

**STABILISASI TANAH LONGSOR DIJALAN DOLOK SANGGUL-PAKKAT
PADA STA262+050 DENGAN MENGGUNAKAN BELERANG
KRISTAL DAN ZEOLITH**

Oleh

Ojak L Sihotang¹

Julwenta Rio Persada²

Semangat MT Debataraaja³

M. Endayanti⁴

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Darma Agung Medan.

E-Mail :

ojakshtg@gmail.com¹⁾,

julwentariopersada@gmail.com²⁾

semangattuadebataraaja@gmail.com¹⁾,

endayanti22@gmail.com²⁾.

History Jurnal Ilmiah Teknik Sipil:

Received : 25 Maret 2022

Revised : 10 Mei 2022

Accepted : 23 Juli 2022

Published : 20 Agustus 2022

Publisher: LPPM Universitas Darma Agung

Licensed: This work is licensed under

<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0>



ABSTRAK

Stabilisasi merupakan salah satu upaya yang dilakukan untuk memperbaiki sifat dan karakteristik tanah. Penelitian ini dilakukan stabilisasi pada tanah longsor di Jalan Dolok Sanggul-Pakkat Pada STA 262+050, Dengan Menggunakan Belerang Kristal 5 % Dengan kadar campuran Zeolit 4 %, 8 %, 12 %. Dengan pengujian yang dilakukan pada tanah asli yaitu kadar air 24,49 %, berat jenis 2.56, dan indeks plastisitas sebesar 14,38%, berdasarkan klasifikasi AASHTO sampel tanah termasuk kedalam kelompok A-2-6 yaitu (kerikil dan pasir berlanau atau berlempung), Dengan pengujian kuat geser tanah dari uji direct shear test yang dilakukan pada tanah asli diperoleh ϕ 20° 47' 53.2" dan kohesi (C) sebesar 0,232 kg/cm² dan kuat geser tanah asli sebesar 0,364 kg/cm² 0,441 kg/cm², dan 0,467 kg/cm². Campuran pada tanah asli + belerang 5% + zeolit 12% dengan pengeraman 45 hari diperoleh ϕ 44° 44' 29,5" dan kohesi (C) sebesar 0,359 kg/cm² dan untuk kuat geser sebesar 0,469 kg/cm², 0,631 kg/cm² dan 0,769 kg/cm².

Kata Kunci : Belerang, Zeolit, direct shear test

ABSTRACT

Stabilization is one of the efforts made to improve the properties and characteristics of the soil. This research was carried out stabilization of landslides on Jalan Dolok Sanggul-Pakkat at STA 262+050, Using 5% Crystal Sulfur with a mixture of 4%, 8%, 12% Zeolite levels. With tests carried out on the original soil, namely the water content of 24.49%, specific gravity 2.56, and a plasticity index of 14.38%, based on the AASHTO classification the soil sample includes the depth of group A-2-6, namely (gravel and silty or loamy sand). , By testing the soil shear strength from the direct shear test conducted on the original soil obtained ϕ 20° 47' 53.2" and cohesion (C) of 0.232 kg/cm² and the original soil shear strength of 0.364 kg/cm² 0.441 kg/cm², and 0.467 kg/cm². A mixture of native soil + 5% sulfur + 12% zeolite with 45 days of

incubation obtained ϕ 44° 44' 29.5" and cohesion (C) of 0.359 kg/cm² and for shear strength of 0.469 kg/cm², 0.631 kg/cm² and 0.769 kg/cm².

Keywords: Sulfur, Zeolite, direct shear test

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan Dolok Sanggul - Pakkat salah satu lokasi yang mempunyai tingkat kerawanan yang cukup tinggi terhadap terjadinya longsor, terjadinya longsor pada bulan September 2022 yang mengakibatkan truk terjun ke jurang dengan kedalaman 100 meter dan mengalami rusak berat sampai sopir dan kondektur mengalami luka berat. Dimana Pada lereng kritis tertentu, di mana gaya tahanan pada lereng ditentukan oleh kepadatan tanah, longsor terjadi secara teori karena gaya dorong yang lebih besar daripada gaya penahan. yang lainnya. Dengan adanya kondisi morfologi tanah diruas jalan Dolok Sanggul – Pakkat yang rawan longor,

1.2. Perumusan Masalah

Dalam masalah ini adalah membahas tentang hasil analisa pengujian *indeks property* tanah, hasil Uji *engineering property* tanah, hasil safety faktor tana asli dengan perhitungan menggunakan metode Fillenius, dan hasil perbaikan Tanah yang dilakukan dengan menggunakan campuran Belerang Kristal dan Zeolith (Batu Apung Vulkanik).

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui klasifikasi tanah dengan metode USCS, AASHTO dan SNI 6371:2015
2. Untuk mengetahui parameter kuat geser tanah
3. Untuk mengetahui SF (safety faktor) tanah asli dengan metode Fillenius.

4. Untuk mengetahui kekuatan perbaikan lereng melalui stabilisasi tanah dengan campuran Belerang dan zeolite

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai referensi untuk pembaca, sehingga mengetahui informasi tentang penyebab terjadinya longsor pada lokasi desa Purba Bersatu
2. Untuk menambah wawasan bagi pembaca, tentang perbaikan tanah melalui stabilisasi tanah dengan campuran Belerang dan zeolit

1.5. Pembatasan Masalah

Adapun yang menjadi pembatas masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

Pengujian yang dilakukan adalah :

1. Pengujian *indeks property* ;
 - a. Uji kadar air
 - b. Uji berat jenis
 - c. Uji analisa saringan
 - d. Uji batas atterberg
2. Uji *engineering property* tanah
 - a. Berat isi
 - b. Pengujian *Direct Shear Tes*
 - c. Pengujian UCT
3. Perbaikan melalui stabilisasi tanah asli dengan campuran Belerang Kristal dan Zeolit (Batu Apung Vulkanik)

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Umum

Lereng merupakan permukaan tanah (material) terbuka yang membentuk sudut tertentu dengan bidang datar (horizontal). Lereng merupakan sudut kondisi topografi yang banyak

dijumpai pada berbagai pekerjaan kontruksi teknik sipil. Tingkat kemiringan sesuatu lereng dapat diamati melalui garis kontur. Kontur yaitu garis tanah yang menghubungkan titik satu ke titik lainnya.

2.2. Tanah

Tanah adalah kumpulan mineral, bahan organik, dan endapan yang relatif longgar di atas batuan dasar dalam teknik sipil. Karbonat, senyawa organik, atau oksida yang mengendap di antara partikel dapat mengakibatkan ikatan butiran yang relatif lemah (Hariyatmo, 2010).

2.3. Klarifikasi Tanah

Proses pengelompokan dan pengelompokan berbagai jenis tanah yang berbeda tetapi sebanding menurut aplikasi yang dimaksudkan dikenal sebagai klarifikasi tanah. Sistem klasifikasi ini memberikan gambaran singkat tentang sifat umum tanah, yang sangat bervariasi, tetapi tidak ada yang benar-benar menjelaskan bagaimana itu bisa digunakan (DA). Menurut Verhoef (1994), tanah dapat dibagi menjadi tiga kelompok:

1. Tanah bertekstur kasar (pasir, kerikil)
2. Lempung berbutir halus (lanau, lempung)
3. Campuran tanah S, (1995).

2.3.1. nurut SNI 6371:2015 (ASTM D 2487-06, MOD)

Standar tersebut di atas akan mencakup satu simbol dan satu nama untuk sistem klasifikasi tanah. Hal ini karena sistem klasifikasi tanah akan digunakan untuk kasus tanah dengan butiran kurang dari 5% dan lebih besar dari 12%, atau untuk nilai batas cair dan nilai indeks plastisitas yang terdapat pada permukaan grafik plastisitas. dilambangkan dengan simbol ganda, seperti CL-ML dan GP-GM. Terbukti

dari hasil laboratorium bahwa tanah mengidentifikasi kelompok klasifikasi, garis batas dapat diidentifikasi dengan dua simbol yang digunakan oleh garis miring. diturunkan dari klasifikasi standar, seperti CL/CH, GM/SM, dan SC/CL.

2.3.2. Sistem klasifikasi AASHTO

AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Official) pertama kali digunakan pada tahun 1929, mengalami beberapa kali revisi hingga tahun 1945, dan masih digunakan sampai sekarang. Diusulkan oleh Komite Badan Penelitian Jalan Raya tentang Klasifikasi Bahan untuk Jalan Subgrade dan Tipe Granular (Standar ASTM No.D-3282 AASHTO model M145) Sistem klasifikasi ini bertujuan untuk menentukan kualitas tanah dasar dan tanah dasar untuk konstruksi jalan.

2.3.3 Sistem klasifikasi tanah Unified (USCS)

(*Unified Soil Classification System*) pertama kali di kemukakan *Casagrande* dan selanjutnya di kembangkan oleh *Unified Soil Classification System* dan *United State Army Corps of Engineer (USACE)*. Kemudian di *American society for testing and materials ASTM* memakai USCS sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah. Dalam USCS,

2.4. Lereng

Lereng merupakan permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal dan tidak terlindung (DAS 1985). Lereng secara umum terbagi atas dua kategori yaitu lereng alami dan lereng buatan. Lereng juga dapat terbentuk akibat dari manusia antara lain lereng galian dan lereng timbunan yang diperlukan untuk membangun sebuah konstruksi seperti

pembangunan jalan raya, jalan kereta api, bendungan, tanggul sungai dan kanal serta tambang terbuka. Lereng alami dan lereng buatan masih terbagi lagi dalam dua jenis (Soepandji, 1995), yaitu:

1. Lereng dengan panjang tak hingga (infinite slopes)
2. Lereng dengan panjang hingga (finite slopes)

2.5. kelongsoran

Suatu kelongsoran adalah keruntuhan dari masa tanah yang terletak dibawah sebuah lereng. Dalam peristiwa tersebut terjadi pergerakan masa tanah pada arah kebawah dan pada arah keluar. Kelongsoran dapat terjadi melalui beberapa cara yaitu secara perlahan-lahan, secara mendadak dan dengan tanpa provokasi yang terlihat.

2.6. Faktor-Faktor Terjadinya Longsor

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya suatu longsor seperti kondisi kondisi geologi dan hidrografi, topografi, iklim dan perubahan cuaca. Gaya penahan pada umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di jalan lintas provinsi pakkat pada STA 262+050 tepatnya di daerah Desa Purba Bersatu, Kec Pakkat, Kab Humbang Hasundutan.



Sumber. sekunder
Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel

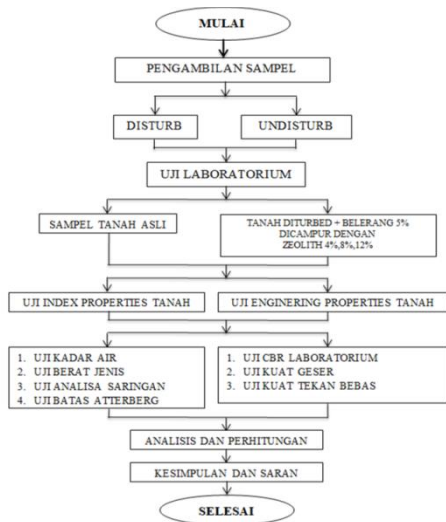
3.2. Metode Pengambilan sampel

Berdasarkan kebutuhan untuk analisis sifat fisik tanah dilaboratorium, pada dasarnya ada dua macam metode pengambilan sampel yaitu:

1. pengambilan tanah tak terganggu (undisturbed soil)
2. pengambilan tanah terganggu (disturbed soil).

3.3. Kerangka Penelitian

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



3.4 Pelaksanaan Pengujian Tanah di Laboratorium

Pelaksanaan pengujian ini dilakukan dilaboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Darma Agung Medan dan dilaboratorium Kementerian PUPR BBPJN II Medan

3.5 Pengujian indeks properties

Pengujian indeks properties dibagi beberapa pengujian yaitu:

3.5.1 Pengujian Kadar Air

Data dan Perhitungan

Berat cawan = 11.00gram (W1)

Berat cawan + tanah basah = 77.95 gram (W2)

Berat cawan + tanah kering = 64.78 gram (W3)

Berat air = $W1 - W2$
 $= 77.95 - 64.78$
 $= 13.17 \text{ gram}$

Berat tanah kering = $W2 - W4$
 $= 64.78 - 11 = 53.78 \text{ gram}$

Kadar air = $(w1 - w2) / (w2 - w4) \times 100\%$
 $= (77.95 - 64.78) / (64.78 - 11.00) \times 100\%$
 $= 24.49\%$

3.5.2 Uji berat jenis

Data dan perhitungan:

Berat piknometer (W1) = 62.5 gram

berat piknometer + contoh (W2) = 102 gram

berat piknometer + air + tanah (W3) = 201.7 gram

berat piknometer + air (W4) = 162.2 gram

$$GS = (w5 - w2) / wt$$

$$GS = (201.70 - 102) / 39.5 = 2.52$$

3.5.3 Uji analisa saringan

Data dan Perhitungan

Berat butiran yang tertinggal = 13gram

Persentase berat butir tertinggal = $(\text{Berat butir tertinggal}) / (\text{Berat total tanah}) \times 100\%$

$$= 13 / 500 \times 100\% = 2.6 \%$$

Persentase kumulatif butir tanah %

Persentase kumulatif melalui

$$(s) = 100\% - \text{Persentase kumulatif}$$

$$= 100\% - 97.40\% = 2.6 \%$$

3.5.4 Pengujian Atterberg Limit

Data dan Perhitungan:

Indeks plastisitas (plastis indeks)

yaitu rata-rata dari ketiga sampel tanah yang diuji, dengan rumus :

$$PI = LL - PL$$

Dimana:

LL = Nilai batas cair

PL = Nilai batas plastis

PI = Indeks plastisitas

Data dari pengujian :

LL = 26.75 %

PL = 14.38 %

IP = LL - PL

$$= 26.75\% - 14.38\% = 12.37 \%$$

3.6 Pengujian Engineering properties tanah

Pengujian engineering dibagi beberapa pengujian yaitu sebagai berikut:

3.6.1 Uji Berat Isi

Data dan Perhitungan :

Menggunakan sampel tanah tidak terganggu (Undisturbed)

D = 6 cm

H = 2 cm

Berat tabung (W1) = 67 gram

Berat tabung+tanah (W2) = 172 gram

Berat tanah (W2 - W1)

$$= 172 - 67 = 85 \text{ gram}$$

Berat tabung+tanah kering = 152 gram

Maka volume tanah (vt)

$$= 1/4 \times \pi \times D^2 \times H$$

$$= 1/4 \times \pi \times 62 \times 2 = 56.6 \text{ cm}^3$$

Kadar air (W) = 23.529 %

Berat isi tanah basah (Y sat) = w / vt

$$= (172-67)/56 = 1.856 \text{ gram/cm}^3$$

Berat isi tanah kering (Y_{dry}) = w_s/v_t

$$= (152-67)/56 = 1.503 \text{ gram/cm}^3$$

Berat jenis tanah (G_s)

$$= 2.56 \text{ gram/cm}^3$$

Perhitungan angka pori (e) = V_s/V_v

$$= (w_s/((G_s \times Y_w)))/(v_t-v_s)$$

$$= ((152-67)/((2.56 \times 1.00)))/((56.6-w_s/((G_s \times Y_w)))) = 0.70$$

Porositas (n) = $V_v/V_t = 33.20/56.6$

$$= 0.41$$

Derajat kejenuhan (s_r)

$$= V_w/V_v \times 100 \%$$

$$= V_w/V_v \times 100 \%$$

$$= ((W_w/Y_w)/((V_{sat}-V_s)) \times 100 \%$$

$$= (((Y_{sat}- Y_{dry})/Y_w)/((V_{sat}- (W_{dry}/(G_s \cdot Y_w)))) \times 100 \%$$

$$= (((1.856 - 1.503)/1.00)/((1.856 - (1.503/(2.56 \times 1.00)))) \times 100 \%$$

$$= 27.85 \%$$

3.6.2 Uji Kuat Geser (Direct shear test SNI 3420:2016)

Data dan Perhitungan

$$P_1 = 5 \text{ kg}$$

$$P_2 = 10 \text{ g}$$

$$P_3 = 15 \text{ kg}$$

$$\text{Tinggi sampel} = 2$$

$$\text{Diameter} = 6,5$$

$$\text{Luas} = 1/4 \pi d^2$$

$$= 1/4 \cdot 3,14 \cdot 6,5^2$$

$$= 33.1662 \text{ cm}^2$$

Tegangan normal

$$\sigma_1 = 5/33.1662 = 0.151 \text{ kg/cm}$$

$$\sigma_1 = 10/33.1662 = 0.302 \text{ kg/cm}$$

$$\sigma_1 = 15/33.1662 = 0.452 \text{ kg/cm}$$

Dari hasil pengujian kuat geser pada saat beban 5 kg bacaan maksimum:

Maka gaya geser = dial reading x kalibrasi

$$= 39.60 \times 0.305 = 12.078 \text{ kg}$$

Tegangan geser (t_1) = gaya geser / luas

$$= 12.078 / 33,1662 = 0.364 \text{ kg/cm}$$

Dengan cara dan metode yang sama , beban 10kg

Maka gaya geser

$$= \text{dial reading} \times \text{kalibrasi}$$

$$= 47.91 \times 0.305 = 14.613 \text{ kg}$$

Tegangan geser (t_1) = gaya geser / luas

$$= 14.613 / 33,1662 = 0.441 \text{ kg/cm}$$

Dengan cara dan metode yang sama , beban 15kg

Maka gaya geser = dial reading x kalibrasi

$$= 50.80 \times 0.305 = 15.494 \text{ kg}$$

Tegangan geser (t_1) = gaya geser / luas

$$= 15.494 / 33,1662 = 0.467 \text{ kg/cm}$$

Maka persamaan :

$$0,364 = C + 0,151 \tan \phi \dots\dots\dots(\text{pers 1})$$

$$0,441 = C + 0,302 \tan \phi \dots\dots\dots(\text{pers 2})$$

$$0,467 = C + 0,452 \tan \phi \dots\dots\dots(\text{pers 3})$$

Persamaan 1 dan 2:

$$0,364 = C + 0,151 \tan \phi \dots\dots\dots(\text{pers 1})$$

$$0,441 = C + 0,302 \tan \phi \dots\dots\dots(\text{pers 1})$$

$$-0,076 = 0,151 \tan \phi - \tan \phi$$

$$= (-0,076)/(-0,151) = 0,555$$

$$\phi_1 = 31^{\circ} 49' 0.68''$$

Substitusi persamaan 1

$$0,364 = C + 0,151 \tan \phi$$

$$0,364 = C + 0,151 \times 0,555$$

$$C_1 = 0,230 \text{ kg/cm}^2$$

Persamaan 2 dan 3

$$0,441 = C + 0,302 \tan \phi$$

$$0,467 = C + 0,452 \tan \phi$$

$$-0,027 = -0,151 \tan \phi$$

$$\tan \phi_2 = (-0,027)/(-0,151) = 0,178$$

$$= 10^{\circ} 12' 23,86''$$

Substitusi persamaan 2

$$0,441 = C + 0,302 \tan \phi$$

$$0,441 = C + 0,302 \times 0,356$$

$$C_2 = 0,122 \text{ kg/cm}^2$$

Persamaan 1 dan 3

$$0,364 = C + 0,151 \tan \phi$$

$$0,467 = C + 0,452 \tan \phi$$

$$-0,103 = -0,302 \tan \phi$$

$$\tan \phi_3 = (-0,103)/(-0,302) = 0,356$$

$$= 20^{\circ} 22' 15''$$

Substitusi persamaan 3

$$0,467 = C + 0,452 \tan \phi$$

$$0,467 = C + 0,452 \times 0,356$$

$$C_3 = 0,344 \text{ kg/cm}^2$$

Secara analitis :

$$C \text{ analitis} = (C_1 + C_2 + C_3)/3$$

$$= (0,230 + 0,122 + 0,344)/3$$

$$= 0,232 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi \text{ analitis} = (\phi_1 + \phi_2 + \phi_3)/3$$

$$= (0,555 + 0,178 + 0,356)/3$$

$$= 0,363 = 20^{\circ} 47' 53,2''$$

Dari hasil perhitungan didapat sudut geser tanah sebesar $\phi = 20^{\circ} 47' 53,2''$
 Dari hasil perhitungan didapat kohesi tanah sebesar $C = 0,232 \text{ kg/cm}^2$

3.6.3 Uji kuat tekan bebas (unconfined compression test)

Kalibrasi cincin = 0.605 (kg/div)
 Diameter sampel = 4,52 cm
 Tinggi sampel = 9.21cm
 Maka luas sampel = $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 4.522 = 16.04 \text{ cm}^2$
 Pembacaan arloji = 7.1
 Mak axial load = $7.1 \times 0.605 = 4.295 \text{ kg}$
 Luas terkoreksi = (luas sampel awal)/((1-regangan (%)))
 = $16,04/((1-(5/100)) = 16,758 \text{ cm}^2$
 Tegangan = beban/(luas terkoreksi)
 = $4.295/16,758 = 0,256 \text{ kg/cm}^2$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian berat jenis dengan tanah asli dan campuran Belerang + Zeolit

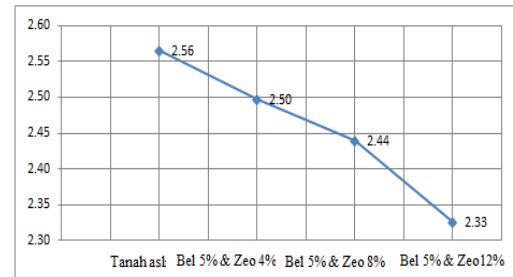
Setelah dilakukan pengujian dengan penambahan Belerang dan Zeolit dengan campuran yang bervariasi didapat berat jenis Belerang 5% & Zeolit 4% sebesar $2,50 \text{ gr/cm}^2$. Untuk penambahan Belerang 5% & Zeolit 8% sebesar $2,44 \text{ gr/cm}^2$. Sedangkan penambahan Belerang 5% & Zeolit 12% didapat berat jenis sebesar $2,33 \text{ gr/cm}^2$.

Tabel 4.1 Nilai berat jenis tanah

Sampel	Nilai berat jenis
Tanah asli	2,56
Belerang 5% & Zeolit 4 %	2,50
Belerang 5% & Zeolit 8 %	2,44
Belerang 5% & Zeolit 12 %	2,33

Sumber 2020

Jadi, dari hasil pengujian berat jenis didapat bahwa dengan menggunakan campuran Belerang dan Zeolit mengalami penurunan dapat dilihat grafik dibawah ini.



Sumber. sekunder

4.2 Pengujian atterberg limit menggunakan tanah asli dengan campuran Belerang + Zeolit

Pengujian atterberg limit dengan tanah asli dan campuran Belerang+Zeolit. Hasil pengujian plastisitas tanah lempung yang telah distabilisasi dengan campuran Belerang dan Zeolit dapat dilihat di tabel berikut:

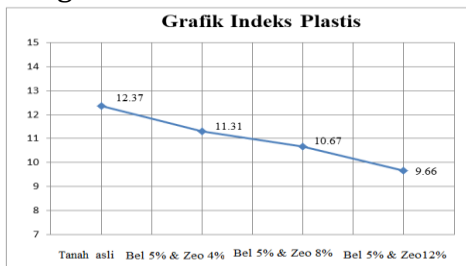
Tabel 4.2 Hasil pengujian Atterberg Limit Tanah asli + belereng & zeolite

No	Keterangan	Persentase tanah asli	Persentase belerang & zeolit		
			5% & 4%	5% & 8%	5% & 12%
1	Uji batas cair	26.75	24.2	21	19.39
2	Uji batas plastis	14.39	12.9	10.32	9.72
3	Uji plastis indeks	12.37	11.31	10.67	9.66

Sumber 2020

Dari hasil pengujian Atterberg Limit Tanah asli dengan campuran belerang 5% dan zeolit 4% terjadi penurunan sebesar 8.59% dengan persentase penurunan 11.31%. Campuran belerang 5% dan zeolit 8% terjadi penurunan sebesar 13.74% dengan persentase penurunan 10.67%. Sedangkan campuran belerang 5% dan zeolit 12% terjadi penurunan sebesar 21.87% dengan persentase penurunan sebesar 9.66%. Jadi dapat kita ketahui bahwa persentase penurunan terbesar terjadi pada persentase penurunan pada tanah asli dengan campuran belerang 5% dan zeolit 12%

dengan nilai persentase penurunan 21.87%. Untuk hasil yang lebih jelas dapat dilihat pada grafik berikut.



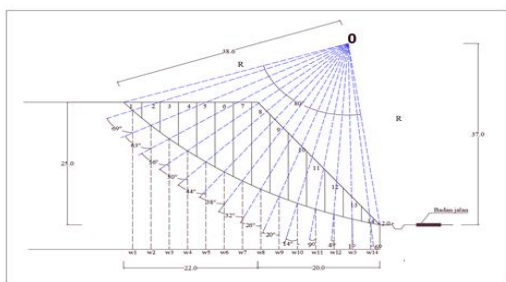
Sumber. sekunder

Gambar 4.2 grafik atterberg limit
4.3 Pengujian Kuat geser langsung (Direct Shear Test) Tanah asli dan campuran Belerang dan Zeolit

Tabel 4.2 Hasil pengujian kuat geser langsung Tanah asli + belerang & zeolit

Jenis tanah	Waktu pemeraman / Elevasi tanah	No sampel	sudut geser dalam		kohesi	
			Ø	Ø rata-rata	C	C rata-rata
			°	°	kg/cm ²	kg/cm ²
Tanah asli	Elevasi (0.00) - (-1.00)	1	31° 49' 0.68"	20° 47' 53.2"	0.230	0.232
		2	10° 12' 24"		0.122	
		3	20° 22' 15"		0.344	
	Elevasi (-1.00) - (-2.00)	1	24° 48' 51"	21° 12' 36.4"	0.194	0.268
		2	17° 39' 17"		0.233	
		3	21° 9' 42"		0.377	
	Elevasi (-2.00) - (-3.00)	1	25° 26' 21"	21° 25' 15.7"	0.215	0.288
		2	17° 27' 48"		0.246	
		3	21° 21' 38"		0.403	
Elevasi (-3.00) - (-4.00)	1	29° 10' 14"	21° 40' 7.8"	0.262	0.297	
	2	14° 22' 33"		0.208		
	3	21° 27' 36"		0.422		
Belerang 5% & Zeolit 4%	15 Hari	1	29° 26' 6.7"	24° 44' 22"	0.216	0.289
		2	20° 8' 5.7"		0.246	
		3	24° 38' 53"		0.404	
	30 Hari	1	5° 30' 15"	29° 46' 12.6"	0.026	0.291
		2	56° 54' 36"		0.533	
		3	26° 53' 47"		0.312	
	45 Hari	1	28° 49' 14"	31° 19' 36.2"	0.182	0.317
		2	33° 47' 21"		0.356	
		3	31° 22' 14"		0.413	
Belerang 5% & Zeolit 8%	15 Hari	1	31° 2' 38"	29° 13' 48.1"	0.202	0.308
		2	27° 25' 53"		0.301	
		3	29° 12' 53"		0.422	
	30 Hari	1	12° 3' 23"	33° 13' 49.3"	0.059	0.312
		2	56° 46' 17"		0.523	
		3	30° 51' 48"		0.354	
	45 Hari	1	32° 15' 59"	39° 4' 12.2"	0.164	0.321
		2	45° 27' 43"		0.391	
		3	39° 28' 55"		0.407	
Belerang 5% & Zeolit 12%	15 Hari	1	35° 2' 58"	34° 4' 37.9"	0.188	0.302
		2	33° 6' 35"		0.304	
		3	34° 4' 21"		0.413	
	30 Hari	1	16° 18' 4.17"	41° 4.0' 36.8"	0.063	0.311
		2	69° 46' 24"		0.518	
		3	37° 23' 52"		0.351	
	45 Hari	1	46° 59' 2.5"	44° 44' 29.5"	0.263	0.359
		2	42° 26' 22"		0.354	
		3	44° 48' 3.8"		0.460	

4.4 Analisa Stabilitas Metode Fellenius



Sumber. sekunder

Gambar 4.3 Sketsa potongan metode Fellenius

4.4.1 Tinjau bidang gelincir pada irisan ke 8



Sumber. sekunder

Gambar 4.4 Irisan ke 8 pada lereng

Dari gambar diatas maka :

Luas persegi atas = Panjang x Lebar
 = 2.5 x 1
 = 2.5 m²

Luas persegi bawah = Panjang x Lebar
 = 14.4 x 3
 = 43.2 m²

Luas segitiga atas = $\frac{1}{2}$ x alas x tinggi
 = $\frac{1}{2}$ x 2 x 2.5
 = 2.5 m²

Luas segitiga bawah = $\frac{1}{2}$ x alas x tinggi
 = $\frac{1}{2}$ x 3 x 1.6
 = 2.4 m²

Total keseluruhan = 2.5 + 43.2 + 2.4 + 2.5 = 50.6 m²

Dari hasil perhitungan luas dari irisan longsor di atas, maka untuk mencari titik berat dari irisan diatas dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Irisan dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Persegi atas

Luas keseluruhan = 50.6 m²

$$Y1 = 16 + (2.5/2) \\ = 17.25 \text{ m (arah sumbu Y)}$$

$$X1 = 1 / 2 \\ = 0.5 \text{ m (arah sumbu X)}$$

$$A1.Y1 = \text{Luas} \times Y1 \\ = 2.5 \times 17.25 \\ = 43.1 \text{ m}^2$$

$$A1.X1 = \text{Luas} \times X1 \\ = 2.5 \times 0.5 \\ = 1.25 \text{ m}^2$$

2. Persegi bawah

$$\text{Luas keseluruhan} = 50.6 \text{ m}^2$$

$$Y1 = 1.6 + (14.4/2) \\ = 8.8 \text{ m (arah sumbu Y)}$$

$$X1 = 3 / 2 \\ = 1.5 \text{ m (arah sumbu X)}$$

$$A1.Y1 = \text{Luas} \times Y1 \\ = 43.2 \times 8.8 \\ = 380.16 \text{ m}^2$$

$$A1.X1 = \text{Luas} \times X1 \\ = 43.2 \times 1.5 \\ = 64.80 \text{ m}^2$$

3. Segitiga atas

$$\text{Luas keseluruhan} = 50.6 \text{ m}^2$$

$$Y1 = (1.6 + 14.4) + (2.5 / 3) \\ = 16.8 \text{ m (arah sumbu Y)}$$

$$X1 = 1 + (2/3) \\ = 1.7 \text{ (arah sumbu X)}$$

$$A1.Y1 = \text{Luas} \times Y1 \\ = 2.4 \times 16.8 \\ = 42.08 \text{ m}^2$$

$$A1.X1 = \text{Luas} \times X1 \\ = 2.4 \times 1.7 \\ = 4.17 \text{ m}^2$$

4. Segitiga bawah

$$\text{Luas keseluruhan} = 50.6 \text{ m}^2$$

$$Y1 = 1.6 \times (2/3) \\ = 1.07 \text{ m (arah sumbu Y)}$$

$$X1 = 3 \times (2/3) \\ = 2 \text{ m (arah sumbu X)}$$

$$A1.Y1 = \text{Luas} \times Y1 \\ = 2.4 \times 1.07 \\ = 2.56 \text{ m}^2$$

$$A1.X1 = \text{Luas} \times X1 \\ = 2.4 \times 2 \\ = 4.8 \text{ m}^2$$

Maka :

$$A1.Y1 = 43.1 \text{ m}^2 + 380.16 \text{ m}^2 + 42.08 \text{ m}^2 + 2.56 \text{ m}^2 = 467.93 \text{ m}^2$$

$$A1.X1 = 1.25 \text{ m}^2 + 64.80 \text{ m}^2 + 4.17 \text{ m}^2 + 4.8 \text{ m}^2 = 75.02 \text{ m}^2$$

Jadi, untuk penentuan titik beratnya didapat dengan rumus sebagai berikut :

$$Yz = \frac{\sum A1 . Y1}{\sum A}$$

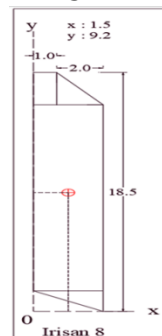
$$= \frac{467.93}{50.6}$$

$$= 9.2 \text{ m}$$

$$Xz = \frac{\sum A1 . X1}{\sum A}$$

$$= \frac{75.02}{50.6}$$

$$= 1.5 \text{ m}$$



Sumber. sekunder

Gambar 4.5 Titik berat penampang ke 8 irisan

$$L = \frac{80^\circ}{360^\circ} \times 3 \times \pi \times R$$

$$= \frac{80^\circ}{360^\circ} \times 3 \times 3.14 \times 37$$

$$= 77.52 \text{ m}^2$$

Perhitungan metode fellenius :

Berat W (kn/m) = Luas (m²) x γ Tanah (kn/m)

$$= 50,6 \text{ m}^2 \times 18.56$$

$$= 939,136 \text{ kn/m}^2$$

$$W \cos \theta \cdot \tan \phi = \text{Berat } W \times \cos \theta \times \tan \phi$$

$$= 936,136 \times 0,899 \times 0.380$$

$$= 320,61$$

Tabel 4. 6 Perhitungan safety faktor metode fellinius untuk tanah asli

Bidang	Luas m ²	γ Tanah	Berat (W) (KN/m ²)	C (KN/m ²)	ϕ Geser Dalam	θ	Cos θ	Tan ϕ	W Cos θ Tan ϕ	Sin θ	W Sin θ	ΣL	FK
1	4.8	18.56	89.088	23.200	20.80	69	0.358	0.380	12.13	0.934	83.17	77.52	1.19
2	13.95	18.56	258.912	23.200	20.80	63	0.454	0.380	44.65	0.891	230.69		
3	22.2	18.56	412.032	23.200	20.80	56	0.559	0.380	87.51	0.829	341.59		
4	29.7	18.56	551.232	23.200	20.80	50	0.643	0.380	134.58	0.766	422.27		
5	36.75	18.56	682.080	23.200	20.80	44	0.719	0.380	196.87	0.695	473.81		
6	42.45	18.56	787.872	23.200	20.80	38	0.788	0.380	235.82	0.616	485.06		
7	48.3	18.56	896.448	23.200	20.80	32	0.848	0.380	288.76	0.530	475.05		
8	50.6	18.56	939.136	23.200	20.80	26	0.899	0.380	320.61	0.438	411.69		
9	44.7	18.56	829.632	23.200	20.80	20	0.940	0.380	296.11	0.342	283.75		
10	37.35	18.56	693.216	23.200	20.80	14	0.970	0.380	255.48	0.242	167.70		
11	29.85	18.56	554.016	23.200	20.80	9	0.988	0.380	207.84	0.156	86.67		
12	21.9	18.56	406.464	23.200	20.80	4	0.998	0.380	154.01	0.070	28.35		
13	13.35	18.56	247.776	23.200	20.80	1	1.000	0.380	95.49	0.017	4.32		
14	5.55	18.56	103.008	23.200	20.80	6	0.995	0.380	38.911	0.105	10.77		
Σ									2368.76		3504.90		

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dilaboratorium dapat disimpulkan bahwa:

A. Metode AASHTO Menuju spesifikasi kelompok A – 2 – 6 yaitu kerikil dan pasir berlanau atau berlempung.

a. Metode USCS menuju ke simbol kelompok GC (Gravel-Clay) (kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung.

2. Dengan pengujian indeks properties tanah didapat hasil sebagai berikut:

A. Hasil uji Atterberg pada tanah asli diperoleh nilai liquid limit sebesar 26,75% dan indeks plastisitas sebesar

14,38%, Oleh karena itu, contoh tanah termasuk dalam kelompok kedalaman A – 2 – 6 menurut klasifikasi AASHTO, yang meliputi kerikil dan pasir berlumpur atau lempung. Sedangkan contoh tanah termasuk dalam kelompok GC (Gravel-Clay), yang termasuk kerikil lempung.

B. Hasil uji kadar air tanah adalah sebesar 24,49%

C. Hasil uji berat jenis pada tanah asli sebesar 2,56.

1. Untuk tanah asli + belerang 5% + zeolite 4% sebesar 2,50.

2. Untuk tanah asli + belerang 5% + zeolite 8% sebesar 2,44.

3. Tanah asli + belerang 5% + zeolite 12% sebesar 2,33.

Dari pengujian tersebut dapat dilihat adanya penurunan berat jenis ketika tanah asli ditambahkan belerang 5% dan ditambah juga zeolit yang bervariasi yaitu 4%, 8% dan 12%.

3. Dengan pengujian indeks properties tanah didapat hasil sebagai berikut:

A. Dengan pengujian kuat geser tanah dari uji direct shear test yang dilakukan pada tanah asli diperoleh ϕ 20° 47' 53.2" dan kohesi (C) sebesar 0,232 kg/cm² dan kuat geser tanah asli dari lapangan untuk pembebanan 5 kg sebesar 0,364 kg/cm², untuk pembebanan 10 kg sebesar 0,441 kg/cm², dan 15 kg sebesar 0,467 kg/cm².

Tabel 5.1 hasil pengujian kuat geser tanah

Jenis tanah	Waktu pemeraman / Elevasi tanah	No sampel	sudut geser dalam		kohesi	
			ϕ	ϕ rata-rata	C	C rata-rata
			°	°	kg/cm ²	kg/cm ²
Belerang 5% & Zeolit 4%	15 Hari	1	29° 26' 6.7"	24° 44' 22"	0.216	0.289
		2	20° 8' 5.7"		0.246	
		3	24° 38' 53"		0.404	
	30 Hari	1	5° 30' 15"	29° 46' 12.6"	0.026	0.291
		2	56° 54' 36"		0.533	
		3	26° 53' 47"		0.312	
	45 Hari	1	28° 49' 14"	31° 19' 36.2"	0.182	0.317
		2	33° 47' 21"		0.356	
		3	31° 22' 14"		0.413	
Belerang 5% & Zeolit 8%	15 Hari	1	31° 2' 38"	29° 13' 48.1"	0.202	0.308
		2	27° 25' 53"		0.301	
		3	29° 12' 53"		0.422	
	30 Hari	1	12° 3' 23"	33° 13' 49.3"	0.059	0.312
		2	56° 46' 17"		0.523	
		3	30° 51' 48"		0.354	
	45 Hari	1	32° 15' 59"	39° 4' 12.2"	0.164	0.321
		2	45° 27' 43"		0.391	
		3	39° 28' 55"		0.407	
Belerang 5% & Zeolit 12%	15 Hari	1	35° 2' 58"	34° 4' 37.9"	0.188	0.302
		2	33° 6' 35"		0.304	
		3	34° 4' 21"		0.413	
	30 Hari	1	16° 18' 4.17"	41° 4.0' 36.8"	0.063	0.311
		2	69° 46' 24"		0.518	
		3	37° 23' 52"		0.351	
	45 Hari	1	46° 59' 2.5"	44° 44' 29.5"	0.263	0.359
		2	42° 26' 22"		0.354	
		3	44° 48' 3.8"		0.460	

4. Untuk mendapatkan faktor aman dari lereng dengan metode Fillenius, maka diperlukan data hasil pengujian dari laboratorium yaitu data dari uji berat isi dan direct shear test. Sehingga dari hasil perhitungan metode Fillenius dari tanah asli diperoleh faktor aman (FS) lereng sebesar 1,19 (gerakan tanah sering terjadi). Untuk perbaikan tanah digunakan campuran tanah asli dengan belerang + zeolite dengan berbagai variasi, adapun variasi yang dibuat adalah sebagai berikut:

A. Untuk tanah asli + belerang 5 % + zeolit 4 % dengan pengeraman 15 hari diperoleh (FS) sebesar 1,37 (gerakan tanah dapat terjadi).

B. Untuk tanah asli + belerang 5 % + zeolit 8 % dengan pengeraman 15 hari diperoleh (FS) sebesar 1,56 (gerakan tanah dapat terjadi).

C. Untuk tanah asli + belerang 5 % + zeolit 12 % dengan pengeraman 15 hari diperoleh (FS) sebesar 1,73 (gerakan tanah dapat terjadi).

D. Untuk tanah asli + belerang 5 % + zeolit 8 % dengan pengeraman 30 hari diperoleh (FS) sebesar 1,77 (gerakan tanah jarang terjadi).

Berdasarkan penelitian yang kami lakukan untuk perbaikan tanah dengan menggunakan campuran tanah asli + belerang 5 % + zeolit 8 % dengan pengeraman 30 hari mendapatkan safety faktor 1,77 yang bisa dinyatakan aman atau lebih tepatnya gerakan tanah jarang terjadi.

5.2 Saran

1. Pengujian selanjutnya menggunakan Hydrometer dalam penentuan jenis tanah
2. Untuk penelitian berikutnya diharapkan menggunakan alat triaxial untuk mendapatkan hasil yang lebih sempurna dalam pengujian kuat geser tanah.
3. Penulis berharap untuk penelitian berikutnya digunakan pemodelan dengan menggunakan program plaxis supaya lebih teliti untuk mencari safety faktor.

6. DAFTAR PUSTAKA

Anita Ernawaty Lumban Gaol. (2009), *Analisa Terjadinya Longsor Di Jalan Provinsi Dolok Sanggul – Pakkat, Kab. Humbang*

Hasundutan Dan Pemodelan Menggunakan Program Plaxis.
Universitas Darma Agung
Medan.

Braja M, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis), Jilid I. Diterjemahkan dan ditulis kembali oleh Ir. Noor Endah MOchtar M.Sc., Ph.D dan Ir. Indrasurya B.Mohchtar M.Sc., Ph.D, Institut Teknologi 10 Nopember, Surabaya.*

Debataraja, T.M.S; 2012; *Uji Triaksial Tidak Terkonsolidasi-Tidak Terdrainase dan Uji Tekan Bebas pada Tanah di Lokasi PDAM Tirtanadi Medan Marelan dan Prediksi Balik dengan Metode Elemen Hingga; Tesis Magister Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara*

Dr. Ir. H. Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng, D.E.A (2006), *Penanganan Tanah Longsor Dan Erosi, Edisi Pertama.* Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

SNI 6371 : 2015, *Tata cara Pengklasifikasian Tanah Untuk Keperluan Teknik Dengan Sistem Klasifikasi Unifikasi Tanah (ASTM D 2487-06, MOD),* Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.