

**STABILISASI TANAH LONGSOR DI RUAS JALAN LINTAS PAKKAT-DOLOK
SANGGUL DENGAN MENGGUNAKAN BELERANG KRISTAL DAN
ZEOLITH (BATU APUNG VULKANIK)**

Oleh:

David Hutasoit ¹⁾,

Pernando Sihombing ²⁾

Semangat Debataraja ³⁾

Universitas Darma Agung, Medan ^{1,2,3)}

E-mail:

3davidhutasoit@gmail.com¹⁾ ,

pernandosihombing406@gmail.com²⁾

History Jurnal Ilmiah Teknik Sipil:

Received : 25 Desember 2023

Revised : 14 Januari 2024

Accepted : 10 Februari 2024

Published : 28 Februari 2024

Publisher: LPPM Universitas Darma Agung

Licensed: This work is licensed under

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



ABSTRACT

Stabilization is one of the ways and efforts made to improve the characteristics of the soil. Soil stabilization has been carried out by mixing the soil with cement, charcoal, zeolith and sulfur. But here the authors do mixing using sulfur with zeolith. In this study, soil stabilization was carried out in locations prone to landslides, precisely on Jalan Lintas Dolok Sanggul Coordinates 2o North Latitude, 98o East Longitude Purba Baringin, Kec. Pakkat, Kab. Humbang Hasundutan, North Sumatra. By using a combination of a mixture of zeolith and sulfur with a mixture of 5% sulfur content with variations in the addition of 3%, 6%, and 9% zeolite. With tests carried out in the laboratory, the results obtained from the original soil, namely water content of 4.5%, specific gravity of 2.67, and plastic index of 9.81%, based on the AASHTO soil classification the soil sample was included in the sandy silt soil with group A-2-4, and Based on USCS, the soil is classified as a coarse-grained soil (coarse-grained soil), with a maximum shear strength of 24.58o at an elevation of 1M with a cohesion of 0.21 kg/m² (with a strong soil bearing capacity category) and after mixing on relatively disturbed soils there will be a landslide, the value of shear strength and cohesion increases with shear strength to 32.64o with a cohesion of 0.27 kg/m² with a mixture of 9% zeolith and 5% sulfur with a curing period of 45 days

Keywords: Zeolith, Sulfur, Direct Shear Test

ABSTRAK

Stabilisasi merupakan salah satu cara dan upaya yang dilakukan untuk memperbaiki sifat karakteristik tanah. Stabilisasi tanah telah banyak dilakukan dengan mencampurkan tanah dengan semen, arang, zeolith dan belerang. Namun disini penulis melakukan pencampuran dengan menggunakan belerang dengan zeolith. Pada penelitian ini dilakukan stabilisasi pada tanah dilokasi yang rawan terjadi longsor tepatnya di Jalan Lintas Dolok Sanggul Koordinat 2° LU, 98° BT Purba Baringin, Kec. Pakkat, Kab. Humbang Hasundutan, Sumatera Utara. Dengan menggunakan kombinasi campuran zeolith dan belerang dengan kadar campuran 5% belerang dengan variasi penambahan 3%, 6%, dan 9% zeolith. Dengan pengujian yang

dilakukan di laboratorium diperoleh hasil dari tanah asli yaitu kadar air 4.5 %, berat jenis 2.67, dan indeks plastis 9,81%, berdasarkan klasifikasi tanah AASHTO sampel tanah tersebut termasuk kedalam tanah lanau berpasir dengan kelompok A-2-4, dan berdasarkan USCS tanah tersebut termasuk kedalam tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*), dengan kuat geser maksimum $24,58^\circ$ dielevasi 1M dengan kohesi $0,21 \text{ kg/m}^2$ (dengan kategori daya dukung tanah kuat) dan setelah dilakukan pencampuran pada tanah terganggu yang relatif akan terjadi longsor nilai kuat geser dan kohesinya meningkat dengan kuat geser menjadi $32,64^\circ$ dengan kohesi $0,27 \text{ kg/m}^2$ dengan campuran zeolith 9% dan belerang 5% dengan masa pemeraman 45 hari

Kata kunci : Zeolith, Belerang, Direct Shear Test

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Ruas Jalan lalu lintas Pakka-Dolok sanggul ialah daerah yang sering sekali mengalami longsor baik skala kecil maupun besar, yang mengakibatkan negara mengalami banyak kerugian akibat penanganan longsor, oleh karena itu penulis disini melakukan penelitian untuk menganalisis sifat tanah yang mengakibatkan longsor dan penulis juga melakukan penanganan sebelum terjadinya longsor, dengan metode pencampuran tanah, zeolith, dan belerang.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah meliputi sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil analisa pengujian indeks propertise tanah yang dilakukan dilaboratorium BPJN II MEDAN.
2. Bagaimana hasil analisa pengujian kuat geser tanah yang dilakukan dilaboratorium BPJN II MEDAN dengan uji *direct shear test* dari sampel tanah terganggu yang diambil ?
3. Bagaimana hasil perbaikan tanah melalui stabilisasi yang dilakukan di laboratorium BPJN II MEDAN dengan menggunakan campuran zeolith (batu apung vulkanik) dan belerang ?

1.3. Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah meliputi sebagai berikut :

1. Sampel diambil dari ruas jalan pakkat-dolok sanggul
2. Pengujian yang dilakukan ialah
 - Pengujian indeks propertise

- Pengujian direct shear test
- Analisa faktor keamanan dengan FELLNIUS dan BISHOP
- Stabilisasi tanah dengan campuran belerang dan zeolith (batu apung vulkanik)

1.4. Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Tujuan dan manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Untuk mengetahui klasifikasi tanah dengan metode USCS dan AASHTO
2. Mengetahui parameter tanah dengan pengujian *direct shear test* pada tanah yang diambil dari rusa jalan lintas pakkat-dolok sanggul.
3. Mengetahui *safety factor* dengan metode FELLNIUS dan BISHOP
4. Untuk mengetahui kekuatan perbaikan tanah dengan melalui stabilisasi tanah dengan campuran zeolith dan belerang

1.5. Metodologi penelitian

Metodologi penelitian dilakukan dengan beberapa tahap sebagai berikut :

1. Pengambilan sampel yang dilakukan didesa purba baringin, kecamatan pakkat, kabupaten humbang hasundutan
2. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode bor secara vertikal
3. Pengujian sampel meliputi
 - Indeks Propertise
 - Direct shear test
 - UCT
4. Analisa *Safety Faktor* dilakukan dengan metode Fellnius dan Bishop

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengetian Tanah

Tanah adalah kumpulan dari bagian-bagian padat yang tidak terikat antara satu dengan yang lain, dan rongga-rongga didalamnya berisi air dan udara (Verhoef 1994), dan menurut Bowles (1984) tanah merupakan campuran partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berangkal, kerikil, pasir, lanau, lempung dan koloid.

2.2. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah merupakan suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda namun memiliki sifat yang sama kedalam kelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya. Tujuan dari klasifikasi ini ialah untuk membagi tanah menjadi beberapa golongan dan memberikan simbol nama yang sama untuk tanah dengan kondisi dan sifat yang serupa.

Ada dua klasifikasi yang biasa digunakan yaitu :

1. Sistem Klasifikasi AASHTO
2. Klasifikasi USCS

2.2.1. Sistem Klasifikasi AASHTO

AASHTO (*American Association Of State Highway And Transportation Official*) dikembangkan oleh insinyur jalan raya pada tahun 1929 setelah beberapa kali revisi hingga tahun 1945. Pada sistem klasifikasi AASHTO tanah dibagi menjadi tujuh kelompok yaitu A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7. Dimana tanah yang paling baik dikelompokkan kedalam kelas A-1 dan yang paling buruk dikelas A-7.

Berikut tabel klasifikasi tanah :

Kelas	Karakteristik Tanah
A-1	Tanah terdiri dari kerikil, pasir kasar dengan sedikit atau tanpa buti halus, dengan atau tanpa sifat plastis.
A-2	Terdiri dari pasir halus dengan sedikit sekali butir halus lolos saringan No.200 dan tidak plastis.

A-3	tanah berbutir kasar dan halus dan merupakan campuran kerikil/pasir dengan tanah berbutir halus cukup banyak (<35%).
A-4	Tanah lanau dimana plastisitas rendah
A-5	Tanah lanau yang nilai plastisitasnya lebih tinggi dari A-4
A-6	Tanah lempung yang masing mengandung butiran pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahan volumenya cukup besar
A-7	Tanah lempung yang perubahan yang cukup besar

Sumber :ASTM dan AASHTO

2.2.2. Sistem Klasifikasi USCS

USCS (*Unified Soil Classification System*) pada tahun 1942, Casagrande memperkenalkan system ini dan digunakan pada sebuah pekerjaan pembuatan lapangan terbang saat perang dunia II dan dikerjakan oleh *The Army Corps Of Engineers*. Sistem ini disempurnakan saat menjalin kerjasama dengan *United States Bureau Of Reclamations*. Kemudian *American Society For Testing And Materials* (ASTM) menggunakan USCS dan mengklasifikasikan tanah menjadi dua kelompok yaitu :

1. Tanah berbutir kasar merupakan tanah yang mengandung kerikil dan pasir dengan komposisi kurang dari 50% berat total yang lolos dari saringan No. 200. Kelompok ini diberi simbol untuk menandakan setiap materialnya dimana simbol G diberikan untuk tanah yang berkerikil, S untuk tanah berpasir, W untuk tanah bergradasi baik dan P untuk tanah bergradasi buruk.
2. Tanah berbutir halus ialah tanah yang lolos saringan No.200 lebih dari 50%. Simbol yang diberikan adalah C yang menandakan lempung organik, O untuk lanau organik, dan Pt gambut dan tanah dengan kandungan organik yang tinggi

Untuk melambangkan plastisitas, maka digunakan simbol L untuk Plastisitas Rendah ($LL < 50$) dan H untuk Plastisitas Tinggi ($LL > 50$).

2.3 Sifat Fisik Tanah

Tanah merupakan perpaduan dari dua jenis yang berbeda yaitu :

1. Tanah kering yang terdiri dari dua fase yaitu butiran dan udara pengisi rongga tanah
2. Tanah jenuh terdiri dari tiga fase yaitu butiran, udara pengisi rongga, dan air pori

Berikut nilai-nilai berat jenis tanah

Jenis Tanah	Berat Jenis Tanah
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau Tidak Organik	2,65 – 2,68
Lempung Organik	2,58 – 2,65
Lempung Tidak Organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

Sumber : Hery Cristiady hardiyanto 2002

2.4. Lereng Dan Longsoran

Lereng adalah permukaan tanah yang memiliki sudut kemiringan dengan bidang datar (horizontal).

Berdasarkan terbentuknya lereng, lereng dibagi menjadi tiga, yaitu :

1. Lereng alam
2. Lereng yang dibuat oleh manusia
3. Lereng timbunan tanah

Longsoran adalah sebuah pergerakan massa yang terjadi pada tanah atau batuan pada bidang miring, vertikal, ataupun mendatar

3 tipe utama kelongsoran tanah, yaitu sebagai berikut :

1. Kelongsoran rotasi
2. Kelongsoran translasi
3. Kelongsoran gabungan

Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng :

1. Jenis dan keadaan lapisan tanah
2. Bentuk geometris penampang lereng
3. Penambahan kadar air pada tanah
4. Berat dan distribusi beban

5. Getaran gempa

2.5. Uji Laboratorium

Pelaksanaan pengujian dilakukan di laboratorium BPJN II, dimana sampel tanah diambil dari ruas jalan Provinsi pakkat-dolok sangul.

Pengujian tanah meliputi sebagai berikut :

1. Pengujian Index Propertise, Meliputi sbb;
 - Pengujian Kadar Air
 - Pengujian Berat Jenis Anah
 - Pengujian Analisa Saringan
 - Pengujian Batas Atterberg
2. Pengujian Kua Geser Tanah
3. Pengujian Kuat Tekan Bebas

2.6. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah proses perbaikan tanah yang dilakukan untuk meningkatkan mutu dari tanah hingga memungkinkan dilakukan pembangunan kontruksi diatasnya.

Klasifikasi Utama Stabilisasi Tanah :

1. Fisiomekanikal
Cth: Dengan melakukan pemadatan
2. Granolometrik
Cth: Tanah berkualitas buruk dicampur dengan tanah berkualitas baik
3. Fisiokimia
Cth: Tanah dicampur dengan bahan kimia. Seperti, kapur, zeolith, semen, belerang, dan lainnya.
4. Elektrokimia
Cth: Menggunakan bahan kimia sebagai zat adiktif

Proses stabilisasi ada tiga yaitu ; Mekanis, Fisis, dan Kimiawi. Namun peneliti menggunakan proses kimiawi, yaitu dengan melakukan penambahan campuran pada tanah dengan Zeolith, dan Belerang yang berperan sebagai stabilisator.

2.7. Metode analisa kestabilan lereng

Analisa kestabilan lereng terbagi menjadi 3 kelompok besar yakni :

1. Cara visual

Yaitu dengan cara melihat secara langsung keadaan lapangan pad lereng tersebut apakah memiliki indikasi untuk bergerak dan longsor atau tidak, analisa yang memiliki tingkat keakuratan yang sangat rendah dikarenakan pengamatan dilakukan berdasarkan pengalaman sang pengamat

2. Cara kompulasi

Yaitu dengan cara melakukan hitungan analitik berdasarkan rumus dengan menggunakan metode *Fellnius, Bishop, Janbu, Sarma* dll.

3. Cara grafik

Yaitu dengan menggunakan grafik yang telah standart. Contohnya, *grafik taylor, hoek, bray, janbu, cousins*, dll. Cara ini dilakukan pada material-material yang bersifat homogen, dan bilamana ditemukan lapisan-lapisan tanah yang heterogen maka dapat dilakukan pendekatan dengan menggunakan cara kompulasi.

2.8. Faktor keamanan (*safety faktor*)

Dalam analisis kestabilan lereng dilakukan penyederhanaan dengan beberapa asumsi. Secara teoriti sederhana laju pergerakan tanah dan dapat terhenti bila mana kuat gesernya sama bear dengan gaya geser. secara umum faktor kreamanan dapat dihitung dengan rumus sbb:

$$FK = \frac{\text{gaya yang menahan}}{\text{gaya penggerak}} = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

Dimana :

FK = angka keamanan terhadap keamanan tanah

τ_f = kekuatan geser rata-rata tanah

τ_d = tegangan geser yang bekerja pada bidang

longsor

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di ruas jalan Provinsi Pakkat-Dolok Sanggul Desa Purba Baringin, Kecamatan Pakkat,

Kabupaten Humbang Hasundutan, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia.



Gambar 3. 1 Lokasi Pengambilan Sampel Penelitian

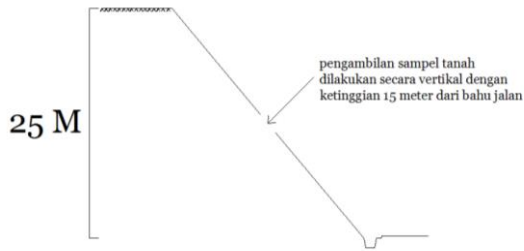
3.2. Proses pengambilan sampel

Sampel tanah diambil dua jenis yaitu tanah tidak terganggu dan tanah terganggu, dimana sampel tanah yang tidak terganggu ditujukan untuk pengujian DST. Pengambilan sampel diambil 15 Meter dari permukaan jalan, dengan metode pengambilan sampel sbb:

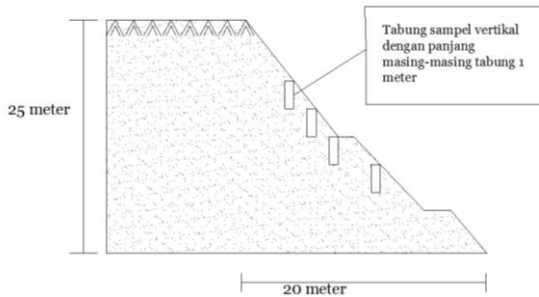
1. Membersihkan terlebih dahulu titik lokasi pengambilan sampel
2. Menggali permukaan tanah untuk penancapan tabung sedalam 1 meter
3. Menancapkan tabung sampel 1-4 Meter kepermukaan tanah dengan cara vertikal dengan memukul tabung sampai kandas
4. Pencabutan sampel dilakukan dengan menggunakan tali dan kemudian ditarik keatas sampai tanah dan tabung keluar



Sumber : Data Primer



Sumber : Data Primer



Sumber : Data Primer

elevasi (m)	sudut geser dalam (θ)	Cohesi
1	24,58°	0.21 kg/m ²
2	26.01°	0.22 kg/m ²
3	28.77°	0.23 kg/m ²
4	32.64°	0.24 kg/m ²

- Hasil pengujian tanah terganggu dengan campuran

variasi campuran dan waktu pemeraman	sudut geser dalam (θ)	kohesi (c)	kuat geser maksimum
zeolite 3% + belerang 5% (15 hari)	18.55°	0.18	0.37 kg/cm ²
zeolite 3% + belerang 5% (30 hari)	21.63°	0.19	0.39 kg/cm ²
zeolite 3% + belerang 5% (45 hari)	24.58°	0.21	0.43 kg/cm ²
zeolite 6% + belerang 5% (15 hari)	21.63°	0.19	0.39 kg/cm ²
zeolite 6% + belerang 5% (30 hari)	24.58°	0.22	0.49 kg/cm ²
zeolite 6% + belerang 5% (45 hari)	28.77°	0.22	0.49 kg/cm ²
zeolite 9% + belerang 5% (15 hari)	28.77°	0.22	0.50 kg/cm ²
zeolite 9% + belerang 5% (30 hari)	28.77°	0.23	0.52 kg/cm ²
zeolite 9% + belerang 5% (45 hari)	32.64°	0.27	0.62 kg/cm ²

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian *Index Propertise*

Dari hasil pengujian yang dilakukan jenis tanah tersebut termasuk kedalam jenis tanah lanau berpasir.

Berikut hasil pengujian index propertise yang didapat :

No	jenis pengujian	Notasi	satuan	jenis sampel (tanah terganggu)
1	kadar air	W	%	4.5
2	berat jenis air	Gs		2.67
3	atterberg limit			
	a. Liquid limit (batas cair)	LL	%	18.1
	b. Plastic limit (atas plastis)	PL	%	8.5
4	analisa saringan			Tertahan
	no.4		%	0
	no.8		%	5.38
	no.16		%	12.74
	no.30		%	19.35
	no.50		%	16.73
	no.100		%	14.62
	no.200		%	4.99
	Pan		%	26.19

4.2. Hasil Pengujian DST (*Direct Shear Test*)

Hasil pengujian *Direct Shear Test* digunakan untuk analisis kestabilan dalam bidang geoteknik, berikut hasil pengujian *Direct Shear Test* tanah terganggu setelah dilakukan campuran tanah, zeolith dan belerang, dan tanah tidak terganggu tanpa campuran

- Hasil pengujian tanah tidak terganggu tanpa campuran

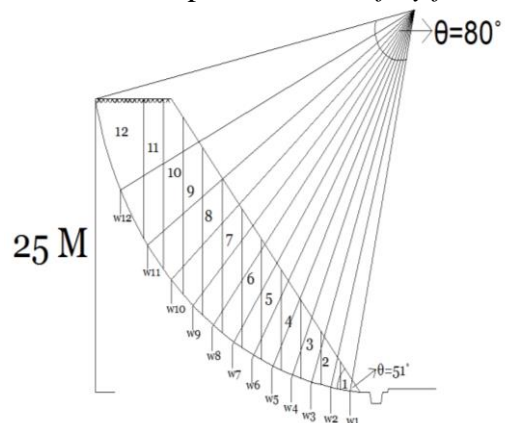
4.3. Hasil pengujian UCT (*unconfined compression test*)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tanah dan regangan yang terjadi pada saat menerima beban

elevasi (m)	jenis sampel	Qu (beban maksimum (KN))	luas terkoreksi (cm ²)	tegangan (Kpa)
1	1	2.8	20.68	0.14
	2	2.5	21.12	0.12
2	1	3.22	18.08	0.18
	2	3.5	17.89	0.2
3	1	4.34	18.66	0.23
	2	4.2	18.27	0.23
4	1	4.48	20.68	0.22
	2	4.62	19.86	0.23

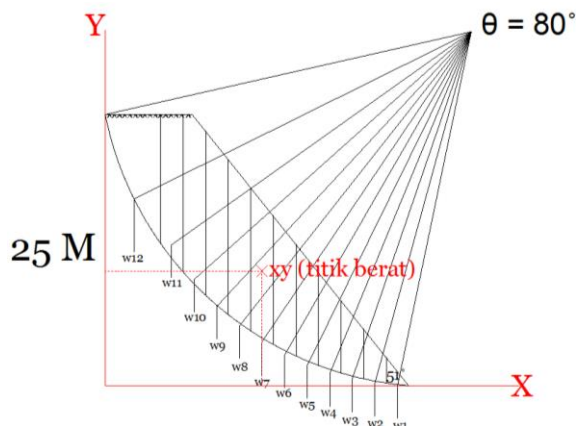
4.4. Hasil Analisa Kestabilan Lereng

Tujuan dari analisa kestabilan lereng ini untuk mendapatkan nilai *safety factor*



Gambar pembagian irisan pada lereng

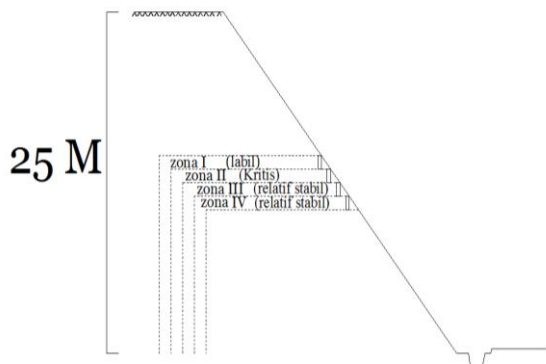
Pada analisa kestabilan lereng ini peneliti meninjau salah satu irisan lereng, dimana disini peneliti ini meninjau irisan tanah no. 7.



Titik berat arah x = 9.3 M
Dan arah y = 4 M

Berikut hasil analisa kestabilan lereng dengan metode *Fellnius* Dan *Bishop*

<i>Fellnius</i>		<i>Bishop</i>	
Elevasi	Fs	Elevasi	Fs
1 M (zona 1)	1,05	1 M (zona 1)	1,05
2 M (zona 2)	1,12	2 M (zona 2)	1,12
3 M (zona 3)	1,26	3 M (zona 3)	1,26
4 M (zona 4)	1,46	4 M (zona 4)	1,47



Gambar kondisi tanah

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium BPJN II didapat hasil bahwa tanah pada lokasi termasuk kedalam tanah lanau berpasir dengan LL=18,10%, PL=8,50% dengan PI=9,18% dengan berat jenis 2,68 dengan sudut geser tanah asli tidak terganggu 32,64° dan cohesi 0,24°, dan sudut geser

tanah terganggu dengan campuran zeolith dan belerang dengan pemeraman 45 hari ialah 32,64° dengan nilai cohesi 0,27

5.2. Saran

1. Penulis mengharapkan agar penelitian dilanjutkan dengan melakukan pengambilan sampel secara horizontal
2. Penulis juga mengharapkan agar penelitian selanjutnya dilakukan dengan penambahan program plaxis
3. Perlunya ketelitian pada saat melakukan pengujian sampel dilaboratorium
4. Penulis berharap adanya pembaharuan alat-alat Dilaboratorium Mekanika Tanah Di Universitas Darma Agung yang tidak berfungsi dengan maksimal agar memudahkan dalam melakukan penelitian kedepannya

6. DAFTAR PUSTAKA

- Das. Braja M, Mekanika Tanah (*Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik*), Jilid I, 1993, Erlangga, Jakarta.
- Das. Braja M, Mekanika Tanah (*Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik*), Jilid II, 1993, Erlangga, Jakarta.
- Laurence D. Wesley, *Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan Dan Residu*, ANDI, 2012, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2002, *Mekanika Tanah I*, Jilid 3, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka,
- John Tri Hatmoko, *Dinamika Tanah Dan Liquefaction*, :Cahaya Atma Pustaka, 2016, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2014. *Mekanika Tanah I*, Edisi Keenam, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- 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*, Univesitas Sumatera Utara