

ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN SOFTWARE SLOPE/W

**(Studi Kasus: Ruas Jalan Bts. Bireuen Bener Meriah - Bts. Bener Meriah Aceh Tengah
KM 282+700)**

¹Maimunah,²Muazzir

¹ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Aceh, Jl. Batoh. No. 91. Banda Aceh
e-mail: maimunah@unmuha.ac.id*

*²Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Aceh, Jl. Batoh. No. 91. Banda Aceh
e-mail: muazzir28@gmail.com*

ABSTRAK

Bertambahnya jumlah kendaraan menyebabkan besarnya beban yang ditanggung oleh jalan, sementara kapasitas jalan cenderung tetap. Hasil survei 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 amblas 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 $0,032 \text{ kg/cm}^2$ sampai dengan $0,0448 \text{ kg/cm}^2$, 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*.

1. 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. 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. 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 \pm 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 longsoran 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 menggunakan software *Slope/W* 2018 Versi 9.1.1 dan dengan perhitungan secara manual dengan metode Fellenius. 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 $C_u < 4$, $C_c > 3$ maka tidak memenuhi koefisien keseragaman, tanah ini termasuk tanah bergradasi buruk.

Berdasarkan hasil pengujian geser langsung (*direct shear*), diperoleh nilai $0,032 \text{ kg/cm}^2$ sampai dengan $0,0448 \text{ kg/cm}^2$, 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 longsoran sehingga diperlukan konstruksi pengaman longsor sebagai alternatif diantaranya yaitu perkuatan dengan *bio-engineering*, perkuatan dengan *sheet pile*, *mini pile* dan *gravity wall*.

2. Tinjauan Pustaka

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 [1]. 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 [2]. 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 [3].

2.2.Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah didapatkan dari pengukuran sifat-sifat fisis, baik klasifikasi menurut sistem AASHTO (American Association of State Highway and Technology Officials) maupun menurut USCS (Unified Soil Classification System) [4]. 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.

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.

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.

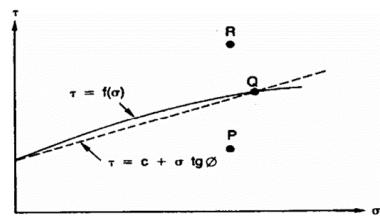
Pengujian sifat mekanis tanah untuk mendapatkan nilai kuat geser pada tanah dapat dilakukan dengan pengujian Direct Shear.

2.4.1 Kuat Geser

Menurut Mohr (1910) keruntuhan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser [5]. Hubungan fungsi tersebut dinyatakan :

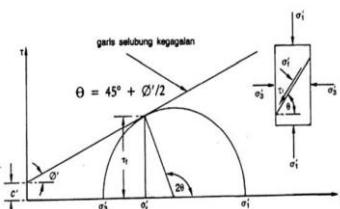
$$\tau = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (1)$$

dengan τ = Tegangan geser , c' = Kohesi tanah efektif , σ' = Tegangan normal efektif , ϕ' = Sudut gesek dalam tanah efektif



Gambar 1. Kriteria kegagalan Mohr – Coulomb

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 berikut.



Gambar 2. Kriteria kegagalan Mohr – Coulomb

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.

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

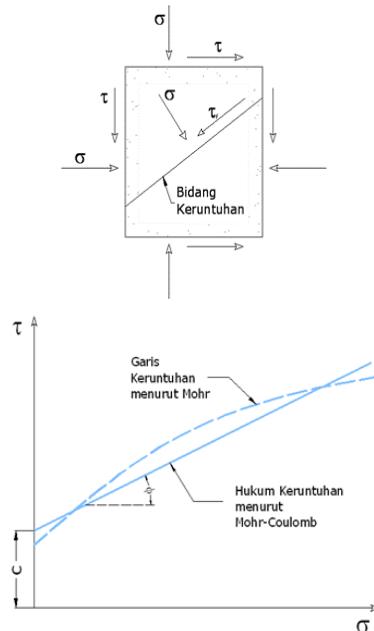
bahan rombakan. Hardiyatmo (2006) berpendapat bahwa longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng.

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 [6]. 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 [7].

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 [8]. Peningkatan tegangan geser terjadi disebabkan adanya fenomena variasi gaya intergranuler yang diakibatkan oleh kadar air dalam tanah yang menimbulkan tekanan air pori dalam tekanan hidrostatis dalam tanah meningkat.

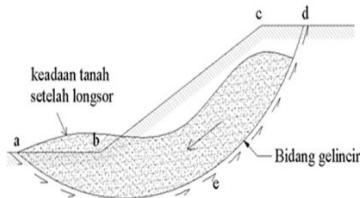


Gambar 3. Teori Mohr-Coulumb

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 [9].

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 [10].

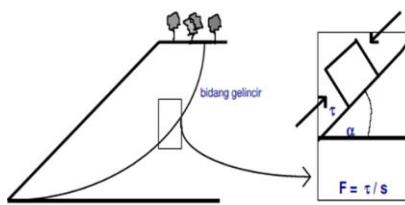


Gambar 4. Kelongsoran lereng

2.9 Analisis Stabilitas Lereng

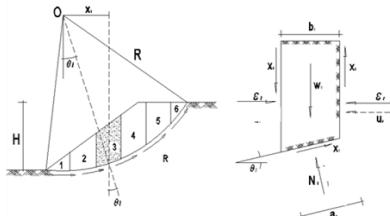
Hardiyatmo (2007), menyatakan bahwa analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastis (*limit plastic equilibrium*). Tujuan dari analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor keamanan dari bidang longsor potensial.

Zakaria (2000), menyatakan banyak rumus perhitungan faktor keamanan lereng (material tanah) yang diperkenalkan untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng. Rumus dasar faktor keamanan (FK) lereng yang diperkenalkan oleh *Fellenius*.



Gambar 5. Konsep Rumus Dasar Faktor Keamanan Lereng

Das (2002), berpendapat Pada cara analisis ini tanah yang ada di atas bidang gelincir dibagi menjadi beberapa irisan-irisian parallel tegak [11]. Stabilitas dari tiap-tiap irisan dihitung secara terpisah. 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 4 berikut.



Gambar 6. Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Keseimbangan Batas

2.10 Faktor Keamanan

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 [12]. Bowless (1993), juga mengeluarkan angka keamanan lereng dengan hubungan intensitas longsor seperti diperlihatkan pada tabel berikut.

Tabel 1 : 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)
----	-------------	---

Ray dan De Smitd (2009) menyarankan klasifikasi kestabilan lereng yang dikaitkan dengan faktor aman, seperti yang ditunjukkan dalam tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 : 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 menganggu stabilitas
$F < 1$	Tidak Stabil	Memerlukan perbaikan stabilitas lereng

Nilai faktor keamanan desain dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 : 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

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. 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 [13].

$$FK = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \Delta L_n + W_n \cos \alpha_n \tan \phi)}{\sum_{n=1}^{n=p} (W_n \sin \alpha_n)} \quad (2)$$

dengan FK = faktor aman, c = kohesi tanah, ϕ = sudut gesek dalam tanah, ΔL_n = panjang lengkungan lingkaran pada irisan ke - I, W_n = berat irisan tanah ke - i, 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.

3. 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.

3.1 Lokasi Studi Kasus

Lokasi penelitian Tugas Akhir ini berada di Ruas Jalan Nasional Bts. Bireun Bener Meriah – Bts. Bener Meriah Aceh Tengah KM 282+700. koordinat lokasi tinjauan diperlihatkan pada tabel 4 berikut.

Tabel 4 : 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 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.

3.3 Kondisi Topografi

Berdasarkan data topografi 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 $32,5^{\circ}$ 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;

3.5 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 :

1. Pengujian Sifat Fisis Tanah, yang terdiri dari kadar ai, berat jenis, analisis saringan,, *Hidrometer Test, Atteberg limit dan Unit Weight*
2. Pengujian Sifat Mekanis *Direct Shear* (Kuat Geser)

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.

3.7 Prosedur Pengambilan Sampel

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

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.

3.9 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.

3.10 Analisis Menggunakan Software Slope/W

Proses Penginputan data dan permodelan menggunakan Software Slope/W Geostudio 2018 Versi 9.1.1.

4. Hasil dan Pembahasan

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*)

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 5 berikut.

Tabel 5 : Rekapitulasi 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

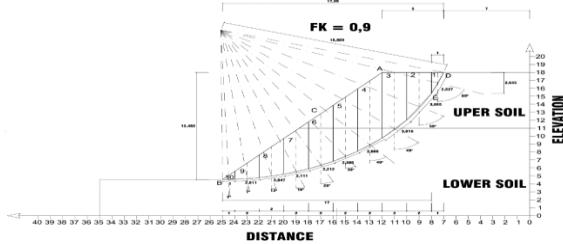
Hasil sampel BH-01 dari pengujian sifat fisis menunjukkan pada sistem klasifikasi AASHTO tanah ini termasuk dalam kelompok A-4 tanah berlanau penilaian umum sebagai tanah dasar sedang sampai buruk, dengan menggunakan sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) tanah ini termasuk simbol 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.

Tabel 6 : 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

4.1.2 Safety Factor dengan Metode Fellenius

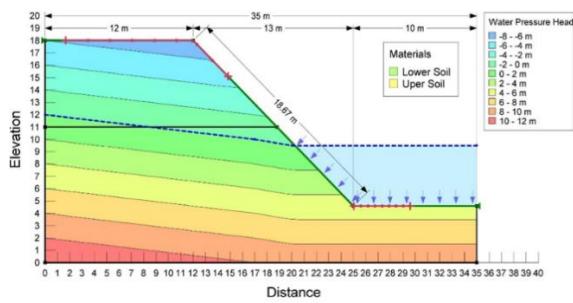
Gambar penampang kondisi existing lereng pada ruas jalan Bts. Bireuen - Bener Meriah dan perhitungan angka keamanan (*Safety Factor*) dengan Metode Fellenius dapat di lihat pada gambar 5 berikut.



Gambar 7. Kondisi Existing dengan Metode fellenius

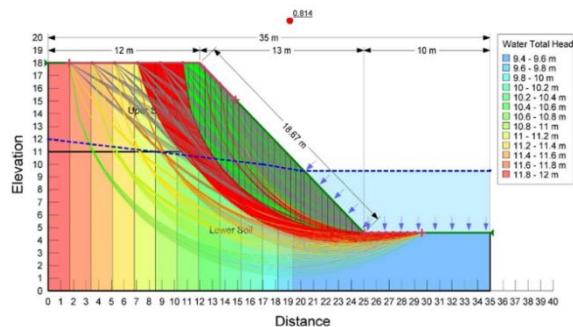
4.1.3 Safety Factor dengan Metode Slope/W

Gambar penampang kondisi existing lereng pada ruas jalan Bts. Bireuen - Bener Meriah dengan menggunakan program Slope/W dapat di lihat pada gambar 6, rekap perhitungan angka keamanan (*Safety Factor*) dengan Metode Fellenius dapat dilihat pada lampiran berikut.



Gambar 8. Penampang Melintang Lereng Kondisi
Exsisting

Gambar 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.



Gambar 9. Bidang Longsoran Lereng

Gambar 9 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 7 berikut.

Tabel 7 : 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
----------------	-------	------------------------------

4.2 Pembahasan

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 pembebahan pada tanah. Bila muka air pada bahu jalan mencapai angka maksimum dengan adanya pembebahan volume lalu lintas berlebihan dapat memicu terjadinya longsoran.

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 longsoran.

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 analisinya lebih detail karena tingkat ke akuratan yang tinggi.

5. 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*.

DAFTAR PUSTAKA

- Fauizek, Michelle & Suhendra. Andryan. 2018. *Efek Dari Dynamic Compaction (Dc) Terhadap Peningkatan Kuat Geser Tanah*. Jurnal Mitra Teknik Sipil. Jakarta: Universitas Tarumanegara. Das, B.M.1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 1992. *Mekanika Tanah I*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Bowles, J.E., 1993, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Mohr, 1910, *Geotechnical Engineering Investigation Manual*, McGrawHill Book Co., 984 p.
- Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah (cetakan ke VI)*, Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Karnawati. D. 2001. *Pengenalan Daerah Rentan Gerakan Tanah dan Upaya Mitigasinya*. Semarang: Pusat Studi Kebumian Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro.
- 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).
- Azmeri, Sundary, 2013, *Analisis Stabilitas epian Sungai Leuwi Liang Pangi Kecamatan LEUSER, Kabupaten Aceh Tenggara*. Jurnal Teknik Sipil Inersia Vol 5.
- Hardiyatmo, C. H. 2018. *Mekanika Tanah II Edisi keenam*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Das, B. M. (2002). *Principles of Geotechnical Engineering*. Pacific Grove: Brooks. Cole.
- Duncan, J.M., 2005, *Soil Strength and Slope Stability*, John Willey & Son INC. New York.
- Fellenius, W. 1927. *Earl Static Calculation with Friction and Cohesion and use of Sircular Slidiery Surfoices*. Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin.