1,067	0,01258	0,01299
	09:30	30,00	1,5	27,0	2,0	3,0	5,00	2,00	16,0	0,533	0,01258	0,00919
	10:00	60,00	1,5	27,0	2,0	3,0	5,00	2,00	16,0	0,267	0,01258	0,00650
	11:00	120,00	1,0	27,0	2,0	2,5	4,17	1,50	16,1	0,134	0,01258	0,00461
09-Aug	13:00	240,00	0,8	27,0	2,0	2,3	3,83	1,30	16,1	0,067	0,01258	0,00326
	17:00	480,00	0,7	27,0	2,0	2,2	3,67	1,20	16,1	0,034	0,01258	0,00230
	09:00	1440,00	0,5	27,0	2,0	2,0	3,33	1,00	16,1	0,011	0,01258	0,00133
	09:00	2880,00	0,1	27,0	2,0	1,6	2,67	0,60	16,3	0,006	0,01258	0,00095

Point	Boring Tubes	Code	Tested by:	Reviewed by:	Date	Pages
BH01	1 of 2	Depth : 4,5-5 m	Dika	Yus	Monday, 09 August 2021	3 of 4

Gambar B 1. 4 : Hasil Pengujian Analisa saringan dan Hidrometer BH – 01
Sumber : Pengujian Laboratorium Universitas Muhammadiyah Aceh

D03B

D-Form

GEOTECHNICAL LABORATORY

INTEGRATED RESEARCH LABORATORY - SYIAH KUALA UNIVERSITY

Jl. Syech Abdul Rauf No. 2 - 3, Darussalam, Banda Aceh 23111



PARTICLE-SIZE ANALYSIS (2)

SNI 3423 - 2008

ASTM D 422 - 63

Project Title : Penelitian Tugas Akhir

Section : Ruas Jalan Bts. Bireuen Bener Meriah KM 2

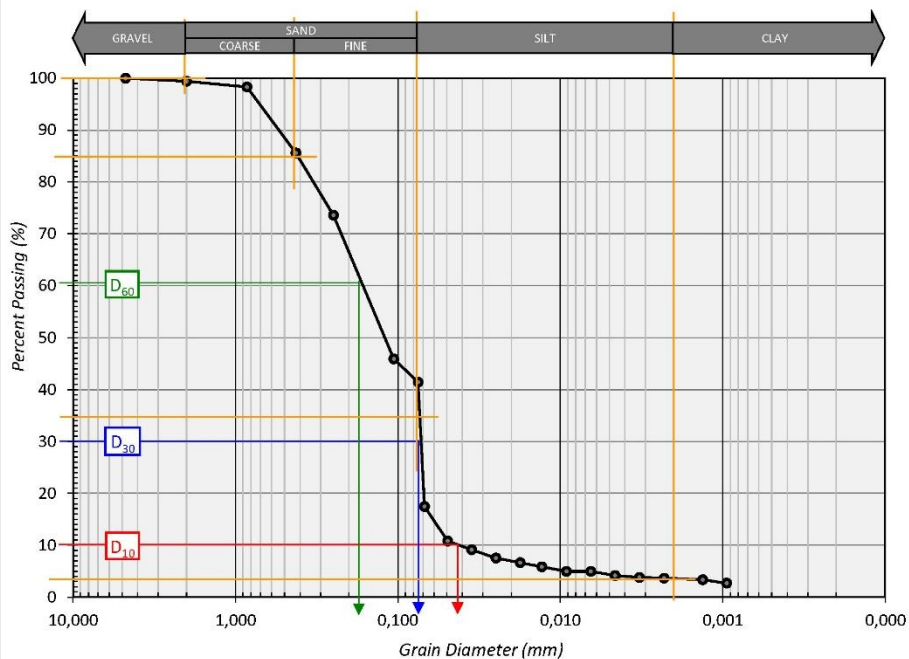
Orders From : 0

LOCATION

Kab. Bener Meriah, Prov
Aceh

N	0	0	0
E	0	0	0

GRAIN-SIZE DISTRIBUTION CURVE



Gravel	(> 2,00mm)	G	= 0,63 %
Coarse sand	(2,00 - 0,42mm)	=	13,77 %
Fine sand	(0,42 - 0,074mm)	=	44,18 %
Silt	(0,074 - 0,002mm)	M	= 38,42 %
Clay	(< 0,002mm)	C	= 3,00 %
Diameter of soil particles at which 10% of sample passes (D₁₀)		=	0,04 mm
Diameter of soil particles at which 30% of sample passes (D₃₀)		=	0,07 mm
Diameter of soil particles at which 60% of sample passes (D₆₀)		=	0,18 mm

Coefficient of uniformity	
C_u	= 4,50
$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	
Coefficient of gradation	
C_c	= 0,6805556
$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$	

Note:

Point	Boring Tubes	Code	: UDS	Tested by:	Reviewed by:	Date	Pages
BH01	1 of 2	Depth	: 4,5-5 m	Dika	Yus	Monday, 09 August 2021	4 of 4

Gambar B 1. 5 : Grafik Hasil Pengujian sampel BH – 01

Sumber : Pengujian Laboratorium Universitas Muhammadiyah Aceh



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

Jl. Muhammadiyah No.91 Gedung K, Lt.1 Batoh, Kec. Lueng Bata
 Kota Banda Aceh, Aceh 23123

UNIT WEIGHT

Tanggal	: 21 Sep 2020	Pelaksana	: Muazzir
Mata Kuliah	: Tugas Akhir	Objek	: BH - 01
			SNI 3637-1994

Sampel		1	2
Diameter of specimen (D) cm		6.970	
Height of specimen (H) gr		67	
Mass of ring (Mr) gr		1227	
Mass of ring + specimen (Mrs) gr		6042	
Mass of specimen (Ms) gr		4815	
Volume of specimen (Vs) cm ³		2555	
Wet of Unit Weight (γ _b) gr/cm ³		1.884	
Dry Unit Weight (γ _d) gr/cm ³		1.585	

Penguji	: Muazzir
Paraf	:
Pemeriksa	: Ir. Maimunah, ST.,M.Eng, IPM

Gambar B 1. 6 : Hasil Pengujian Unit Weight sampel BH – 01

Sumber : Pengujian Laboratorium Universitas Muhammadiyah Aceh

D-01B D-Form	GEOTECHNICAL LABORATORY INTEGRATED RESEARCH LABORATORY - SYIAH KUALA UNIVERSITY J.L. Syech Abdul Rauf No. 2 - 3, Darussalam, Banda Aceh 23111											
DIRECT SHEAR												
Project Title : Penelitian Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Aceh Location : Timang Gajah, Kabupaten Bener Meriah, Provinsi Aceh Sample Code : 1 Depth : Rate : 0,01 div/mm Sample Diameter : 6,30 cm Area : 31,16 cm ² Calibration : 0,7 kg/cm ²												
Date Tested : 12 /08/ 2021 Tested By : Azir												
	Normal Load 0.206 kg/cm ²				Normal Load 0.304 kg/cm ²				Normal Load 0.515 kg/cm ²			
Time (Min)	Horizontal Dial Reading	Horizontal Displacemen (0,01mm)	Load Dial Reading	Shear Stress (kg/cm ²)	Horizontal Dial Reading	Horizontal Displacemen (0,01mm)	Load Dial Reading	Shear Stress (kg/cm ²)	Horizontal Dial Reading	Horizontal Displacemen (0,01mm)	Load Dial Reading	Shear Stress (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
0,15	15	0,15	0,17	0,00	15	0,15	0,73	0,02	15	0,15	1,25	0,03
30,00	30	0,30	1,20	0,03	30	0,30	1,24	0,03	30	0,30	1,81	0,04
1,00	45	0,45	1,98	0,04	45	0,45	2,11	0,05	45	0,45	2,16	0,05
1,30	60	0,60	2,15	0,05	60	0,60	2,92	0,07	60	0,60	2,50	0,06
2,00	75	0,75	2,78	0,06	75	0,75	3,50	0,08	75	0,75	2,90	0,07
2,30	90	0,90	3,19	0,07	90	0,90	3,83	0,09	90	0,90	2,72	0,06
3,00	105	1,05	3,29	0,07	105	1,05	3,97	0,09	105	1,05	2,95	0,07
3,30	120	1,20	4,02	0,09	120	1,20	4,10	0,09	120	1,20	3,00	0,07
4	135	1,35	4,02	0,09	135	1,35	4,41	0,10	135	1,35	3,01	0,07
4,30	150	1,50	4,02	0,09	150	1,50	4,90	0,11	150	1,50	4,58	0,10
5					165	1,65	5,11	0,11	165	1,65	5,04	0,11
6					180	1,80	5,31	0,12	180	1,80	5,91	0,13
7					195	1,95	5,48	0,12	195	1,95	6,81	0,15
8					210	2,10	6,04	0,14	210	2,10	7,15	0,16
9					225	2,25	6,18	0,14	225	2,25	8,72	0,20
10					240	2,40	6,25	0,14	240	2,40	9,20	0,21
11					255	2,55	6,25	0,14	255	2,55	10,57	0,24
12					270	2,70	6,25	0,14	270	2,70	11,55	0,26
13									285	2,85	11,55	0,26
14									300	3,00	11,55	0,26
15												
16												

DIRECT SHEAR TEST

DIRECT SHEAR TEST

Gambar B 1. 7 : Hasil Pengujian Direct Shear sampel BH – 01

Sumber : Pengujian Laboratorium Universitas Muhammadiyah Aceh



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

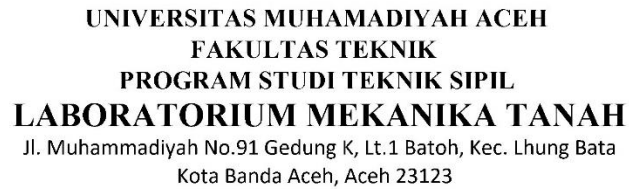
Jl. Muhammadiyah No.91 Gedung K, Lt.1 Batoh, Kec. Lhung Bata

Kota Banda Aceh, Aceh 23123

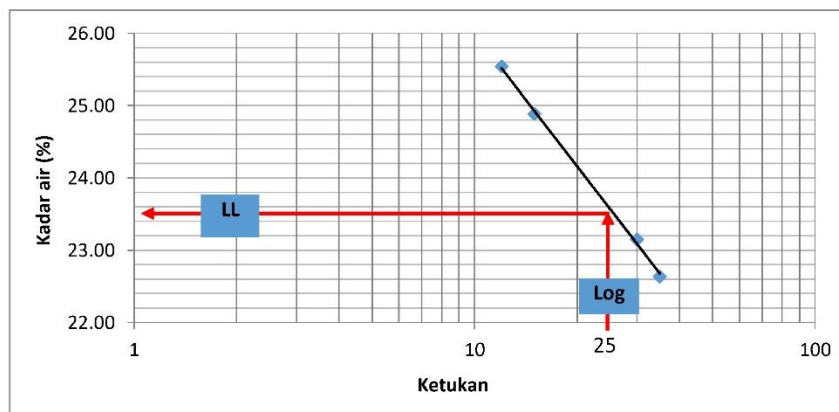
KADAR AIR			
Tanggal	: 21 Sep 2020	Pelaksana	: Muazzir
Mata Kuliah	: Tugas Akhir	Objek	: BH - 02
Sampel	1	2	3
Kode Container	C-109	C-101	C-074
Berat Container, W1 (gr)	4.50	4.52	4.51
Berat Container + Tanah Basah, W2 (gr)	23.72	24.84	24.84
Berat Container + Tanah Kering, W3 (gr)	20.33	21.39	21.33
Berat Tanah Basah, W4 = W2-W1 (gr)	19.22	20.32	20.33
Berat Tanah Kering Oven, W5= W3-W1 (gr)	15.83	16.87	16.82
Berat Air, W6=W4-W5 (gr)	3.39	3.45	3.51
Kadar Air W7 = W6/W5*100 (%)	21.390	20.456	20.880
Kadar Air Rata-rata (%)	20.909		
		Diperiksa	:
		Paraf	:

Gambar B 1. 8 : Hasil Pengujian Kadar Air sampel BH – 02

Sumber : Pengujian Laboratorium Universitas Muhammadiyah Aceh



Tanggal	: 21 Sep 2020	Pelaksana	: Muazzir				
Mata Kuliah	: Tugas Akhir	Objek	: BH - 02				
Sampel yang dikerjakan : kering oven / kering udara / belum dikeringkan.							
Bagian yang lulus saringan No.40 = 100 gr (Standar SNI 1967:2008)							
Kode. container	Banyaknya ketukan	Berat container dan tanah basah	Berat container dan tanah kering	Berat container kosong	A - B	B - C	Kadar air = D/E * 100
		A (gr)	B (gr)	C (gr)	D (gr)	E (gr)	(%)
Batas Cair (Liquid Limit)							
C-088	12	12.72	11.05	4.51	1.67	6.54	25.54
C-119	15	12.59	10.98	4.51	1.61	6.47	24.88
C-094	30	12.65	11.12	4.51	1.53	6.61	23.15
C-124	35	13.17	11.57	4.50	1.60	7.07	22.63
Batas Plastis (Plastic Limit)							
C-090		8.19	7.6	4.49	0.56	3.14	17.83
C-103		8.73	8.1	4.50	0.64	3.59	17.83
C-100		8.84	8.2	4.52	0.66	3.66	18.03
Batas Cair (LL) = 23.57 % Batas Plastis (PL) = 17.90 % Indeks Plastis (PI)(LL-PL) = 5.67 % Nilai batas cair di lihat di grafik hubungan antara kadar air dengan ketukan							



Diperiksa : _____
Paraf : _____

Gambar B 1.9 : Hasil Pengujian Batas Cair dan Batas Plastis sampel BH – 02

Sumber : Pengujian Laboratorium Universitas Muhammadiyah Aceh



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
 Jl. Muhammadiyah No.91 Gedung K, Lt.1 Batoh, Kec. Lueng Bata
 Kota Banda Aceh, Aceh 23123

SPECIFIC GRAVITY

Tanggal	: 21 Sep 2020	Pelaksana	: Muazzir
Proyek	: Tugas Akhir	Objek	: BH - 02

No	No.Piknometer	1	2	3
1	Berat Piknometer Kosong (W1) (gr)	58.73	52.27	52.84
2	Berat Piknometer + Tanah Kering (W2) (gr)	82.28	83.7	84.55
3	Berat Piknometer + Tanah + Air (W3) (gr)	172.53	171.88	174.29
4	Berat Piknometer + Air (W4) (gr)	157.86	152.28	154.52
5	Temperatur Air (C°)	28	28	28
6	A = Berat Tanah (Wt= W2-W1)	23.55	31.43	31.71
7	B = (W3-W4)	14.67	19.6	19.77
8	C = (A-B)	8.88	11.83	11.94
9	Berat Jenis Tanah (Gs = A: C)	2.652	2.657	2.656

*Tanah Kering Oven

2.655

Penguji	: Muazzir
Paraf	:
Pemeriksa	: Ir. Maimunah, ST.,M.Eng, IPM

Gambar B 1. 10 : Hasil Pengujian Berat Jenis sampel BH – 02

Sumber : Pengujian Laboratorium Universitas Muhammadiyah Aceh

D03A	GEOTECHNICAL LABORATORY INTEGRATED RESEARCH LABORATORY - SYIAH KUALA UNIVERSITY Jl. Syech Abdul Rauf No. 2 - 3, Darussalam, Banda Aceh 23111																																																																																																																																																																																											
D-Form																																																																																																																																																																																												
PARTICLE-SIZE ANALYSIS (1)		SNI 3423 - 2008 ASTM D 422 - 63																																																																																																																																																																																										
Project Title : Penelitian Tugas Akhir Section : Ruas Jalan Bts. Bireuen Bener Meriah KM Orders From : 0																																																																																																																																																																																												
LOCATION Kabupaten Bener Meriah, Provinsi Aceh		N 0 0 0 E 0 0 0																																																																																																																																																																																										
Sample Code : PS11KM Description of Sample : Pasir sedikit lanau Type of sample : ☒ Undisturbed ☐ Disturbed ☐ Remolded																																																																																																																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2">SPECIMEN DATA</td></tr> <tr><td>Mass of soil specimen (W) =</td><td>60,0 gr</td></tr> <tr><td>Specific Gravity (Gs) =</td><td>2,65</td></tr> <tr><td>Dispersing agent :</td><td>Calgon (NaPO3)</td></tr> <tr><td colspan="2">HYDROMETER APPARATUS</td></tr> <tr><td>Hydrometer type =</td><td>152 H</td></tr> <tr><td>Meniscus correction (Fm) =</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>Zero correction (Fz) =</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>Correction factor for Gs (a) =</td><td>1</td></tr> <tr><td>Mass before sieve analysis test =</td><td>40,4 gr</td></tr> <tr><td>Loss of mass during test</td><td>0,01 gr</td></tr> <tr><td>Checked</td><td>0,02 % < 2% OK</td></tr> </table>	SPECIMEN DATA		Mass of soil specimen (W) =	60,0 gr	Specific Gravity (Gs) =	2,65	Dispersing agent :	Calgon (NaPO3)	HYDROMETER APPARATUS		Hydrometer type =	152 H	Meniscus correction (Fm) =	0,5	Zero correction (Fz) =	0,5	Correction factor for Gs (a) =	1	Mass before sieve analysis test =	40,4 gr	Loss of mass during test	0,01 gr	Checked	0,02 % < 2% OK	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>SIEVE SIZE</th> <th>DIA-METER (mm)</th> <th>MASS RETAINED (gr)</th> <th>PERCENT RETAINED (%)</th> <th>CUMM. OF PERCENT RETAINED (%)</th> <th>PERCENT PASSED (%)</th> </tr> <tr><td>No. 4</td><td>4,750</td><td>0,000</td><td>0,00</td><td>0,00</td><td>100,00</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>2,000</td><td>4,710</td><td>7,85</td><td>7,85</td><td>92,15</td></tr> <tr><td>No. 20</td><td>0,850</td><td>10,960</td><td>18,27</td><td>26,12</td><td>73,88</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>0,425</td><td>4,530</td><td>7,55</td><td>33,67</td><td>66,33</td></tr> <tr><td>No. 60</td><td>0,250</td><td>0,590</td><td>0,98</td><td>34,65</td><td>65,35</td></tr> <tr><td>No. 140</td><td>0,106</td><td>14,540</td><td>24,23</td><td>58,88</td><td>41,12</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>0,075</td><td>4,820</td><td>8,03</td><td>66,92</td><td>33,08</td></tr> <tr><td>PAN</td><td>-</td><td>0,190</td><td>0,32</td><td>67,23</td><td>32,77</td></tr> <tr><td colspan="2">Mass after test</td><td>40,340</td><td colspan="3"></td></tr> </table>	SIEVE SIZE	DIA-METER (mm)	MASS RETAINED (gr)	PERCENT RETAINED (%)	CUMM. OF PERCENT RETAINED (%)	PERCENT PASSED (%)	No. 4	4,750	0,000	0,00	0,00	100,00	No. 10	2,000	4,710	7,85	7,85	92,15	No. 20	0,850	10,960	18,27	26,12	73,88	No. 40	0,425	4,530	7,55	33,67	66,33	No. 60	0,250	0,590	0,98	34,65	65,35	No. 140	0,106	14,540	24,23	58,88	41,12	No. 200	0,075	4,820	8,03	66,92	33,08	PAN	-	0,190	0,32	67,23	32,77	Mass after test		40,340																																																																																																										
SPECIMEN DATA																																																																																																																																																																																												
Mass of soil specimen (W) =	60,0 gr																																																																																																																																																																																											
Specific Gravity (Gs) =	2,65																																																																																																																																																																																											
Dispersing agent :	Calgon (NaPO3)																																																																																																																																																																																											
HYDROMETER APPARATUS																																																																																																																																																																																												
Hydrometer type =	152 H																																																																																																																																																																																											
Meniscus correction (Fm) =	0,5																																																																																																																																																																																											
Zero correction (Fz) =	0,5																																																																																																																																																																																											
Correction factor for Gs (a) =	1																																																																																																																																																																																											
Mass before sieve analysis test =	40,4 gr																																																																																																																																																																																											
Loss of mass during test	0,01 gr																																																																																																																																																																																											
Checked	0,02 % < 2% OK																																																																																																																																																																																											
SIEVE SIZE	DIA-METER (mm)	MASS RETAINED (gr)	PERCENT RETAINED (%)	CUMM. OF PERCENT RETAINED (%)	PERCENT PASSED (%)																																																																																																																																																																																							
No. 4	4,750	0,000	0,00	0,00	100,00																																																																																																																																																																																							
No. 10	2,000	4,710	7,85	7,85	92,15																																																																																																																																																																																							
No. 20	0,850	10,960	18,27	26,12	73,88																																																																																																																																																																																							
No. 40	0,425	4,530	7,55	33,67	66,33																																																																																																																																																																																							
No. 60	0,250	0,590	0,98	34,65	65,35																																																																																																																																																																																							
No. 140	0,106	14,540	24,23	58,88	41,12																																																																																																																																																																																							
No. 200	0,075	4,820	8,03	66,92	33,08																																																																																																																																																																																							
PAN	-	0,190	0,32	67,23	32,77																																																																																																																																																																																							
Mass after test		40,340																																																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DATE</th> <th>TIME</th> <th>ELAPSED TIME T (min)</th> <th>HYDRO-METER READING R_s</th> <th>TEMP. T_e (°C)</th> <th>TEMP. CORR. C_t (°C)</th> <th>R CORR. R_c</th> <th>PERCENT FINER (%)</th> <th>R ACTUAL R</th> <th>EFF. DEPTH L (cm)</th> <th>L / T</th> <th>VALUES OF K K</th> <th>DIA-METER D (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td rowspan="11">Sunday, 08 August 2021</td><td>09:00</td><td>0,25</td><td>22,0</td><td>27,0</td><td>2,0</td><td>23,5</td><td>39,17</td><td>22,50</td><td>12,7</td><td>50,800</td><td>0,01258</td><td>0,08966</td></tr> <tr><td>09:00</td><td>0,50</td><td>17,0</td><td>27,0</td><td>2,0</td><td>18,5</td><td>30,83</td><td>17,50</td><td>13,5</td><td>27,000</td><td>0,01258</td><td>0,06537</td></tr> <tr><td>09:01</td><td>1,00</td><td>12,0</td><td>27,0</td><td>2,0</td><td>13,5</td><td>22,50</td><td>12,50</td><td>14,3</td><td>14,300</td><td>0,01258</td><td>0,04757</td></tr> <tr><td>09:02</td><td>2,00</td><td>8,0</td><td>27,0</td><td>2,0</td><td>9,5</td><td>15,83</td><td>8,50</td><td>15,0</td><td>7,500</td><td>0,01258</td><td>0,03445</td></tr> <tr><td>09:04</td><td>4,00</td><td>4,5</td><td>27,0</td><td>2,0</td><td>6,0</td><td>10,00</td><td>5,00</td><td>15,5</td><td>3,875</td><td>0,01258</td><td>0,02476</td></tr> <tr><td>09:08</td><td>8,00</td><td>4,0</td><td>27,0</td><td>2,0</td><td>5,5</td><td>9,17</td><td>4,50</td><td>15,6</td><td>1,950</td><td>0,01258</td><td>0,01757</td></tr> <tr><td>09:15</td><td>15,00</td><td>3,0</td><td>27,0</td><td>2,0</td><td>4,5</td><td>7,50</td><td>3,50</td><td>15,8</td><td>1,053</td><td>0,01258</td><td>0,01291</td></tr> <tr><td>09:30</td><td>30,00</td><td>3,0</td><td>27,0</td><td>2,0</td><td>4,5</td><td>7,50</td><td>3,50</td><td>15,8</td><td>0,527</td><td>0,01258</td><td>0,00913</td></tr> <tr><td>10:00</td><td>60,00</td><td>2,5</td><td>27,0</td><td>2,0</td><td>4,0</td><td>6,67</td><td>3,00</td><td>15,8</td><td>0,263</td><td>0,01258</td><td>0,00646</td></tr> <tr><td>11:00</td><td>120,00</td><td>2,0</td><td>27,0</td><td>2,0</td><td>3,5</td><td>5,83</td><td>2,50</td><td>16,0</td><td>0,133</td><td>0,01258</td><td>0,00459</td></tr> <tr><td>13:00</td><td>240,00</td><td>2,0</td><td>27,0</td><td>2,0</td><td>3,5</td><td>5,83</td><td>2,50</td><td>16,0</td><td>0,067</td><td>0,01258</td><td>0,00325</td></tr> <tr><td>17:00</td><td>480,00</td><td>1,5</td><td>27,0</td><td>2,0</td><td>3,0</td><td>5,00</td><td>2,00</td><td>16,0</td><td>0,033</td><td>0,01258</td><td>0,00230</td></tr> <tr><td rowspan="2">07-Aug</td><td>09:00</td><td>1440,00</td><td>1,0</td><td>27,0</td><td>2,0</td><td>2,5</td><td>4,17</td><td>1,50</td><td>16,1</td><td>0,011</td><td>0,01258</td><td>0,00133</td></tr> <tr><td>09:00</td><td>2880,00</td><td>0,5</td><td>27,0</td><td>2,0</td><td>2,0</td><td>3,33</td><td>1,00</td><td>16,1</td><td>0,006</td><td>0,01258</td><td>0,00094</td></tr> </tbody> </table>						DATE	TIME	ELAPSED TIME T (min)	HYDRO-METER READING R _s	TEMP. T _e (°C)	TEMP. CORR. C _t (°C)	R CORR. R _c	PERCENT FINER (%)	R ACTUAL R	EFF. DEPTH L (cm)	L / T	VALUES OF K K	DIA-METER D (mm)	Sunday, 08 August 2021	09:00	0,25	22,0	27,0	2,0	23,5	39,17	22,50	12,7	50,800	0,01258	0,08966	09:00	0,50	17,0	27,0	2,0	18,5	30,83	17,50	13,5	27,000	0,01258	0,06537	09:01	1,00	12,0	27,0	2,0	13,5	22,50	12,50	14,3	14,300	0,01258	0,04757	09:02	2,00	8,0	27,0	2,0	9,5	15,83	8,50	15,0	7,500	0,01258	0,03445	09:04	4,00	4,5	27,0	2,0	6,0	10,00	5,00	15,5	3,875	0,01258	0,02476	09:08	8,00	4,0	27,0	2,0	5,5	9,17	4,50	15,6	1,950	0,01258	0,01757	09:15	15,00	3,0	27,0	2,0	4,5	7,50	3,50	15,8	1,053	0,01258	0,01291	09:30	30,00	3,0	27,0	2,0	4,5	7,50	3,50	15,8	0,527	0,01258	0,00913	10:00	60,00	2,5	27,0	2,0	4,0	6,67	3,00	15,8	0,263	0,01258	0,00646	11:00	120,00	2,0	27,0	2,0	3,5	5,83	2,50	16,0	0,133	0,01258	0,00459	13:00	240,00	2,0	27,0	2,0	3,5	5,83	2,50	16,0	0,067	0,01258	0,00325	17:00	480,00	1,5	27,0	2,0	3,0	5,00	2,00	16,0	0,033	0,01258	0,00230	07-Aug	09:00	1440,00	1,0	27,0	2,0	2,5	4,17	1,50	16,1	0,011	0,01258	0,00133	09:00	2880,00	0,5	27,0	2,0	2,0	3,33	1,00	16,1	0,006	0,01258	0,00094
DATE	TIME	ELAPSED TIME T (min)	HYDRO-METER READING R _s	TEMP. T _e (°C)	TEMP. CORR. C _t (°C)	R CORR. R _c	PERCENT FINER (%)	R ACTUAL R	EFF. DEPTH L (cm)	L / T	VALUES OF K K	DIA-METER D (mm)																																																																																																																																																																																
Sunday, 08 August 2021	09:00	0,25	22,0	27,0	2,0	23,5	39,17	22,50	12,7	50,800	0,01258	0,08966																																																																																																																																																																																
	09:00	0,50	17,0	27,0	2,0	18,5	30,83	17,50	13,5	27,000	0,01258	0,06537																																																																																																																																																																																
	09:01	1,00	12,0	27,0	2,0	13,5	22,50	12,50	14,3	14,300	0,01258	0,04757																																																																																																																																																																																
	09:02	2,00	8,0	27,0	2,0	9,5	15,83	8,50	15,0	7,500	0,01258	0,03445																																																																																																																																																																																
	09:04	4,00	4,5	27,0	2,0	6,0	10,00	5,00	15,5	3,875	0,01258	0,02476																																																																																																																																																																																
	09:08	8,00	4,0	27,0	2,0	5,5	9,17	4,50	15,6	1,950	0,01258	0,01757																																																																																																																																																																																
	09:15	15,00	3,0	27,0	2,0	4,5	7,50	3,50	15,8	1,053	0,01258	0,01291																																																																																																																																																																																
	09:30	30,00	3,0	27,0	2,0	4,5	7,50	3,50	15,8	0,527	0,01258	0,00913																																																																																																																																																																																
	10:00	60,00	2,5	27,0	2,0	4,0	6,67	3,00	15,8	0,263	0,01258	0,00646																																																																																																																																																																																
	11:00	120,00	2,0	27,0	2,0	3,5	5,83	2,50	16,0	0,133	0,01258	0,00459																																																																																																																																																																																
	13:00	240,00	2,0	27,0	2,0	3,5	5,83	2,50	16,0	0,067	0,01258	0,00325																																																																																																																																																																																
17:00	480,00	1,5	27,0	2,0	3,0	5,00	2,00	16,0	0,033	0,01258	0,00230																																																																																																																																																																																	
07-Aug	09:00	1440,00	1,0	27,0	2,0	2,5	4,17	1,50	16,1	0,011	0,01258	0,00133																																																																																																																																																																																
	09:00	2880,00	0,5	27,0	2,0	2,0	3,33	1,00	16,1	0,006	0,01258	0,00094																																																																																																																																																																																
Point BH-02 Boring Tubes 1 of 1 Code : UDS02 Tested by: Dika Reviewed by: Yus Date: Saturday, 07 August 2021 Pages: 3 of 4																																																																																																																																																																																												

Gambar B 1. 11 : Hasil Pengujian Analisa saringan dan Hidrometer BH – 02
 Sumber : Pengujian Laboratorium Universitas Muhammadiyah Aceh

D03B

D-Form

GEOTECHNICAL LABORATORY

INTEGRATED RESEARCH LABORATORY - SYIAH KUALA UNIVERSITY

JL. Syech Abdul Rauf No. 2 - 3, Darussalam, Banda Aceh 23111

**PARTICLE-SIZE ANALYSIS (2)**

SNI 3423 - 2008

ASTM D 422 - 63

Project Title : Penelitian Tugas Akhir

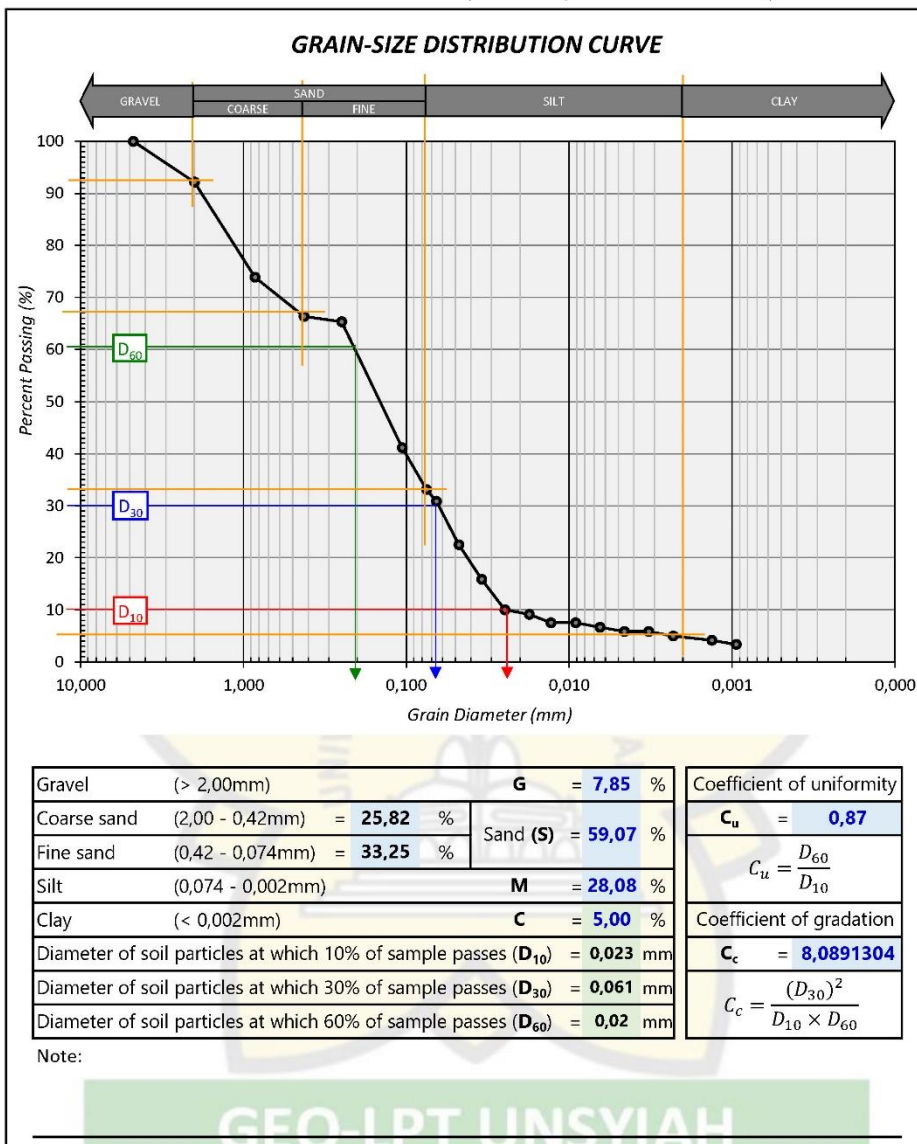
Section : Ruas Jalan Bts. Bireuen Bener Meriah KM 2

Orders From : 0

LOCATION

Kabupaten Bener Meriah,
Provinsi Aceh

N	0	0	0
E	0	0	0



Point	Boring Tubes	Code : UDS02	Tested by:	Reviewed by:	Date	Pages
BH-02	1 of 1	Depth : 4,5-5,0 m	<i>Dika</i>	<i>Yus</i>	Saturday, 07 August 2021	4 of 4

Gambar B 1. 12 : Grafik Hasil Pengujian sampel BH – 02

Sumber : Pengujian Laboratorium Universitas Muhammadiyah Aceh

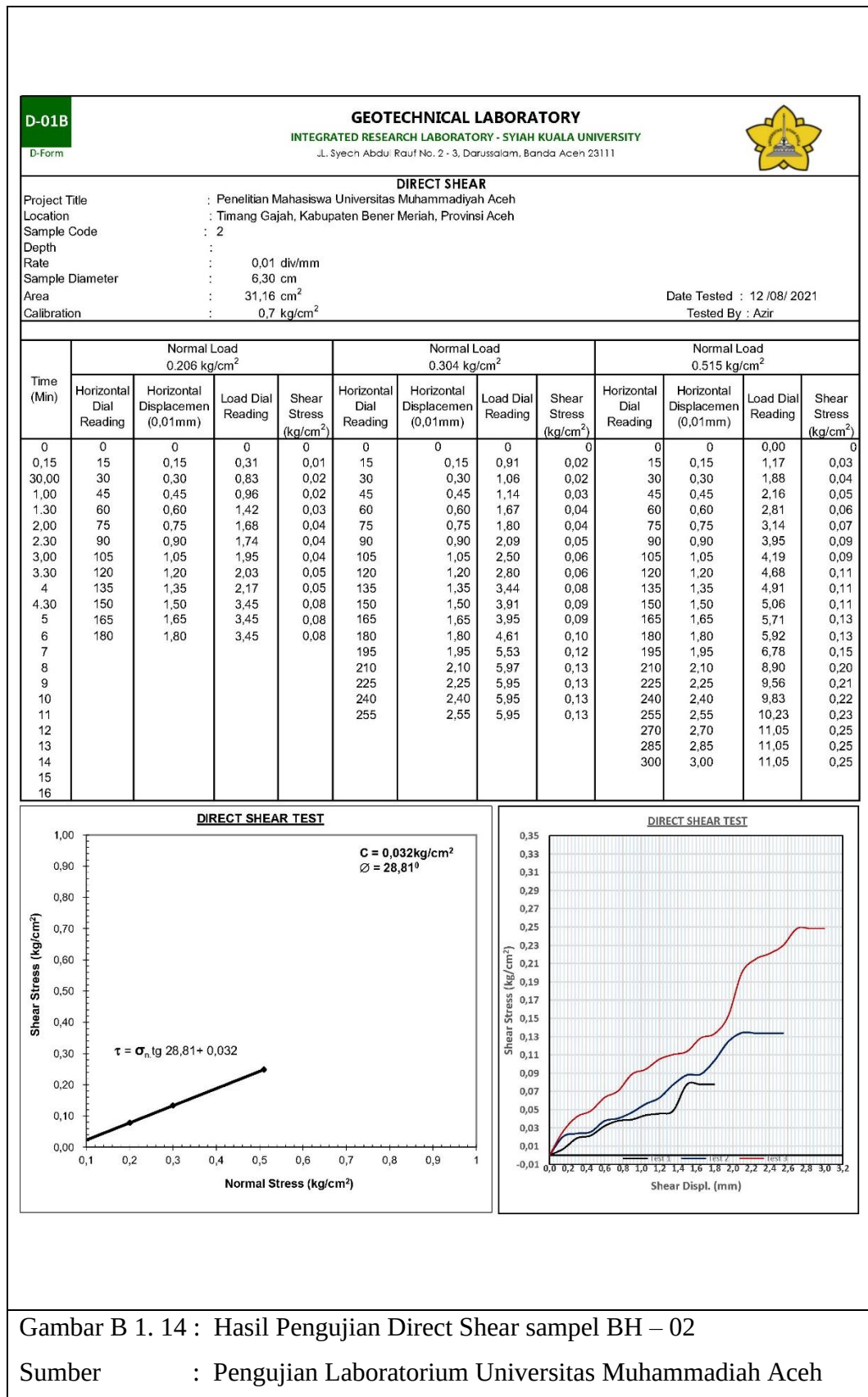


Tanggal	: 21 Sep 2020	Pelaksana	: Muazzir		
Proyek	: Tugas Akhir	Objek	: BH - 02		
	(PR-JLIB/09/2020)		SNI 3637-1994		
	Sampel	1	2		
	Diameter of specimen (D) cm	6.94			
	Height of specimen (H) gr	35			
	Mass of ring (Mr) gr	2019			
	Mass of ring + specimen (Mrs) gr	4480			
	Mass of specimen (Ms) gr	2461			
	Volume of specimen (Vs) cm ³	1323.3			
	Wet of Unit Weight (γ _b) gr/cm ³	1.860			
	Dry Unit Weight (γ _d) gr/cm ³	1.538			

Penguji	: Muazzir
Paraf	:
Pemeriksa	: Ir. Maimunah, ST.,M.Eng, IPM

Gambar B 1. 13 : Hasil Pengujian Unit Weight sampel BH – 02

Sumber : Pengujian Laboratorium Universitas Muhammadiyah Aceh



Gambar B 1. 14 : Hasil Pengujian Direct Shear sampel BH – 02

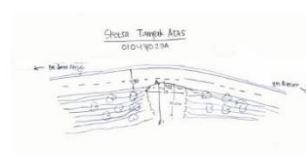
Sumber : Pengujian Laboratorium Universitas Muhammadiyah Aceh

2/17/2020

SIM Lereng

Hasil Inventarisasi Lereng Jalan

Nomor Provinsi	1	Bagian Lereng	Kiri
Nama Provinsi	ACEH	Status Jalan	Jalan nasional
Nomor Ruas Jalan	10431	LHR	6100
Nama Ruas Jalan	BTS. BIREUEN/BENER MERIAH - BTS. BENER MERIAH/ACEH TENGAH	Cuaca Saat Inventarisasi	Cerah
Arah Jalan	Bts. Bireuen/ Bener Meriah - Bts. Bener Meriah/ Aceh Tengah	Jenis Lereng	Lereng alam
No Lereng	1-0431-029-A	Bentuk Lereng	Lereng Datar
KM	282+700 - 282+863		



Deskripsi		Panjang (m)	Panjang Kemiringan(m)	Lebar (m)	Tinggi(m)	Sudut	Diameter Bangunan Rekayasa (m)	Lebar Bangunan Rekayasa (m)	Inventarisasi Lereng Jalan							
									0	10	20	30	40	50	60	70
Bentang Alam	Perbukitan dengan lereng yang curam/lembah.															
Tata Guna Lahan	Hutan															

invislope.pusjatan.pu.go.id/index.php/laporaninventarisasi/index/7649

1/268

2/17/2020

SIM Lereng

Vegetasi	Pohon															
Hidrologi	Kering															
Cuaca Saat Inventarisasi	Cerah															
Bagian yang ada di atas lereng	Jalan															
Jenis Lereng	Lereng alam	105.00	21.21		18.00	46.00										
Lereng aluvium	Ada															
garis Lekuk	Ada															
Jejak Keruntuhan	Ada															
Lereng Cekung/Debris	Ada															
Material Lereng	Campuran (> 60% Tanah)															
Ketersediaan batuan hancur dan lapuk	Mencolok															
Ketersediaan tanah/batuan lunak diatas batuan keras	Ya															

invislope.pusjatan.pu.go.id/index.php/laporaninventarisasi/index/7649

2/268

Gambar B 1. 15 : Data Sekunder - Hasil Inventarisasi Lereng Jalan

Sumber : Survey yang dilakukan PT. Esti Yasagama



Gambar B 1. 17 : Data Sekunder - Hasil Inventarisasi Lereng Jalan

Sumber : Survey yang dilakukan PT. Esti Yasagama



Gambar B 1. 18 : Data Sekunder – Tampak Atas

Sumber : Survey yang dilakukan PT. Esti Yasagama

LAMPIRAN C PERHITUNGAN

1. Perhitungan Angka Keamanan (*Safety Factor*)

Perhitungan angka keamanan (*Safety Factor*) menggunakan rumus sebagai berikut:

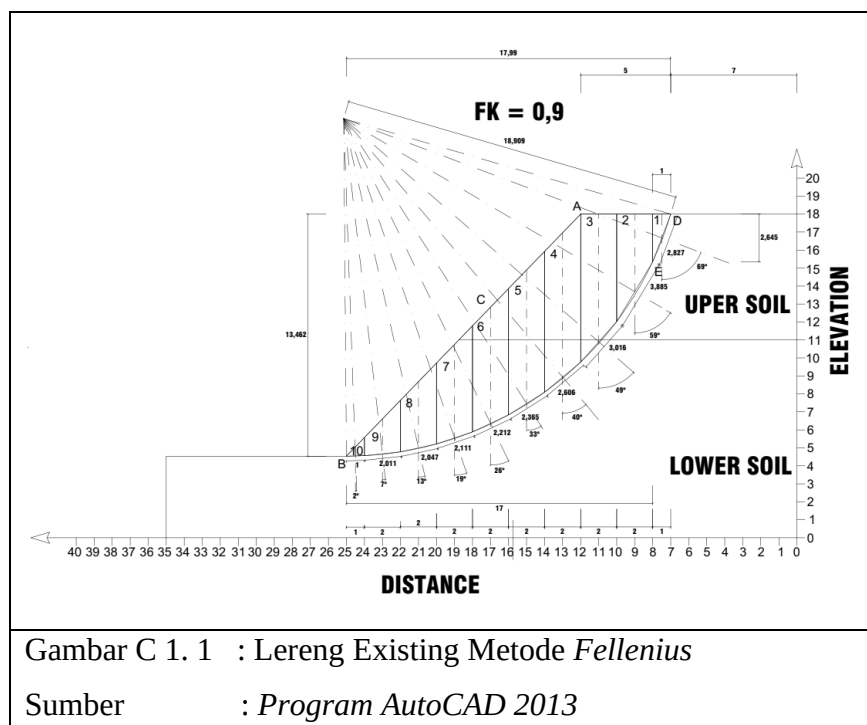
$$FK = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \Delta L_n + W_n \cos \alpha_n \tan \phi)}{\sum_{n=1}^{n=p} (W_n \sin \alpha_n)}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} c &= 0,032 \text{ kg/cm}^2 = 3.14 \text{ kN/m}^2 \\ \phi &= 28.81^\circ \\ \gamma &= 1.538 \text{ gr/cm}^3 = 15.08 \text{ kN/m}^3 \\ \Delta L_n &= 22.25 \text{ m} \\ \sum W_n \cos \alpha_n &= 1085.61 \\ \sum W_n \sin \alpha_n &= 738.50 \end{aligned}$$

Angka Keamanan (*Safety Factor*)

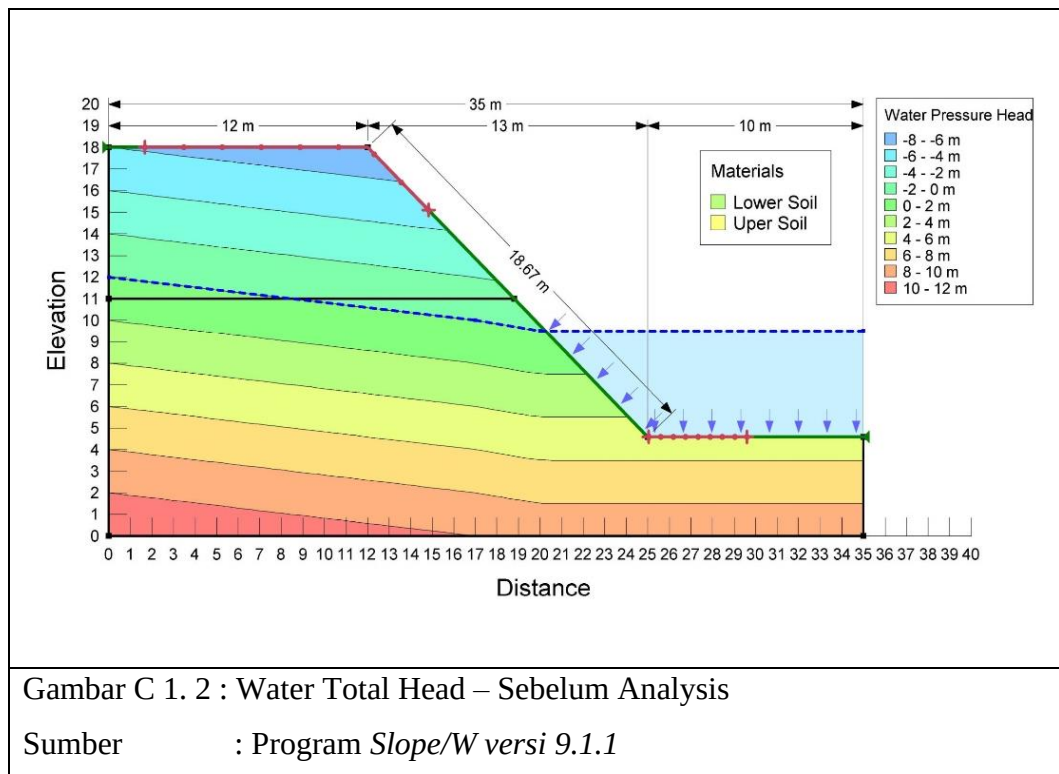
$$\begin{aligned} FK &= \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \Delta L_n + W_n \cos \alpha_n \tan \phi)}{\sum_{n=1}^{n=p} (W_n \sin \alpha_n)} \\ &= \frac{3,14 (22,25) + (1085,61) \tan 28,81^\circ}{738,50} = 0,9 < 1,5 \text{ Lereng tidak stabil} \end{aligned}$$

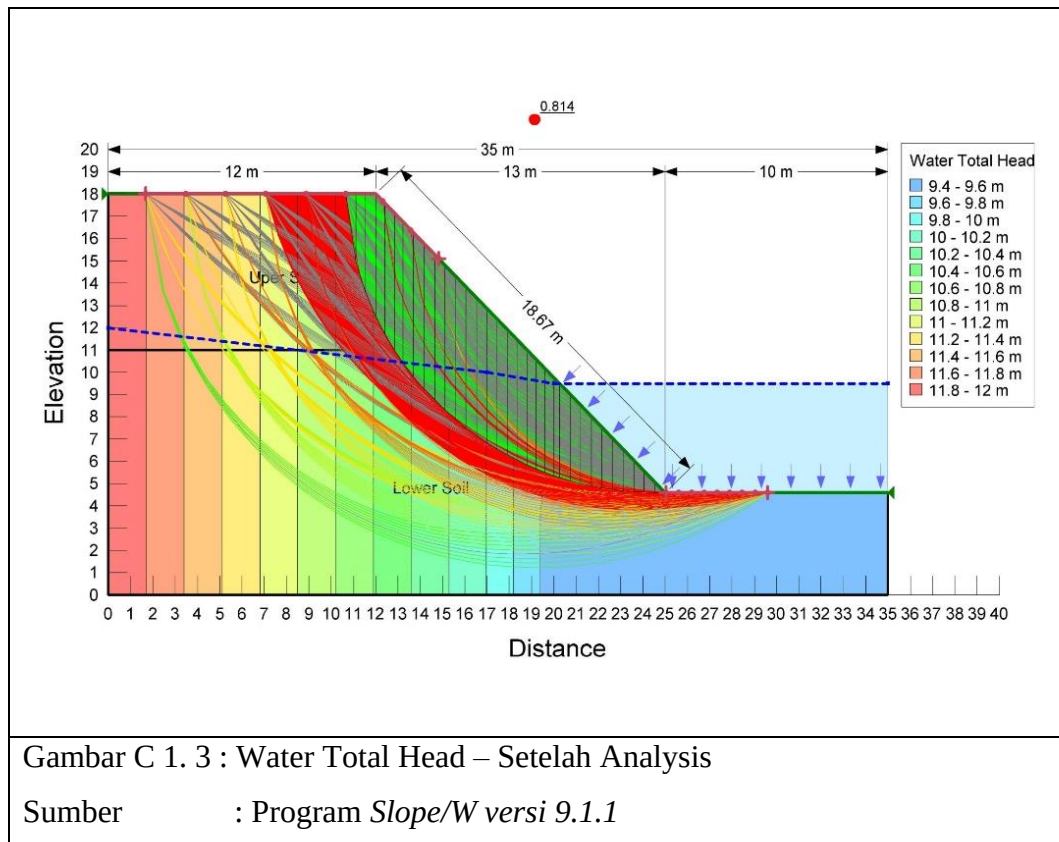


Tabel C 1.1 : Perhitungan dengan Metode *Fellenius*

Irisan No	Luas Per Pias	Wn (kN/m)	α_n (°)	$\sin \alpha_n$ (kN)	$\cos \alpha_n$ (kN)	ΔL_n (kN)	$\Sigma w_n \sin \alpha_n$ (kN)	$\Sigma w_n \cos \alpha_n$ (kN)	FK
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
1	1.3230	19.95	69	0.934	0.358	1.000	18.63	7.15	0.9
2	8.6212	130.03	59	0.857	0.515	3.885	111.46	66.97	
3	14.2093	214.31	49	0.755	0.656	3.016	161.74	140.60	
4	16.0656	242.31	40	0.643	0.766	2.606	155.75	185.62	
5	14.8562	224.07	33	0.545	0.839	2.365	122.04	187.92	
6	12.9207	194.88	26	0.438	0.899	2.212	85.43	175.16	
7	10.3981	156.83	19	0.326	0.946	2.111	51.06	148.29	
8	7.3678	111.13	13	0.225	0.974	2.047	25.00	108.28	
9	3.8759	58.46	7	0.122	0.993	2.011	7.12	58.02	
10	0.5047	7.61	2	0.035	0.999	1.000	0.27	7.61	
Jumlah (Σ)						22.25	738.50	1085.61	

Lampiran Hasil *Analysis* menggunakan *Software Slope/W versi 9.1.1*





LAMPIRAN D FOTO DOKUMENTASI



Gambar D 1. 1 : Dokumentasi Lapangan HB-01

Sumber : Pribadi



Gambar D 1. 2 : Dokumentasi Lapangan HB-01

Sumber : Pribadi



Gambar D 1. 3 : Dokumentasi Lapangan HB-01

Sumber : Pribadi



Gambar D 1. 4 : Dokumentasi Lapangan HB-01

Sumber : Pribadi



Gambar D 1. 5 : Dokumentasi Lapangan HB-02

Sumber : Pribadi



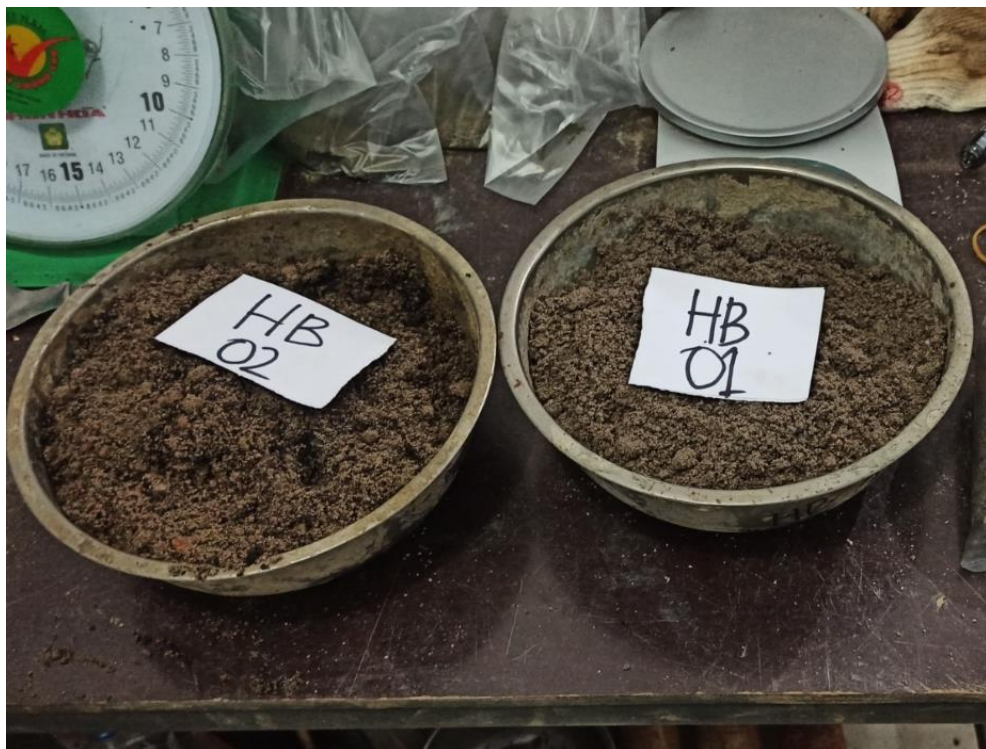
Gambar D 1. 6 : Dokumentasi Lapangan HB-02

Sumber : Pribadi



Gambar D 1. 7 : Dokumentasi Lapangan HB-02

Sumber : Pribadi



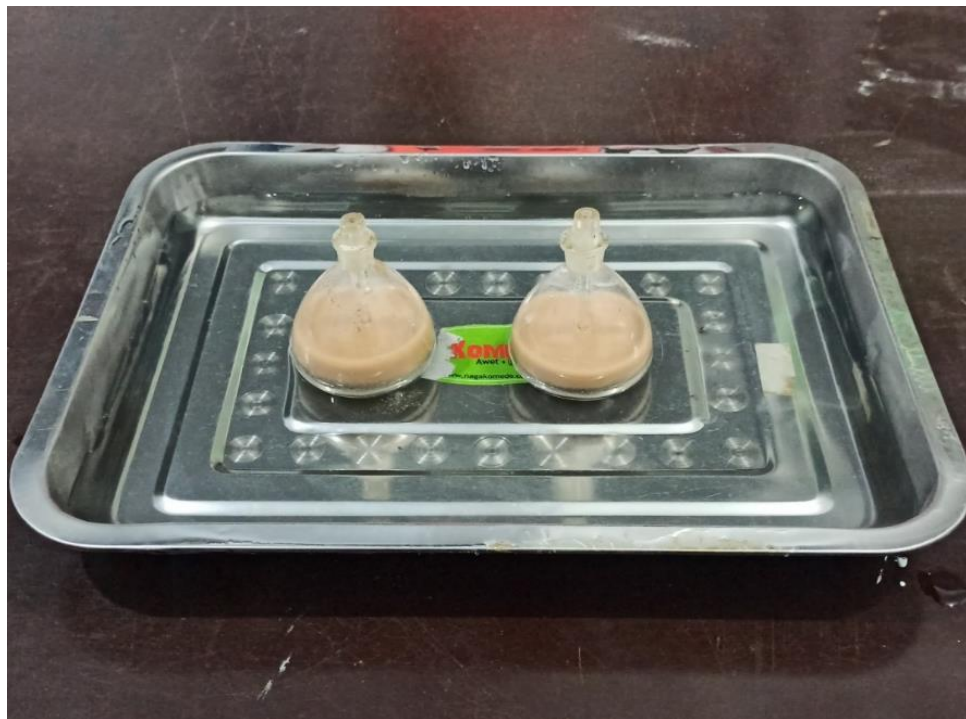
Gambar D 1. 8 : Dokumentasi Laboratorium

Sumber : Pribadi



Gambar D 1. 9 : Dokumentasi Laboratorium

Sumber : Pribadi



Gambar D 1. 10 : Dokumentasi Laboratorium

Sumber : Pribadi



Gambar D 1. 11 : Dokumentasi Laboratorium

Sumber : Pribadi



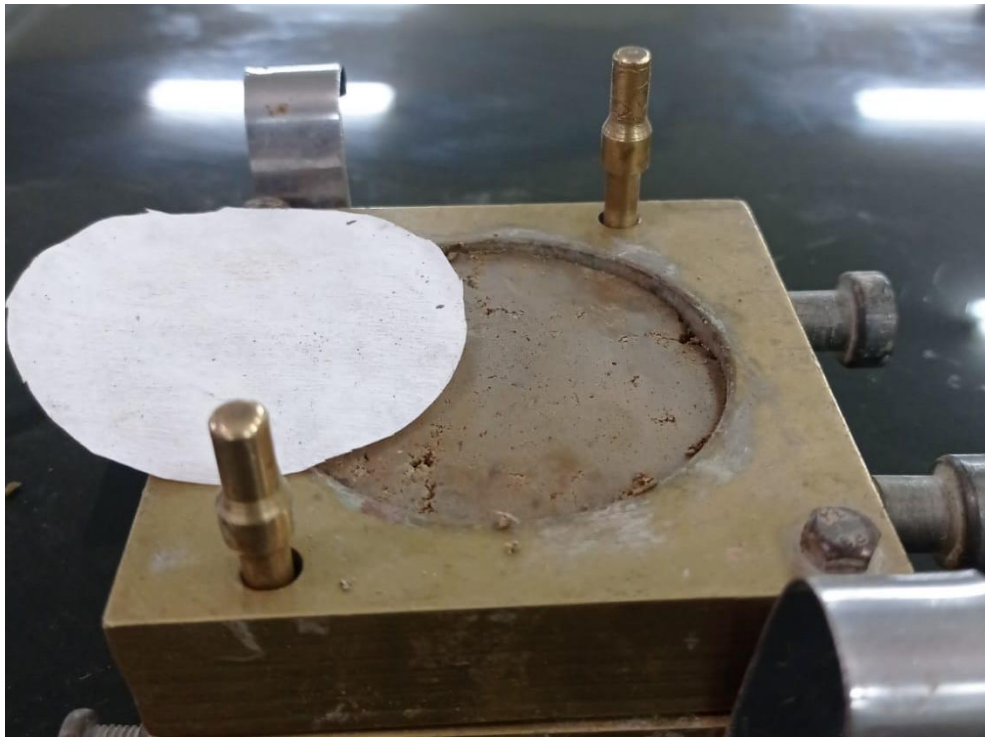
Gambar D 1. 12 : Dokumentasi Laboratorium

Sumber : Pribadi



Gambar D 1. 13 : Dokumentasi Laboratorium

Sumber : Pribadi



Gambar D 1. 14 : Dokumentasi Laboratorium

Sumber : Pribadi



Gambar D 1. 15 : Dokumentasi Laboratorium

Sumber : Pribadi



Gambar D 1. 16 : Dokumentasi Laboratorium

Sumber : Pribadi



Gambar D 1. 17 : Dokumentasi Laboratorium

Sumber : Pribadi

