

ANALISA TERJADINYA LONGSOR DIJALAN LINTAS MEDAN – BRASTAGI KM. 36 – 37 DESA LAU KABAN KECAMATAN SIBOLANGIT KABUPATEN DELI SERDANG DAN PEMODELAN MENGUNAKAN PROGRAM PLAXIS

Semangat Marudut Tua Debataraja¹⁾, Sakti Agustinus Silaen²⁾
dan Janner Napitupulu³⁾

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Darma Agung
Jl. DR. T.D. Pardede No. 21 Medan Telp : (061) 4535631

¹⁾semangat@darmaagung.ac.id

²⁾Saktisilaen92@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu bencana alam yang sulit diprediksi adalah tanah longsor. Longsor pada kasus berikut merupakan longsor yang telah terjadi berkali-kali dan mengakibatkan kerugian yang sangat besar, pada kasus longsor ini kami meneliti bahwa lereng memiliki ketinggian 20 meter dengan panjang vertikal 15 meter. Setelah sampel dibawa dan diuji di Laboratorium PU Binamarga Provinsi Sumatera Utara menggunakan alat *Direct Shear Test* maka didapat sudut geser dalam tanah 23° dengan LL (*liquid limit*) dan PL (*plastis limit*) sebagai berikut : 25,56% dan 13,85% dengan jenis tanah lempung berlanau (AASTHOO dan USCS) berdasarkan uji analisa saringan. Setelah dilakukan perhitungan stabilitas lereng menggunakan metode *Fellenius* maka didapat bahwa $S_f = 0,691$, metode *Bishop* didapat $S_f = 0,695$ dan menggunakan pemodelan *Plaxis* didapat $S_f = 0,704$ dan termasuk ke dalam lereng Labil, Longsor Biasa/Sering Terjadi.

Kata kunci : *Direct shear test, liquid limit, plastis limit, uji analisa saringan dan fellenius*

ABSTRACT

One of the natural disasters that are difficult to predict is landslides. The landslide in the following case is a landslide that has occurred many times and resulted in very large losses, in this landslide case we observed that the slope has a height of 20 meters with a vertical length of 15 meters. After the samples were brought and tested at the Public Works Laboratory of Binamarga, North Sumatra Province using the Direct Shear Test tool, the shear angle in the soil was 23° with LL (liquid limit) and PL (plastic limit) as follows: 25.56% and 13.85% with the following types: silty clay (AASTHOO and USCS) based on the sieve analysis test. After calculating the slope stability using the Fellenius method, it was found that $S_f = 0.691$, the Bishop method obtained $S_f = 0.695$ and using Plaxis modeling, $S_f = 0.704$ was obtained and was included in the unstable slope, Ordinary/Frequent Landslide.

Keywords: *Direct shear test, liquid limit, plastic limit, sieve analysis test and Fellenius*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Peristiwa tanah longsor atau yang dikenal dengan gerakan massa tanah, batuan atau kombinasinya, sering terjadi pada lereng alami atau non alami. Tanah longsor sebenarnya merupakan fenomena alam, yaitu alam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan atau faktor yang menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser tanah (Suryolelono, 2002 dalam kuswaji, 2008).

Kelongsoran merupakan salah satu bencana alam yang sering melanda daerah perbukitan didaerah

tropi basah. Kerusakan yang ditimbulkan oleh kelongsoran tersebut tidak hanya kerusakan secara langsung seperti rusaknya fasilitas umum, lahan pertanian, akan tetapi juga kerusakan secara tidak langsung yang melumpuhkan kegiatan pembangunan dan aktifitas ekonomi didaerah bencana dan sekitarnya.

Verstappen (1983) menyebutkan bahwa geomorfologi dapat didefinisikan sebagai ilmu tentang lahan (*landform*) yang membentuk permukaan bumi, baik diatas maupun dibawah permukaan laut, genesis dan dan perkembangannya yang akan datang, sejalan dengan konteks

lingkungannya. Berdasarkan definisi bentuk lahan tersebut dapat diketahui bentuk lahan adalah konfigurasi permukaan bumi yang mempunyai relief khas, karena pengaruh kuat dari struktur kulit bumi dan bekerjanya proses dalam dalam batuan penyusunannya didalam ruan dan waktu tertentu.

Cooke dan Doornkamp (1994), menjelaskan kontribusi geomorfologi tanah terhadap penelitian kejadian gerakan massa, bahwa ada beberapa faktor yang perlu diketahui untuk menilai kejadian gerakan massa atau longsor tanah, yaitu: lereng, drainase, batuan dasar, tanah, bekas-bekas longsor sebelumnya, iklim dan pengaruh aktifitas manusia. Dari beberapa konsep tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa ada hubungan erat antara kondisi geomorfologi suatu wilayah dengan karakteristik kejadian longsor tanah, karena faktor-faktor penyusun bentuk lahan juga akan berpengaruh terhadap karakteristik tanah longsor yang dicerminkan dengan berbagai tipe longsor.

Tanah longsor adalah suatu produk dari proses gangguan keseimbangan yang menyebabkan Bergeraknya massa tanah dan batuan dari tempat lebih tinggi ketempat yang lebih rendah. Pergerakan tersebut terjadi karena adanya faktor gaya yang terletak pada bidang tanah yang tidak rata atau disebut dengan lereng.

Menurut geonandi et al. (2003) dalam alhasanah (2006), faktor penyebab tanah longsor secara ilmiah meliputi morfologi permukaan bumi, penggunaan lahan, litologi, dan kegempaan. Selain faktor alamiah, juga disebabkan oleh faktor aktifitas manusia yang mempengaruhi suatu bentang alam, seperti kegiatan pertanian, pembebanan lereng, dan penambangan.

Ruas jalan Medan – Brastagi Terutama ruas jalan sibolangit merupakan daerah yang mempunyai tingkat kerawanan yang cukup tinggi terhadap terjadinya bencana tanah longsor. Wilayah ini dipastikan tiap tahunnya selalu terjadi bencana tanah longsor baik bersekala besar maupun kecil, pada bulan desember 2020 tercatat terjadi 20 titik longsor sekitaran ruas jalan Medan – Brastagi, namun longsor kali ini terjadi pada tanggal 4 Desember 2020, menurut masyarakat sekitar longsor terjadi karena terjadinya hujan deras yang melanda medan dan deli serdang sejak awal bulan November, akibat dari tingginya curah hujan tersebut mengakibatkan tingginya debit air pada lereng meningkat dan menyebabkan tanah lereng longsor, dari peristiwa tersebut mengakibatkan 1 mobil pick up terbalik dan satu orang meninggal dan 2 lainnya luka luka terkena material longsor, dan menyebabkan lalu lintas

pada ruas jalan tersebut terganggu hingga 15 jam tidak bisa dilalui oleh kendaraan apapun.

Dengan adanya kondisi morfologi tanah diruas jalan Medan – Brastagi yang rawan longsor, maka penulis merasa perlu menganalisis faktor – faktor penyebab terjadinya longsor dan faktor kondisi lereng.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

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 diantara partikel partikel padat tersebut.

Menurut ahli tanah (verhoef , 1994) tanah didefinisikan sebagai kumpulan dari bagian bagian yang padat dan tidak terikat antara satu satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) rongga – rongga diantara material tersebut berisi udara dan air.

Tanah dari pandangan ilmu teknik sipil merupakan himpunan material, bahan organik yang terdiri dari kerikil, pasir, lempung, koloid (hardiyanto, 1992).

Perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan gedung maupun bangunan sipil lainnya, seperti jalan, bendungan, lapangan terbang, dan lain – lainnya. Sering kita harus berhubungan pekerjaan – pekerjaan yang berkaitan dengan mekanika tanah (geoteknik).

2.1 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah dimaksud untuk memberikan gambaran yang berbeda – beda tapi mempunyai sifat – sifat yang serupa kedalam kelompok kelompok tertentu berdasarkan pemakaiannya, untuk memudahkan alam mengevaluasi maka dibutuhkan perencanaan dan pelaksanaannya suatu pekerjaan.

Dalam mengklasifikasi tanah tersebut dapat dilihat berdasarkan pada sifat –sifat indeks tanah yang sederhana seperti distrbusi ukuran butiran dan plastisitas tanah.dalam klasifikasi sistem unified dibagi dalam bentuk tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus, dimana tanah tersebut dibagi alam beberapa bentuk butiran tanah yang bertahan disaringan. Setelah mengetahui beberapa banyak butiran yang lolos dari saringan kita dapat mengetahui jenis tanah yang digunakan.

Dalam ilmu mekanika tanah, pada umumnya klasifikasi tanah ada dua cara sebagai berikut :

1. Klasifikasi tanah cara AASHTO (American Association of State Highway and Transportation officials) identik juga dengan ASTM Method.
2. Klasifikasi tanah cara USCS (Unified Soil Classification System) dan metode ini identic dengan ASTM Method

Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa telah didasarkan pada sifat – sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas. Walaupun saat ini terdapat berbagai sistem klasifikasi tanah, tetapi tidak ada satupun dari sistem tersebut yang benar – benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai segala kemungkinan pemakaiannya. Hal ini disebabkan karena sifa – sifat tanah yang sangat bervariasi, klasifikasi tanah dapat dibagi atas dua sistem klasifikasi yaitu AASHTO dan USCS.

2.2 Sifat – Sifat Fisik Tanah

Tanah merupakan komposisi dari dua atau tiga fase yang berbeda. Tanah yang benar benar kering terdiri dari dua fase yang disebut butiran dan udara pengisi pori, tanah yang jenuh juga terdiri atas dua fase yaitu butiran dan air pori sedangkan tanah yang jenuh sebagian terdiri dari tiga fase yaitu ; butiran, udara pori dan air pori. Berat udara dianggap sama dengan nol.

Berat jenis dari ebrbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75 biasa digunakan untuk tanah – tanah tak berkoheisi. Sedangkan tanah koheisi tak berorganik berkisar diantara 2,68 sampai 2,72. Nilai nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah diberikan dalam table 2.6.

Tabel 2.6 Berat Jenis Tanah

Macam tanah	Berat jenis (gs)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau tidak organik	2,65 – 2,68
Lempung organic	2,58 – 2,65
Lempung tidak organic	2,68 – 2,75
Humus	1.37
Gambut	1,25 – 1,80

Sumber : hery christiady hardianto, 2002, mekanika tanah 1

1. SSSAngka pori (*Void Ratio*) (*e*)

Besar pori – pori yang menghubungkan antara partikel sangat berpengaruh pada keadaan material dilapangan, semakin kecil angka pori –

pori partikel maka hubungan antara partikel semakin kuat dan ini sangat berpengaruh pada keadaan tegangan geser antara partikel. Karena pori – pori biasanya dinyatakan dalam decimal atau centimeter kubik (cm^3). Karena pori – pori material dalam satuan luas pada tanah kohesif (lengket apabila basah) nilai angka pori mencapai 0,8 – 1,1.

2. Kadar air (*Water Content*) (*w*)

Banyak kandungan air yang mengisi pori – pori material dapat mempengaruhi tekanan lateral, sehingga menyebabkan bertambahnya tegangan geser.

3. Derajat Kejenuhan (*Degree Of Saturation*) (*Sr*)

Persamaan ini menyatukan rasio antara air yang ada didalam pori – pori tanah terhadap jumlah total yang akan terdapat apabila seluruh pori – pori terisi air. Derajat kejenuhan merupakan persentase dari volume rongga total mengandung air.

4. Porositas (*porosity*) (*n*)

Porositas dinyatakan dalam persentase walaupun dalam perhitungan teknis sebagai decimal.

5. Berat Jenis Butiran Tanah (*Specific Gravity*) (*Gs*)

Nilai berat jenis ini dapat berubah apabila butiran tanah tersebut telah diberi gaya – gaya, keadaan porositas butiran dalam tanah juga dapat dipengaruhi.

6. Koefisien Rembesan Tanah (*Coefficient Of Permeability*)

Koefisien rembesan tanah adalah nilai yang menyatakan kemampuan tanah dalam meloloskan air. Nilai ini tergantung pada beberapa factor, yaitu: kekentalan cairan, distribusi ukuran pori, distribusi ukuran butir, angka pori, kekasaran permukaan butiran tanah dan derajat kejenuhan tanah. Pada tanah berlempung struktur tanah memegang peranan penting dalam menentukan koefisien rembesan. Factor – factor lain yang mempengaruhi sifat rembesan tanah lempung adalah konsentrasion dan ketebalan lapisan air yang menempel pada butiran lempung. Harga koefisien rembesan atau *k* untuk tiap – tiap jenis tanah tentunya berbeda – beda. Beberapa harga koefisien rembesan tanah ditunjukkan pada tabel 2.7 berikut ini:

Tabel 2.7 Harga Koefisien (K)

Sumber : (<http://www.google.com>)

- Angka pori / void ratio (e) = $(\frac{V_v}{V_s})$
- Kadar air / water content (w) = $(\frac{M_w}{M_s})$
- Derajat kejenuhan (degree of saturation) (S_r) = $(\frac{V_v}{V_s})$
- Porositas / porosity (n) = $(\frac{V_v}{V})$
- Berat jenis butiran tanah (*specific grafit*) (G_s) = $(\frac{W_{gs}}{e})$

Dimana :

- ❖ V_v = Volume pori
- ❖ V_w = Volume air
- ❖ V_s = Volume partikel padat
- ❖ V = volume total tanah
- ❖ M_s = Massa padat
- ❖ M_w = Massa air

2.3 Defenisi longsor

Longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering melanda daerah perbukitan didaerah tropis basah. Kerusakan yang ditimbulkan oleh longsor tersebut tidak hanya kkerusakan secara langsung seperti rusaknya fasilitas umum, lahan pertanian atau adanya korban manusia, akan tetapi juga kerusakan secara tidak langsung yang melumpuhkan kegiatan apembangunan dan aktifitas ekonomi diddaerah bencana dan sekitarnya. Menurut Prakoso (dalam suratman 2002 : 72). Longsor adalah perpindahan massa tanah atau batuan pada arah tegak, miring, atau mendatar dari kedudukan semula diakibatkan oleh gangguan keseimbangan massa tanah pada saat itu bergerak kearah bawah melalui bidang gelincir dan material pembentuk lereng. Menurut Karnawati (dalam Hardiyanto 2006 : 33). Longsor dapat didefenisikan sebagai suatu gerakan menuruni lereng tanah atau batuan penyusun lereng, akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Longsor merupakan pergerakan massa tanah atau batuan menuruni lereng mengikuti gaya gravitasi akibat terganggunya kestabilan lereng. Apabila massa yang bergerak pada lereng ini didominasi oleh tanah dan gerakannya melalui suatu bidang pada lereng baik berupa bidang miring maupun lengkung maka proses pergerakan tersebut disebut longsor tanah. Jadi longsor adalah suatu konsekuensi fenomena dinamis alam untuk mencapai kondisi alamiah maupun akibat ulah manusia. Gerakan tanah akan terjadi pada suatu lereng, jika ada keadaan – keadaan keseimbangan yang menyebabkan terjadinya suatu proses mekanis, mengakibatkan sebagian lereng tersebut bergerak

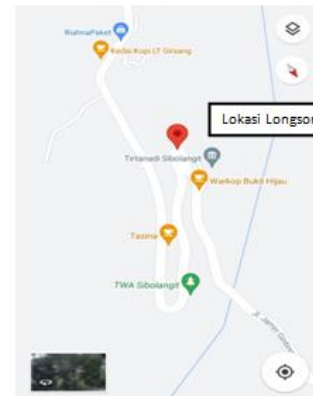
Jenis Tanah	K
Kerikil Bersih	1,0 – 100
Pasir Kasar	1,0 – 0,001
Pasir Halus	0,01 – 0,001
Lanau	0,001 – 0,00001
Lempung	< 0,000001

mengikuti gaya grafitasi, dan selanjutnya setelah terjadi longsor lereng akan seimbang atau stabil kembali.

3. METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dijalan lintas medan – brastagi, Desa Lau Kaban, Kec. Sibolangit, Kab. Deli Serdang, Prov. Sumatera Utara, Indonesia. yang menunjukkan pada gambar 3.1. Pada pelaksanaan survey langsung ke lokasi untuk mendapatkan sampel tanah tak terganggu dan tanah yang sudah terganggu dilokasi tanh longsor



Gambar 3.1 Peta Topografi Kec. Sibolangit, Kab. Deli Serdang, Prov. Sumut

Sumber: Google Maps [Http://Maps.Google.com/](http://Maps.Google.com/)

3.2 Alur Program (Flow Chart)

Pada analisa penyebab tanah longsor yang dihitung besarnya kuat geser pada lereng, oleh karena itu topik pembahasan dalam penelitian ini difokuskan pada analisa perhitungan besar kuat geser tanah, analisa diatas dapat dijabarkan melalui bagian (*Flow chart*) sebagai berikut:

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Laboratorium mekanika Tanah

Sampel No.		I	II
Depth		2 m	5 m
Moisture Content	W (%)	36.760	35.618
Natural Density	γ_b (gr/cc)	1.644	1.619

Dry Density	γ_d (gr/cc)	1.202	1.193
Unit Weight of Saturated	γ_{sat} (gr/cc)	1.726	1.715
Specific Gravity	Gs	2.525	2.494
Void Ratio	e	1.101	1.090
Porosity	n	1.202	1.193
Degree of Saturation	Sr (%)	84.334	81.514
Atterberg Limit Test			
Liquid Limit	LL (%)	25.56	24.04
Plastic Limit	PL (%)	13.85	14.32
Plastic Index	PI (%)	11.70	9.72
Sieve Analysis Test			
No. 4	%	100.00	100.00
No. 10	%	98.07	98.23
No. 20	%	89.55	90.09
No. 40	%	76.67	77.98
No. 60	%	68.59	68.19
No. 100	%	56.85	56.36
No. 200	%	40.05	38.24
Direct Shear Test			
Internal Friction	ϕ (Degree)	23° 51' 19.46"	22°57'23.78"
Cohesion	c (Kg/cm ²)	0.212	0.204

4.2 Analisa Stabilitas Lereng Metode Fillenius
 Analisa kestabilan lereng menggunakan metode Fellenius merupakan analisa yang umum digunakan dan telah banyak dikenal dalam dunia teknik sipil . Analisa fellenius adalah analisa yang lereng kritis yang dilakukan dengan membuat irisan irisan disepanjang bidang longsor.

$$FK = \frac{c + W' \cos \theta \times \tan \phi}{W \sin \theta}$$

$$FK = \frac{7,507 + 870,405}{1270,981} = 0,691$$

Dengan $FK < 1,07$ Longsor Biasa / Sering Terjadi (Lereng Labil).

4.3 Metode Bishop Yang Disederhanakan (Simplified Bishop Method)

Metode Bishop (1955) ini menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol arah vertikal. Metode bishop merupakan salah satu metode yang sangat populer pada analisa kestabilan lereng dikarenakan perhitungannya yang

sederhana, cepat dan memberika result yang cukup teliti.

$$Fk = \frac{\sum \Delta L_n \times c + \sum W_n \cos \theta_n \times \tan \phi}{\sum W_n \sin \theta_n}$$

$$= \frac{134,30 \times 0,212 + 2061 \times 0,424}{1298,79} = 0,695$$

Dengan $FK < 1,07$ Longsor Biasa / Sering Terjadi (Lereng Labil)

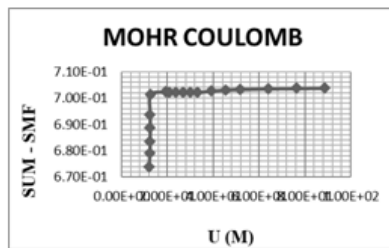
4.4 Pemodelan Plaxis

Dalam Pemodelan plaxis ini akan diuraikan bagaimana cara memodelkan hasil uji suatu sampel tanah dari lab kedalam program yang kemudian akan ditemukan titik runtuh dari sampel tanah tersebut. Pada pemodelan ini saya menggunakan material *Mohr – coulomb* dan model material *Soft Soil*.

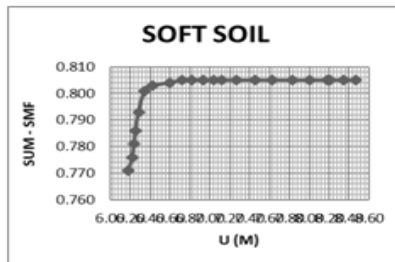
Tabel 4.5 Parameter Perhitungan Factor Keamanan Model *Mohr – Coulomb* dan *Soft Soil*

parameter	nama	Satuan	sampel 1	sampel 2
			Mohr Coulomb	Soft Soil
jenis tanah			Lempung Berlanau	Lempung Berlanau
Sifat Tanah			Undrained	Undrained
Berat Volume tanah kering	γ_{unsat}	KN/m ³	11,98	11,98
Berat volume tanah basah	γ_{sat}	KN/m ³	16,32	16,32
Permeability - x	Kx		0,000001	0,000001
Permeability - y	Ky		0,000001	0,000001
Angka Poisson	v		0,30	
Koefisien Pemampatan	Cc			0,9487
Koefisien Pengembangan	Cs			0,1264
Angka Pori	e		1,095	1,095
Lamda Bintang	λ^*			0,197
Kappa Bintang	K^*			0,052
kohesi	C	KN/m ³	20,4	20,4
Sudut Geser Dalam	ϕ	°	23	23
Sudut Dilantasi	ψ	°	0	0
Modulus Young	E		3450	3450

Tabel 4.17 Diagram Factor Keamanan Mohr – Coulomb



Maka dari hasil analisa menggunakan program plaxis Dengan Pemodelan Morh - Coulomb di dapat bahwa: $S_f = 0,704 < 1,07$ (Longsor biasa / Sering Terjadi (Lereng Labil)), bowls 1991.



Gambar 4.29. Grafik Perhitungan Safety Factor Pada Soft Soil

Maka dari hasil analisa menggunakan program plaxis Dengan Pemodelan Soft Soil di dapat bahwa : $S_f = 0,805 < 1,07$ (Longsor biasa / Sering Terjadi (Lereng Labil)), bowls 1991.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium Pengujian Bahan Kontruksi Jalan dan Jembatan Balai Besar Binamarga provinsi Sumatera utara didapat bahwa jenis tanah yang ada pada lokasi penelitian termasuk kedalam tanah Butiran Halus Berlanau dengan $> 35\%$ lolos saringan nomor 200 sebesar 40.05% dengan klasifikasi kelompok A-6 dengan type dominan yaitu lempung berlanau (AASTHO) berdasarkan USCS tanah dalam pengujian diatas masuk kedalam Silty clay (USCS) .
2. Dari pengujian Analisa ayakan didapat persentase tertahan pada ayakan nomor. 200 = 59.95% dan lolos saringan 200 = $40,05\%$, dengan batas batas Atterberg didapat sebagai berikut LL = $25,56\%$, PL= $13,85\%$ serta IP = $11,70\%$.
3. Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan alat uji geser langsung maka di dapat sudut geser dalam tanah yakni : $23^\circ 51' 19,46''$ dan didapat kohesi sebesar $0,212 \text{ kg/cm}^2$. setelah dilakukan analisa kestabilan lereng dengan menggunakan metode fellenius

maka didapat bahwa lereng tersebut merupakan lereng yang sangat rawan akan terjadinya longsor yakni $F_k = 0,691 < 1,07$ dan dengan menggunakan metode Bishop analisa kestabilan lerengnya juga sangat rawan akan terjadinya longsor dengan $F_k = 0,695$. Demikian pula dengan analisa kestabilan lereng menggunakan program Plaxis menghasilkan $F_k = 0,704 < 1,07$ untuk pemodelan Mohr – Coulomb, $F_k = 0,804 < 1,07$ untuk Pemodelan Soft Soil Longsor Biasa / Sering Terjadi (Lereng Labil) (Bolws, 1991)

4. Keterkaitan antara curah hujan dan kuat geser dalam tanah adalah berbanding terbalik yakni semakin besar curah hujan atau kadar air di dalam tanah maka kuat geser dalam tanah akan menjadi semakin menurun demikian sebaliknya.
5. Berdasarkan penelitian yang kami lakukan maka dapat disimpulkan bahwa longsor yang terjadi pada lokasi penelitian tersebut diatas disebabkan oleh rendahnya sudut geser dalam tanah, tingginya curah hujan pada daerah tersebut , serta drainase yang kurang diperhatikan.

5.2. SARAN

1. Perlu di perhatikan dengan teliti saat dilakukan pengujian DST (*direct shear test*). Karna pengujian membutuhkan waktu dan ketelitian yang tidak sedikit.
2. Harap memperhatikan pemodelan pada plaxis.

DAFTAR PUSTAKA

- Djatamiko Soedarmo dan Ir.Edy Purnomo,S.J. Ir. *Mekanika Tanah II*, Penerbit Kanisius. Yogyakarta,1997.
- Braja M. Das, *Advanced soil Mechanics. International student edition*. Mc. Grawhill international Bookcompany Washington U.S.A. 1985
- Bowles, J.E. *Sifat-sifat Fisis dan geoteknis tanah*. Alih Bahasa Ir. Johan Kelanaputra Hainim. Penerbit Erlangga,1984.
- Braja. M. Das, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid I, Penerbit Erlangga, 1993.
- L.D Wesley, *Mekanika Tanah Terjemahan* : A.M Luthfi, Ir, Pekerjaan Umum, Penerbit Erlangga. Jakarta 1989.

Hardiyanto, Hary Cristady, *Penanganan Longsor dan Erosi Edisi I* Penerbit Gajahmada University Press, 2006.

Debataraja, T.M.S., 2012, *Uji Triaksial Tidak Terkonsolidasi – Tidak Terdrainase dan Uji Tekan Bebas Pada Tanah Di Lokasi PDAM Tirtanadi Medan Marelان dan Prediksi Dengan Metode Elemen Hingga* Tesis, Tesis Magister Teknik sipil, Universitas Sumatera Utara.