

# Studi Karakteristik Propertis Tanah di Kecamatan Polen Kabupaten TTS

## *Study of Soils Characteristics in Polen Sub-District, TTS*

Tri M W Sir<sup>1\*)</sup>, Dolly W. Karels<sup>2</sup>, Wilhelmus Bunganaen<sup>1</sup>, I Made Udiana<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

### Article info:

Kata kunci:

Karakteristik, fisik, mekanis, lempung

Keywords:

Characteristics, physical, mechanics, clay

### Article history:

Received: 4-03-2023

Accepted: 28-05-2023

\*Koresponden email:

trimwsir@staf.undana.ac.id

### Abstrak

Pengetahuan akan karakteristik tanah sangat penting bagi seorang engineer guna keamanan bangunan yang terletak diatas tanah. Karena itu sebelum suatu lokasi dipakai, maka perlu dilakukan penyelidikan tanah, baik dilaboratorium maupun lapangan. Pulau Timor khususnya di Kecamatan Polen Kabupaten TTS memiliki deposit tanah berbutir halus. Pada wilayah tersebut pun sedang dibangun bendungan besar yaitu Bendungan Temef juga merupakan ruas jalan utama yang menghubungkan satu kota, serta empat kabupaten di Pulau Timor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik tanah secara fisik dan mekanis melalui pengujian laboratorium. Hasil penelitian diperoleh bahwa tanah pada lokasi Desa Puna merupakan tanah lempung berplastisitas rendah, sedangkan pada Desa Loli mempunyai deposit lempung berplastisitas tinggi. Semakin banyak fraksi lempung, menyebabkan rendahnya permeabilitas, semakin meningkat nilai batas cair serta indeks plastisitas. Tingginya nilai indeks plastisitas tanah maka dapat menurunkan kekuatan tanah berupa daya dukung yang rendah, serta kompresibilitas yang tinggi. Karena itu sebelum dikerjakan bangunan diatasnya perlu dilakukan perbaikan tanah baik dengan cara kimiawi maupun fisik.

### Abstract

Knowing soil characteristics is very important for an engineer for the safety of buildings located on the ground. Therefore, before we use a location, conduct a soil investigation in the laboratory and the field. Timor Island, especially in Polen District, Timor Tengah Selatan Regency, has fine-grained soil deposits. In that area was built a large dam, namely the Temef and the main road linking one city and four districts on the island of Timor. This study aims to determine the physical and mechanical characteristics of the soil through laboratory testing. The results showed that the soil in Puna Village was a low plasticity clay, while Loli Village had high plasticity clay deposits. The more clay fractions, the lower the permeability and the higher the liquid limit value and plasticity index. The high value of the soil plasticity index can reduce soil strength in the form of low bearing capacity and high compressibility. Therefore, before building on it is done, it is necessary to improve the soil, both chemically and physically

---

**Kutipan:** Diisi oleh Editor

### 1. Pendahuluan

Pengetahuan akan karakteristik tanah baik fisik maupun mekanis sangat diperlukan karena tanah merupakan dasar tumpuan bagi semua beban konstruksi yang berdiri di atasnya sehingga salah satu langkah awal mitigasi adalah dengan mengetahui karakteristik fisik dan mekanis tanah sehingga semua perencanaan konstruksi dapat direncanakan dengan benar dan efektif. Karena dengan adanya data karakteristik tanah maka konstruksi yang kita bangun tidak akan gagal atau runtuh selama masa layannya. Hal ini melatarbelakangi tulisan ini untuk dilakukannya penelitian tentang karakteristik tanah di Kecamatan Polen Kabupaten Timor Tengah Selatan Propinsi Nusa Tenggara Timur yang merupakan jalur utama jalan Transnasional serta tempat dibangunnya Bendungan Temef.

### 2. Bahan dan Metode

Metode penelitian ini merupakan metode deskripsi berupa pengujian laboratorium dan pengujian lapangan. Data yang diperlukan berupa data primer dari hasil pengujian laboratorium serta data sekunder lainnya. Analisis yang digunakan menggunakan analisis deskripsi untuk sifat fisis dan mekanis tanah. Sampel tanah yang diambil berasal dari wilayah kecamatan Polen Kabupaten Timor Tengah Selatan.

Adapun tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian baik yang akan dilakukan oleh peneliti secara garis besar sebagai berikut:

- a. Identifikasi masalah :  
Sifat dan perilaku tanah di lokasi penelitian dan sekitarnya.
- b. Studi literatur  
Studi literatur berfungsi sebagai referensi bagi peneliti untuk mendapatkan informasi tambahan yang berkaitan dan sejenis dengan usulan penelitian ini. Selain itu studi literatur juga dapat memberikan masukan bagi peneliti dalam pengembangan penelitian terkait.
- c. Tahap Pengambilan dan Persiapan Sampel  
Sampel tanah asli diambil dari Desa Puna (DP) pada letak koordinat -9.615740,124.473926 dan Desa Loli (DL) pada koordinat -9.651383,124.504376 dengan kedalaman ±50 cm dari permukaan atas tanah. Sampel tanah ini diambil pada musim kering di bulan Juni 2022..Sampel tanah asli ( tak terganggu ) yang telah diambil langsung diuji, sedangkan sampel tanah terganggu dikeringkan dengan dijemur di bawah terik matahari langsung selama empat hari. Setelah kering sampel tanah dihancurkan dan diayak menggunakan saringan No.4, No.10, dan No.40.
- d. Tahapan Pengujian Utama.  
Dalam tahapan pengujian utama terdapat dua kegiatan yaitu pengujian laboratorium berupa uji sifat fisik dan mekanis tanah.

**Tabel 1.** Jenis Pengujian dan Prosedur Standar

Jenis Pengujian	Prosedur Yang Digunakan
Kadar air	ASTM D 2216-98
Berat Jenis	ASTM D 854-02
Uji Distribusi Ukuran butiran	ASTM D 422-63
Batas-batas atterberg	ASTM D 4318-00
Permeabilitas	ASTM D 2434
Pemadatan Standar Proctor	ASTM D 698-00
Geser Langsung	ASTM D 3080
Kuat tekan bebas	ASTM D 2166

- e. Tahapan Analisis Data  
Pada tahap ini, data uji laboratorium yang telah diperoleh akan dianalisis menggunakan teori – teori mekanika tanah, yang selanjutnya dihubungkan dengan perilaku tanah.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

a. Kadar Air

Pengambilan sampel uji dilakukan dengan metode Undisturb Sample ( Sample tidak terganggu). Untuk pengujian kadar air UDS didapati kadar air asli sebesar 12,76% pada Sampel Uji 1 (DP) dan 32,53% pada sampel uji 2 (DL). Kadar air tanah asli pada sampel tanah DL lebih tinggi dari sampel tanah DP.

b. Batas-Batas Konsistensi Tanah

Batas-batas konsistensi tanah didasarkan pada kadar airnya. Kadar air dinyatakan dalam persen, di mana terjadi transisi dari keadaan padat ke keadaan semi-padat didefinisikan sebagai batas susut (shrinkage limit). Kadar air di mana terjadi transisi dari keadaan semi-padat ke keadaan plastis dinamakan batas plastis (plastic limit), dan dari keadaan plastis ke keadaan cair dinamakan batas cair (liquid limit). Dari pengujian batas-batas konsistensi, diperoleh hasil seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

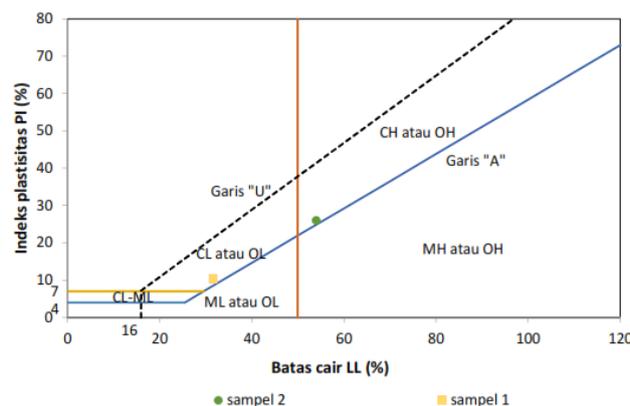
**Tabel 2.** Nilai – Nilai Konsistensi Tanah

Sampel	Batas Cair (%)	Batas Plastis (%)	Batas Susut (%)	Indeks Plastisitas (%)
DP	31,57	21,33	19,50	10,24
DL	53,96	27,97	12,40	25,99

c. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah dilakukan dengan tujuan untuk menentukan jenis tanah serta memperoleh gambaran tentang sifat-sifat tanah. Jenis tanah itu sendiri ada yang berupa pasir, kerikil, lanau atau tanah liat tergantung pada ukuran partikel yang terkandung didalamnya (Das. 2009). Pengujian gradasi butiran tanah yang meliputi pengujian analisis hidrometer dan saringan dilakukan untuk menentukan gradasi butiran tanah pada tanah asli. Dari hasil analisis didapat nilai tanah DP yang lolos ayakan No.200 sebesar 52.87 % dan DL sebesar 89,08%. Grafik hasil pengujian gradasi butiran tanah dapat dilihat pada Gambar 1.

Klasifikasi jenis tanah ditentukan berdasarkan sistem klasifikasi Unified Soil Classification System (USCS) sehingga tanah dikategorikan sebagai tanah berbutir halus karena > 50% tanah lolos ayakan No.200, sedangkan nilai batas cair (*liquid limit*) sampel DP dan DL berturut-turut sebesar 31.57% dan 53,96%. Berdasarkan data tersebut maka sampel tanah DP termasuk dalam jenis tanah berbutir halus karena nilai batas cair < 50 %, dengan simbol CL, ML dan OL. Untuk penentuan jenis tanah didasarkan pada nilai batas cair dan nilai indeks plastisitas yaitu 10.24% yang diplot pada diagram plastisitas seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Penentuan Klasifikasi Tanah Berbutir Halus

Berdasarkan hubungan antara nilai batas cair dan nilai Indeks Plastisitas, maka jenis tanah ini tergolong ke dalam kelompok CL yaitu tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah, sedangkan untuk sampel tanah DL dengan Indeks Plastisitas sebesar 25,99% maka jenis tanah dapat digolongkan kedalam kelompok CH yaitu tanah lempung dengan plastisitas tinggi.

d. Berat Spesifik (Specific gravity)

Berdasarkan prosedur pengujian berat jenis (Specific Gravity) yang dilakukan sesuai dengan ketentuan ASTM D 854-58. Dari pengujian yang telah dilakukan terhadap tanah di kedua lokasi terdiri dari butiran lempung dan sedikit butiran pasir. Hal ini sangat berpengaruh terhadap berat jenis dari tanah asli, dari pengujian yang telah dilakukan mempunyai nilai berat jenis ( $G_s$ ) tanah sampel DP sebesar 2,56 dan sampel DL sebesar 2,68 sehingga tanah termasuk dalam kategori jenis lempung.

e. Permeabilitas Tanah

Pengujian permeabilitas dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah menahan rembesan air yang terjadi. Hasil pengujian di dapat nilai permeabilitas tanah sampel DP sebesar  $9,87 \times 10^{-6}$  cm/detik dan DL sebesar  $1,79 \times 10^{-6}$  cm/detik. Laju permeabilitas yang terjadi pada tanah sangat lambat. Hal ini karena pengaruh dari tekstur tanah yang sangat halus dan memiliki ruang pori yang sangat kecil sehingga peresapan yang terjadi sangat lambat. Berdasarkan hasil uji permeabilitas tanah pada kedua sampel uji, nilai permeabilitasnya masuk dalam kategori tanah lempung.

### 3.2 Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah

a. Uji Pemadatan Proctor Standar

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kadar air optimum dan berat volume kering maksimum adalah pengujian pemadatan Standar Proctor. Berat volume kering maksimum adalah berat tanah pada saat kering tanpa adanya air pada tanah tersebut sedangkan kadar air optimum merupakan kadar air yang paling cocok untuk menghasilkan kepadatan paling maksimum yang diperoleh dari kurva pemadatan.

Berat isi kering maksimum sampel tanah DP sebesar  $1,76 \text{ g/cm}^3$  dan nilai kadar air optimum sebesar 15,88%. Untuk sampel tanah DL berat isi kering maksimum sebesar  $1,36 \text{ g/cm}^3$  dan nilai kadar air optimum sebesar 31,73%. Perbedaan nilai berat isi kering maksimum dan nilai kadar air optimum dipengaruhi oleh banyaknya butiran halus pada sampel uji.

b. Uji Geser Langsung

Nilai kuat geser pada pengujian geser langsung (*Direct Shear Test*) didapat dari hubungan nilai tegangan normal dan tegangan geser tanah. Dari hasil pengujian ini juga di dapatkan nilai kohesi dan sudut geser tanah. Tiap sampel diambil 3 kali pengujian dengan beban yang berbeda untuk mendapatkan nilai sudut geser yang teliti. Dial pembacaan dari hasil uji geser langsung di plot pada grafik hingga didapatkan tegangan geser maksimum. Kemudian tegangan geser maksimum dari pengujian tersebut di plot pada grafik tegangan normal dan tegangan geser ditarik garis linear hingga didapat nilai kohesi dan sudut gesernya.

c. Uji Tekan Bebas

Uji tekan bebas digunakan untuk menentukan kuat geser tanah kohesif. Pemeriksaan kuat tekan bebas dapat dilakukan pada tanah asli atau contoh tanah padat buatan. Kuat tekan bebas adalah tekanan aksial ( $\text{kg/cm}^2$ ) atau ( $\text{kN/m}^2$ ) yang diterapkan diatas benda uji yang berangsur-angsur ditambah sampai benda uji mengalami keruntuhan (Hardiyatmo, 2006). Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bebas pada sampel tanah uji didapat nilai  $q_u$  pada DP sebesar  $0,536 \text{ kg/cm}^2$  sedangkan pada DL sebesar  $1,201 \text{ kg/cm}^2$

### 3.3 Rekapitan Hasil Uji Karakteristik Tanah

Tabel 3 menunjukkan rekapitan sifat fisik dan teknis tanah di lokasi penelitian yang beradda di Kecamatan Polen Kabupaten Timor Tengah Selatan

**Tabel 3.** Karakteristik Tanah Uji

Parameter	Hasil Uji		Satuan
	Sampel 1 (DP)	Sampel 2 (DL)	
<b>A. Sifat-sifat fisik</b>			
Kadar Air	12,76	32,53	%
Berat Isi	1,821	1,814	gr/cm <sup>3</sup>
Berat spesifik (Specific Gravity)	2,56	2,58	%
Batas cair (Liquid Limit)	31,57	53,96	%
Batas plastis (Plastic Limit)	21,33	27,97	%
Batas susut (Shrinkage Limit)	19,50	12,40	%
Indeks plastisitas (Plasticity Index)	10,24	25,99	%
Butiran lolos sarongan No. 200 (butiran halus)	52,87	89,08	%
Permeabilitas	$9,87 \times 10^{-6}$	$1,79 \times 10^{-6}$	cm/ detik
<b>B. Sifat-sifat mekanis</b>			
Kadar air optimum	15,88	31,73	%
Berat volume kering maksimum	1,76	1,36	(gr/cm <sup>3</sup> )
Cohesi (c)	0,21	0,24	(kg/cm <sup>2</sup> )
Sudut Geser ( $\Phi$ )	7,55	3,31	derajat
Qu	0,536	1,201	(kg/cm <sup>2</sup> )

### 3.4 Penilaian sifat fisik dan mekanis tanah terhadap perilaku tanah

Hasil klasifikasi tanah berdasarkan USCS ( *Unified Soil Classification System*) yaitu tanah di Desa Puna (DP) termasuk dalam tanah CL( Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ( *lean clays*) dan tanah dari Desa Loli (DL) termasuk dalam klasifikasi CH (lempung tak organik dengan plastisitas tinggi , lempung gemuk ( *fat clyas*). Berdasarkan klasifikasi AASTHO ( *American Association of State Highway and Transportation Officials*) tanah sampel 1 Desa Puna termasuk dalam kategori A-4 (3) dengan tipe material yang pokok pada umumnya adalah tanah berlanau serta penilaian umum sebagai tanah dasar adalah Sedang. Untuk sampel tanah uji dari Desa Loli, termasuk dalam CH atau klasifikasi A-7-6 (26) berdasarkan metode AASTHO, dengan tipe material yang pokok pada umumnya adalah tanah berlempung serta penilaian umum sebagai tanah dasar adalah Buruk. Nilai batas – batas Atterberg juga dapat memberikan petunjuk perilaku tanah berbutir halus. Kekuatan tanah lempung sangat dipengaruhi oleh nilai kohesi. Nilai kohesi berhubungan dengan nilai Indeks Plastisitas, dimana semakin besar nilai IP maka kohesi semakin besar ( Putri. S,et al, 2016). Nilai IP yang tinggi maka tanah mengandung lebih banyak lempung, sebaliknya nilai IP rendah maka tanah mengandung lebih banyak lanau. Nilai IP pada tanah DL sebesar 25,99% > 17% maka mempunyai plastisitas tinggi. Terdapat hubungan empiris antara indeks plastisitas dengan potensi pengembangan. IP sebesar 25,99% termasuk dalam kategori potensi pengembangan tinggi karena berada pada rentang 20-55 (%) ( Chen.F.H, 1975). Untuk sampel tanah DP termasuk dalam plastisitas sedang dengan IP sebesar 10,24%, serta potensi pengembangan rendah dalam rentang 0-15 (%).

Ditinjau dari nilai batas cair (LL) , maka sampel tanah DL mempunyai LL yang sangat tinggi sebesar 53,96% sedangkan tanah DP mempunyai nilai LL sebesar 31,57%. Peningkatan persentase batas cair dapat menyebabkan potensi kelongsoran yang tinggi (Patandung.T, et al. 2020) Peningkatan rata rata persentase batas cair tanah menunjukkan bahwa persentase akumulasi liat di daerah longsor lebih tinggi daripada daerah tidak longsor. Hal ini didukung oleh pendapat Wesley (1977), bahwa tanah dengan batas cair yang tinggi biasanya memiliki daya dukung tanah yang buruk

seperti kekuatan tanah rendah serta kompresibilitas yang tinggi. Tetapi kelongsoran juga dapat terjadi karena penyerapan air oleh tanah dengan kandungan bahan organik. ( Ahmad et al. 2018).

Hasil pengujian permeabilitas diketahui bahwa nilai permeabilitas pada sampel 1 Desa Puna sebesar  $9,87 \times 10^{-6}$  cm/det serta nilai permeabilitas pada sampel 2 Desa Loli adalah sebesar  $1,79 \times 10^{-6}$  cm/detik. Dari perbandingan nilai permeabilitas diketahui bahwa sampel 2 yaitu tanah dari Desa Loli lebih kedap air dibandingkan dengan tanah dari desa Puna. Jika dihubungkan dengan klasifikasi tanah maka tanah CH mempunyai tingkat kekedapan air lebih besar dari tanah CL, sehingga perlu penelitian lanjutan untuk digunakan sebagai material inti bendungan urugan homogen. Jika dihubungkan dengan kerawanan longsor maka menurut Kim S.K et al.(2020 ), menyatakan perkiraan persamaan regresi permeabilitas dan kekuatan geser tanah terhadap factor pemicu longsoran. Hasilnya menyatakan bahwa koefisien permeabilitas memberikan hubungan yang signifikan terhadap rasio pori, koefisien keseragaman dan ukuran butir efektif, sedangkan kuat geser berkorelasi dengan proporsi butiran halus, koefisien keseragaman, derajat kejenuhan, berat volume kering serta rasio pori. Untuk karakteristik pemadatan, tanah lempung dengan plastisitas tinggi cenderung mempunyai kepadatan kering maksimum lebih rendah pada kadar air optimum yang lebih tinggi dari lempung berplastisitas rendah berdasarkan uji pemadatan Standar Proctor. Sampel tanah DL memiliki kepadatan kering maksimum  $1,36 \text{ gr/cm}^3$  pada kadar air optimum 31,73%, sedangkan sampel tanah DP memiliki kepadatan kering maksimum lebih tinggi yaitu  $1,76 \text{ gr/cm}^3$  pada kadar air yang lebih rendah yaitu 15,88%. Tanah dari Desa Loli merupakan tanah lempung berplastisitas tinggi sehingga nilai kepadatan kering maksimumnya lebih rendah dari tanah dari Desa Puna yang merupakan tanah lempung berplastisitas rendah. Jika dihubungkan langsung dengan persentase butiran halus maka peningkatan persentase butir halus akan meningkatkan kadar air optimum dan menurunkan nilai kepadatan maksimum (Putri.C.A. 2018).

Untuk parameter kekuatan geser tanah, nilai kohesi untuk kedua sampel tanah tidak jauh berbeda karena sama-sama merupakan tanah lempung, sedangkan untuk parameter sudut geser dalam tanah nilai pada sampel 2 Desa Loli lebih kecil dibandingkan dengan sampel 1 karena tanah pada Desa Loli merupakan tanah lempung berplastisitas tinggi, sedangkan sampel 2 merupakan tanah lempung berplastisitas rendah. Nilai kohesif tidak meningkat seiring penambahan beban ataupun tekanan intergranulat dalam tanah. Untuk nilai kohesif, umumnya makin keras tanahnya semakin tinggi nilai kohesifnya. Untuk tanah lempung berlanau atau lempung berpasir memiliki kombinasi dari sifat kohesi dan kuat geser. Kuat tekan bebas adalah nilai tegangan aksial pada kekuatan maksimum yang dapat ditopang oleh suatu benda sebelum mengalami kerusakan yang disebabkan oleh gaya tekan. Untuk nilai daya dukung tanah ( $q_u$ ) menunjukkan hasil bahwa sampel tanah DL yang merupakan tanah CH lebih tinggi 55,37% dari tanah CL. Perbedaan besaran nilai ini dipengaruhi oleh sifat kohesif dari tanah CH yang mempunyai plastisitas lebih tinggi dibanding tanah CL. Jika dihubungkan dengan konsistensi tanah lempung, maka tanah CH yaitu sampel tanah DL termasuk dalam lempung Kaku sedangkan tanah CL yaitu sampel tanah DP berupa lempung Sedang (Hardiyatmo, 2002).

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang karakteristik tanah di Kecamatan Polen Kabupaten Timor Tengah Selatan maka dapat diklasifikasikan menurut karakteristik fisik yaitu tanah pada lokasi pengambilan sampel di Desa Puna (DP) merupakan tanah lempung berplastisitas rendah yaitu CL berdasarkan metode USCS serta A-4 menurut AASTHO dengan penilaian Sedang sebagai tanah dasar perkerasan jalan dengan potensi pengembangan yang rendah. Untuk tanah di Desa Loli (DL) masuk dalam kategori tanah lempung berplastisitas tinggi CH atau A-7-6, yaitu Buruk sebagai tanah dasar perkerasan jalan dengan potensi pengembangan tinggi berdasarkan nilai indeks plastisitasnya. Ditinjau terhadap potensi longsor maka sampel tanah DL dengan nilai batas cair yang tinggi memiliki potensi longsor yang tinggi, tetapi juga perlu memperhatikan faktor-faktor penyebab longsor lainnya. Berdasarkan karakteristik mekanisnya, dapat dikatakan peningkatan persentase butir halus akan meningkatkan kadar air optimum dan menurunkan nilai kepadatan kering maksimum. Selain

itu diperoleh bahwa kekuatan geser tanah lempung dipengaruhi oleh kohesifitas tanah dimana hasil yang diperoleh sampel tanah DL mempunyai nilai kohesi lebih tinggi (uji geser langsung maupun uji tekan bebas ) dari pada sampel tanah DP, tetapi mempunyai nilai sudut geser dalam yang lebih rendah. Untuk tanah CL yaitu sampel tanah DP sendiri memiliki kombinasi kuat geser dari kohesi dan sudut geser dalam. Secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa tanah didominasi oleh fraksi lempung sehingga menurunkan nilai permeabilitas, meningkatkan batas cair serta nilai indeks plastisitas , meningkatkan kadar air optimum dan menurunkan nilai kepadatan maksimum sehingga dapat menurunkan kekuatan tanah seperti daya dukung yang buruk serta kompresibilitas yang tinggi.

### Daftar Pustaka

- Ahmad, Asmita et al. 2018. "Identification of Soil Characteristic on North Toraja Landslide , Indonesia." *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences* 13(21). [www.arpnjournals.com](http://www.arpnjournals.com).
- ASTM. 1980. Annual Books Of ASTM Standards. American Society For Testing Material. Philadelphia
- Chen, Fu Hua. 1975. 12 Developments in Geotechnical Engineering *Foundations On Expansive Soils*.
- Das, B.M. 2009. *Mekanika Tanah Jilid 1.*, Erlangga, Surabaya
- Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah Jilid 1*. Gama Press.
- Kim, Kyeong Su, Man Il Kim, Moon Se Lee, and Eui Soon Hwang. 2020. "Regression Equations for Estimating Landslide-Triggering Factors Using Soil Characteristics." *Applied Sciences (Switzerland)* 10(10).
- Office, U.S Government Printing. 1990. "United States Department of Agriculture Soil Conservation Sewice Engineering Field Manual Chapter 4. Elementary Soil Use Bookmarks and Buttons to Navigate Use Bookmarks and Buttons to Navigate Contents." In U.S Government Printing Office.
- Patandung, Tania, and Asmita Ahmad. 2020. "Sifat Fisik Tanah Yang Memengaruhi Kejadian Longsor Di Makale Selatan (The Physical Properties of Soil That Affected the Landslide Event in South Makale)." *Jurnal Ecosolum* 9(2).
- Putri, Christy Anandha. 2018. "Pengaruh Material Butir Halus Terhadap Tingkat Kepadatan Campuran Material Residual (The Effects of Fine Grained to a Density of a Residual Material Mixtures)." *J.Infras* 4(2): 113–18.
- Putri E.S, Puspita R.N, Muhrozi, Indrastono, D.A. 2016. "Hubungan Kuat Geser Dengan Plastisitas , Fraksi Tanah Dan Mineral Tanah Lempung Daerah Bendungan Gunung Rowo Dan Tol Jatingaleh -Krapyak Km 5+525." *Jurnal Karya Teknik Sipil* 5(1). <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>.