

**ANALISIS NILAI PARAMETER KUAT GESER TANAH LEMPUNG  
ORGANIK AKIBAT PERUBAHAN KADAR AIR DI SEKITAR  
UNDERPASS DI DESA KEBOCORAN  
ANALYSIS OF SHEAR STRENGTH PARAMETER VALUES OF  
ORGANIC CLAY SOILS DUE TO CHANGES IN WATER CONTENT  
AROUND THE UNDERPASS IN KEBOCORAN VILLAGE**

**Ary Sismiani<sup>1</sup>, Iwan Rustendi<sup>2</sup>, Citra Pradipta Hudoyo<sup>3</sup>**

Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Wijayakusuma Purwokerto

Fakultas Teknik, Universitas Wijayakusuma Purwokerto

---

**Informasi Makalah**

Dikirim, 24 Maret 2023

Direvisi, 15 April 2024

Diterima, 21 April 2024

---

**Kata Kunci:**

Underpass, Kohesi, Sudut Gesek Internal

---

**Keyword:**

*Underpass, Cohesion, Internal Friction Angle*

---

**INTISARI**

Underpass Kebocoran merupakan salah satu dari sejumlah lokasi kritis di Kabupaten Banyumas yang dilalui oleh jalur kereta api. Struktur tebing yang muncul sebagai hasil dari penggalian untuk underpass telah mengalami beberapa insiden kelongsoran yang menyebabkan runtuhnya dinding penahan tanah, terutama saat musim hujan. Terkait dengan kondisi ini, tim peneliti bermaksud untuk menjalankan penelitian guna mengeksplorasi dampak kadar air terhadap kekuatan geser tanah di lokasi tersebut. Berdasarkan klasifikasi USCS, tanah termasuk dalam kategori MH-OH, dan berdasarkan klasifikasi AASHTO tanah termasuk pada jenis A-7-5, merupakan tanah lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi. Parameter kuat geser tanah (nilai kohesi dan sudut gesek internal) sangat dipengaruhi oleh kondisi kadar air. Pada kadar air 14.86% nilai kohesi adalah 0.29 kg/cm<sup>2</sup> mengalami peningkatan pada kadar air 24.98% menjadi 0.31 kg/cm<sup>2</sup>, demikian juga selanjutnya mengalami peningkatan pada kadar air 34.97% yaitu 0.35 kg/cm<sup>2</sup>, sampai dengan 0.38 kg/cm<sup>2</sup> pada kadar air 50.05%. Sedangkan untuk nilai sudut gesek internal makin besar kadar air akan makin kecil nilai  $\phi$  nya, yaitu: (w = 14.86%;  $\phi$  = 22.68°), (w = 24.98%;  $\phi$  = 21.16°), (w = 34.97%;  $\phi$  = 19.38°), (w = 44.91%;  $\phi$  = 18.47°), (w = 50.05%;  $\phi$  = 17.56°).

---

**ABSTRACT**

The Leaking Underpass is one of several critical locations in Banyumas Regency traversed by the railway line. The cliff structure emerging as a result of excavation for the underpass has experienced several landslide incidents leading to the collapse of retaining walls, particularly during the rainy season. In light of this condition, the research team intends to conduct a study to explore the impact of water content on the shear strength of the soil at the site. Based on the USCS classification, the soil falls into the MH-OH category, and according to the AASHTO classification, it belongs to the A-7-5 type, characterized as organic clay with moderate to high plasticity. Soil shear strength parameters (cohesion and internal friction angle) are highly influenced by water content. At a water content of 14.86%, the cohesion value is 0.29 kg/cm<sup>2</sup>, increasing to 0.31 kg/cm<sup>2</sup> at a water content of 24.98%, and further increasing to 0.35 kg/cm<sup>2</sup> at a water content of 34.97%, up to 0.38 kg/cm<sup>2</sup> at a water content of 50.05%. Meanwhile, the internal friction angle decreases as the water content increases, with values as follows: (w = 14.86%;  $\phi$  = 22.68°), (w = 24.98%;  $\phi$  = 21.16°), (w = 34.97%;  $\phi$  = 19.38°), (w = 44.91%;  $\phi$  = 18.47°), (w = 50.05%;  $\phi$  = 17.56°).

**Korespondensi Penulis:**

Ary Sismiani  
 Program Studi Teknik Sipil  
 Universitas Wijaya Kusuma Purwokerto  
 JL. Raya Beji Karangsalam Purwokerto, 53152  
 Email : arysismiani@gmail.com

**1. PENDAHULUAN**

Tanah dasar yang bertugas menopang beban di atasnya harus memiliki kemampuan dukung yang optimal. Oleh karena itu, jika kondisi tanah tersebut tidak baik, hal ini dapat berdampak negatif pada struktur konstruksi di atasnya [1]. Tanah memiliki peran yang sangat penting dalam pekerjaan konstruksi, oleh karena itu, penting untuk mengetahui sifat fisik dan mekanisnya yang memadai [2]. Gerakan tanah, seperti longsor, memiliki kesamaan karakteristik. Gerakan tanah merujuk pada perpindahan massa tanah atau batu dalam berbagai arah, termasuk tegak, mendatar, atau miring dari posisi semula. Ini mencakup gerakan rayapan, aliran, dan juga longoran. Dalam definisi gerakan tanah, dapat disimpulkan bahwa longoran merupakan bagian integral dari fenomena tersebut [3]. Gerakan tanah menjadi konsekuensi dari dinamika alam yang berusaha mencapai kondisi baru akibat ketidakseimbangan lereng yang dapat disebabkan oleh faktor alamiah maupun aktivitas manusia [4]. Tanah longsor juga dapat diartikan sebagai bentuk erosi di mana terjadi pergerakan massa tanah dalam volume yang signifikan. Penggunaan istilah tanah longsor untuk merujuk pada semua jenis gerakan tanah [5]. Proses geologi ini dipengaruhi oleh interaksi berbagai kondisi, termasuk geomorfologi, struktur geologi, hidrogeologi, dan tata guna lahan, yang bersama-sama menciptakan kondisi lereng yang rentan terhadap pergerakan [6].

Umumnya, peneliti mengelompokkan jenis longoran berdasarkan karakteristik gerakan materialnya. Klasifikasi yang disajikan mengikuti kerangka kerja dengan fokus pada [5]:

- a. Penampilan material,
- b. Kecepatan perpindahan material,
- c. Struktur massa yang bergerak, dan
- d. Jenis material dan gerakannya.

Berdasarkan definisi dan klasifikasi, longoran dapat disimpulkan bahwa gerakan tanah (*mass movement*) merujuk pada perpindahan atau pergerakan lereng dari bagian atas, melibatkan perpindahan massa tanah atau batu dalam arah tegak, mendatar, atau miring dari posisi semula [7].

Untuk menilai keterkaitan antara kadar air dan berat volume, serta untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi standar kepadatan, uji pemadatan umumnya dilakukan. Tercatat bahwa terdapat hubungan pasti antara kadar air dan berat volume kering tanah padat [8]. Secara umum, berbagai jenis tanah memiliki nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimumnya. Berat volume kering setelah pemadatan dipengaruhi oleh jenis tanah, kadar air, dan usaha yang diterapkan pada alat penumbuknya [9].

Dalam konteks keruntuhan geser tanah, hal ini disebabkan oleh pergerakan relatif antara butiran, bukan oleh kehancuran butiran itu sendiri. Oleh karena itu, kekuatan tanah terkait dengan gaya-gaya yang berlaku di antara butiran tersebut. Kekuatan geser tanah dianggap terdiri dari dua komponen utama:

- a. Komponen kohesif ( $c'$ ), bergantung pada jenis tanah, kepadatan butiran, dan ikatan antar butiran. Nilainya dapat dianggap tetap untuk suatu jenis tanah tertentu.
- b. Komponen gesekan, sebanding dengan tegangan efektif pada bidang geser.

Maka dari itu, kekuatan geser tanah dinyatakan dengan rumus berikut ini [10].

$$s = c' + (\sigma - u) \tan \phi' \text{ atau } s = c' + \sigma' \tan \phi'$$

Keterangan:

$s$  = kekuatan geser atau perlawanan geser

$\sigma$  = tegangan normal total pada bidang geser

$u$  = tekanan air pori pada bidang geser

$\sigma'$  = tegangan normal efektif pada bidang geser

$c'$  = kohesi menurut keadaan tegangan efektif

$\phi'$  = sudut menurut keadaan tegangan efektif

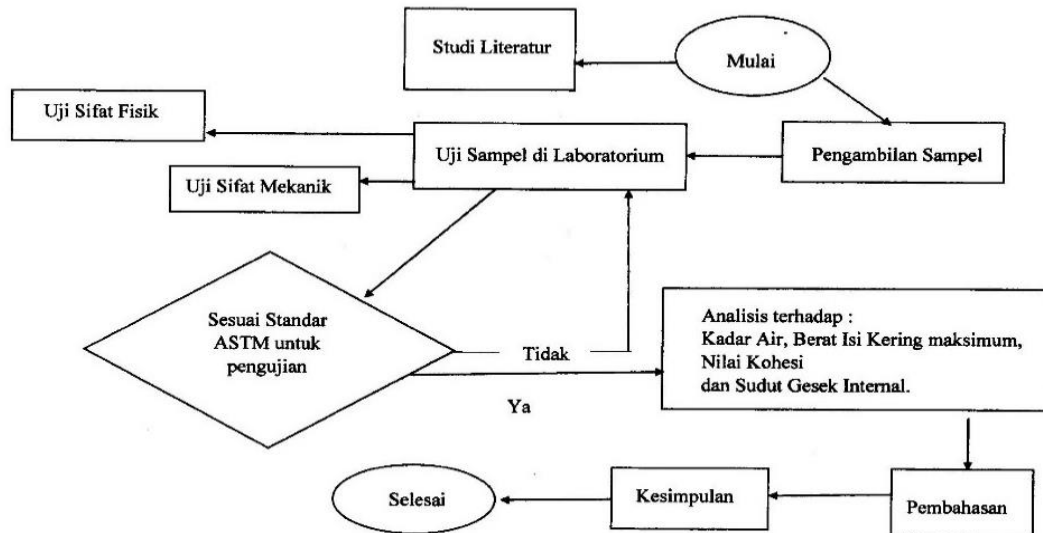
Jika tanah dibebani, maka akan mengakibatkan tegangan geser. Apabila tegangan geser akan mencapai harga batas, maka massa tanah akan mengalami deformasi dan cenderung akan runtuh [11].

Dalam penelitian ini yang digunakan untuk menentukan kuat geser tanah adalah uji geser langsung (*Direct shear test*) sebagai uji kuat geser dilaboratorium. Uji kuat geser ini dilakukan untuk mendapatkan parameter kuat geser, tegangan normal dan kohesi tanah. Tim peneliti bermaksud untuk menjalankan penelitian guna mengeksplorasi dampak kadar air terhadap kekuatan geser tanah di lokasi tersebut.

## 2. METODE

### 2.1. Prosedur Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, tahapan yang dilakukan adalah tahap persiapan, uji laboratorium, perhitungan hasil dan pembahasan, serta kesimpulan. Diagram Alir Penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 2.2. Tahap Persiapan

Tahap persiapan dilakukan dengan pengambilan sampel tanah lempung di lokasi.

### 2.3. Uji Laboratorium

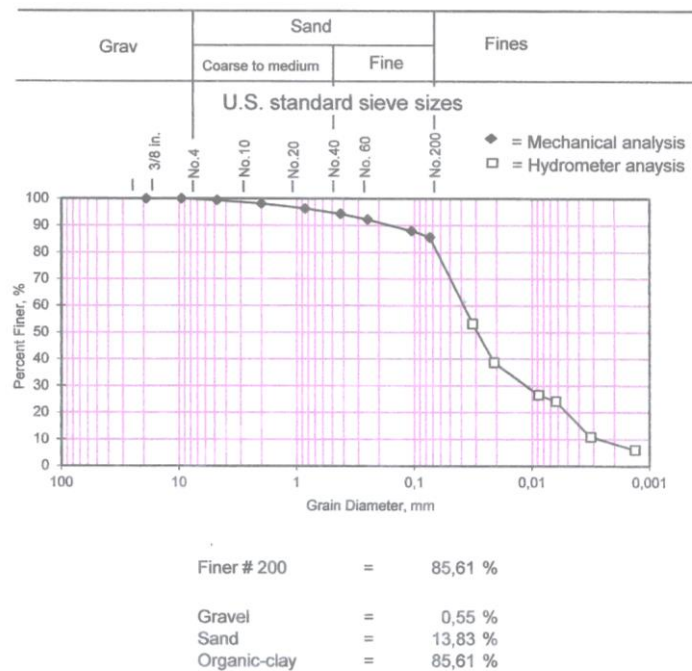
Pada tahap ini uji yang dilakukan adalah: uji kadar air, untuk mengetahui banyaknya kandungan air dalam tanah, uji gravitas khusus, uji batas Atterberg, untuk mengetahui batas cair (*LL*), batas plastis (*PL*), indeks plastisitas (*PI*) serta batas susut, analisis saringan dan hidrometer, uji Proctor standar, dan uji geser langsung, untuk mengetahui nilai parameter kuat geser tanah. Alat yang digunakan berstandar AASHTO T236-72 [12] dan ASTM D-3080-89 [13], sesuai SNI 03-3420-1994 [14].

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan klasifikasi tanah adalah hal pertama yang harus dilakukan dalam menentukan sifat fisik dan mekanika tanah, yaitu dengan uji distribusi ukuran butir terhadap tanah tersebut (Gambar 2). Butiran tanah yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) sebesar 85,61% > 50%, bila dihubungkan dengan nilai batas cair (*LL*) sebesar 58,45%, serta nilai indeks plastisitas (*PI*) sebesar 13,34%, maka menurut Unified Soil Classification System (USCS) tanah asli tersebut termasuk pada kelompok MH-OH. Menurut Tabel klasifikasi tanah, MH-OH adalah jenis lanau elastis-lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi. Tanah asli termasuk dalam klasifikasi kelompok A-7-5, yaitu tanah lanau berlempung sedang sampai buruk dengan kadar air 47.53% [12]. Hasil Uji Sifat Fisis dan Klasifikasi tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Sifat fisis dan klasifikasi tanah

No	Parameter	Hasil	No	Parameter	Hasil
1	Kadar air, <i>w</i>	47.53%	6	Batas cair, <i>LL</i>	58,45%
2	Gravitas khusus, <i>G<sub>s</sub></i>	2.60	7	Indeks plastisitas, <i>IP</i>	13,34%
3	<i>Gravel</i>	0.55%	8	Batas susut, <i>SL</i>	17,28%
4	<i>Sand</i>	13.83%	9	Klasifikasi tanah:	A-7-5
				AASHTO	
5	<i>Finer#200</i>	85.61%	10	USCS	MH-OH

Specific Gravity 2,60Description of soil : Lempung Organik

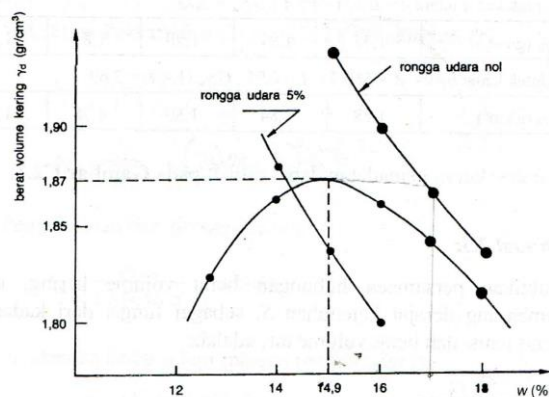
Gambar 2. Distribusi Ukuran Butir

### 3.1. Kepadatan Tanah

Hasil uji pemadatan *Proctor standard* dapat dilihat pada Gambar 3. Pada uji pemadatan Proctor Standar dengan lima kondisi kadar air dan berat isi kering sebagai berikut:  $w = 26,95\%$ ,  $26,23\%$ ,  $31,46\%$ ,  $35,57\%$ ,  $35,64\%$  dan  $\gamma_d = 1,496 \text{ gr/cm}^3$ ,  $1,544$ ,  $1,416 \text{ gr/cm}^3$ ,  $1,420 \text{ gr/cm}^3$ ,  $1,399 \text{ gr/cm}^3$ . Berat isi kering maksimum ( $\gamma_{dmaks}$ ) =  $1,544 \text{ gr/cm}^3$  berada pada kondisi kadar air ( $w_{opt}$ ) =  $26,23\%$ .

### 3.2. Pengaruh Kadar Air terhadap Parameter Kuat Geser Tanah.

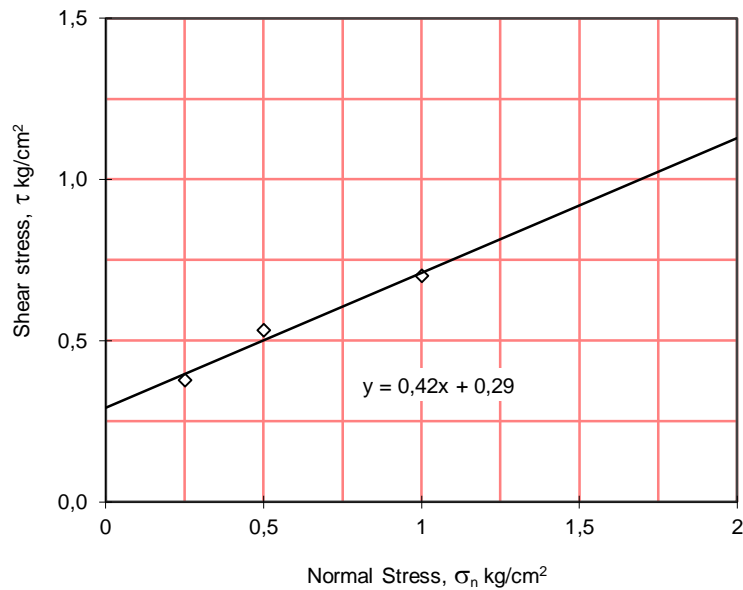
Menurut teori Mohr, kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya [15]. Uji geser langsung dilakukan pada kondisi Unconsolidated Undrained pada berbagai variasi kadar air ( $w$ ), yaitu  $15\%$ ,  $25\%$ ,  $35\%$ ,  $45\%$  dan  $50\%$ . Hasil Uji geser langsung dapat dilihat pada Gambar 4, 5, 6, 7 dan 8.



Gambar 3. Hasil Uji Proctor Standar

Tabel 2. Hasil Uji Geser Langsung Tanah Pada Kadar Air 14.86%

Test condition : UU/CU/CD		1	2	3
Specimen no.				
Mass of soil + ring	g	<b>40,00</b>	<b>34,10</b>	<b>35,00</b>
Mass of ring	g	<b>10,42</b>	<b>8,51</b>	<b>10,50</b>
Mass of soil	g	29,58	25,59	24,50
Initial water content	w <sub>N</sub> (%)		<b>14,86</b>	
Bulk density	g <sub>b</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	0,47	0,40	0,39
Dry density	g <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	0,41	0,35	0,34
Final water content	w <sub>N</sub> (%)		<b>14,86</b>	
Normal stress	s <sub>n</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	0,25	0,50	1,00
Shear stress at failure	t (kg/cm <sup>2</sup> )	0,38	0,53	0,70
Shear displacement at failure	d <sub>h</sub> (%)	15,86	15,86	11,69

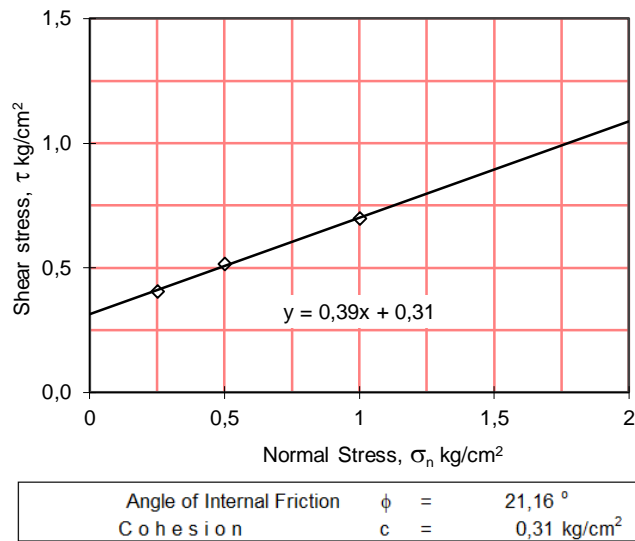


Angle of Internal Friction	$\phi$	=	22,68 °
Cohesion	c	=	0,29 kg/cm <sup>2</sup>

Gambar 4. Grafik Hasil Perhitungan Parameter Kuat Geser Tanah Pada Kadar Air 14.86%

Tabel 3. Hasil Uji Geser Langsung Tanah Pada Kadar Air 24.98%

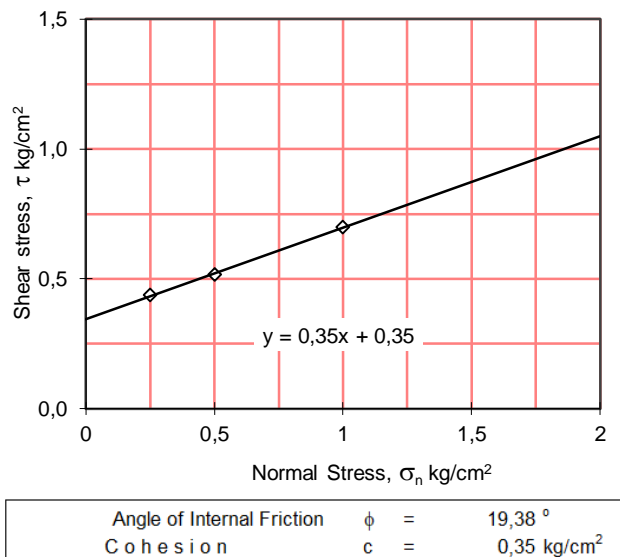
Test condition : UU/CU/CD		1	2	3
Specimen no.				
Mass of soil + ring	g	<b>41,55</b>	35,20	35,20
Mass of ring	g	<b>10,44</b>	9,55	10,60
Mass of soil	g	31,11	25,65	24,60
Initial water content	w <sub>N</sub> (%)		<b>24,98</b>	
Bulk density	g <sub>b</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	0,49	0,40	0,39
Dry density	g <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	0,39	0,32	0,31
Final water content	w <sub>N</sub> (%)		<b>24,98</b>	
Normal stress	s <sub>n</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	0,25	0,50	1,00
Shear stress at failure	t (kg/cm <sup>2</sup> )	0,41	0,51	0,70
Shear displacement at failure	d <sub>h</sub> (%)	15,02	14,19	11,69



Gambar 5. Grafik Hasil Perhitungan Parameter Kuat Geser Tanah Pada Kadar Air 24.98%

Tabel 4. Hasil Uji Geser Langsung Tanah Pada Kadar Air 34.97%

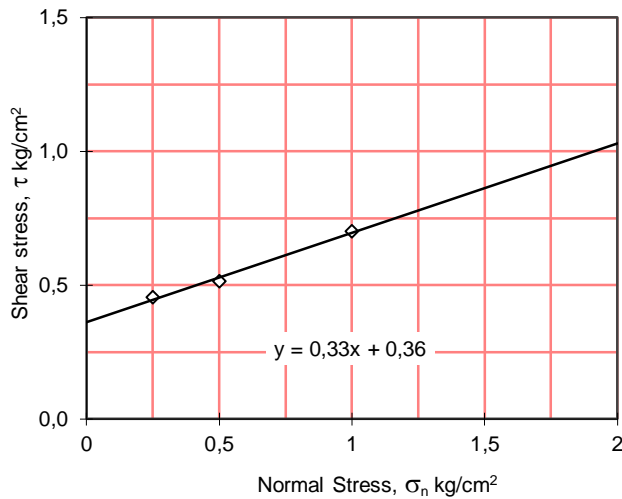
Test condition : UU/CU/CD		1	2	3
Specimen no.				
Mass of soil + ring	g	<b>41,55</b>	35,20	35,20
Mass of ring	g	<b>10,44</b>	9,55	10,60
Mass of soil	g	31,11	25,65	24,60
Initial water content	w <sub>N</sub> (%)		<b>24,98</b>	
Bulk density	g <sub>b</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	0,49	0,40	0,39
Dry density	g <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	0,39	0,32	0,31
Final water content	w <sub>N</sub> (%)		<b>24,98</b>	
Normal stress	s <sub>n</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	0,25	0,50	1,00
Shear stress at failure	t (kg/cm <sup>2</sup> )	0,41	0,51	0,70
Shear displacement at failure	d <sub>h</sub> (%)	15,02	14,19	11,69



Gambar 6. Grafik Hasil Perhitungan Parameter Kuat Geser Tanah Pada Kadar Air 34.97%

Tabel 5. Hasil Uji Geser Langsung Tanah Pada Kadar Air 44.91%

Test condition : <i>UU/CU/CD</i>				
Specimen no.		1	2	3
Mass of soil + ring	g	34,65	35,40	35,52
Mass of ring	g	10,50	10,35	10,60
Mass of soil	g	24,15	25,05	24,92
Initial water content	w <sub>N</sub> (%)	<b>44,91</b>		
Bulk density	g <sub>b</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	0,38	0,40	0,39
Dry density	g <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	0,26	0,27	0,27
Final water content	w <sub>N</sub> (%)	<b>44,91</b>		
Normal stress	s <sub>n</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	0,25	0,50	1,00
Shear stress at failure	t (kg/cm <sup>2</sup> )	0,45	0,51	0,70
Shear displacement at failure	d <sub>h</sub> (%)	15,02	14,19	11,69

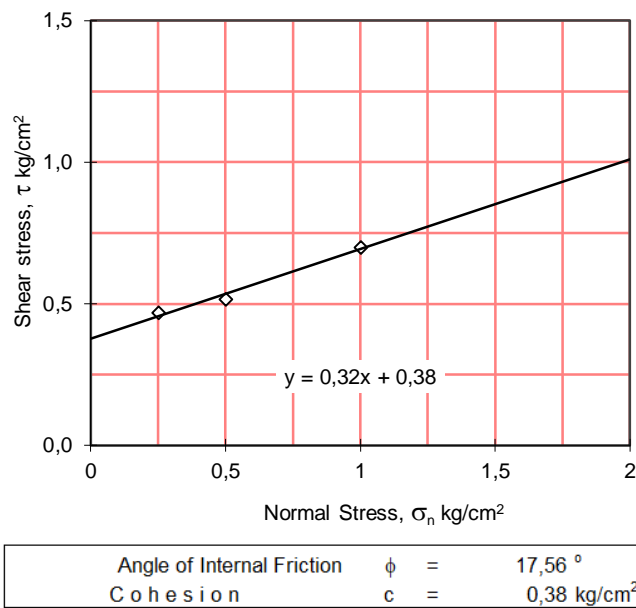


Angle of Internal Friction	φ	=	18,47 °
Cohesion	c	=	0,36 kg/cm <sup>2</sup>

Gambar 6. Grafik Hasil Perhitungan Parameter Kuat Geser Tanah Pada Kadar Air 44.91%

Tabel 6. Hasil Uji Geser Langsung Tanah Pada Kadar Air 50.05%

Test condition : <i>UU/CU/CD</i>				
Specimen no.		1	2	3
Mass of soil + ring	g	34,67	35,53	35,32
Mass of ring	g	10,40	10,25	10,70
Mass of soil	g	24,27	25,28	24,62
Initial water content	w <sub>N</sub> (%)	<b>50,05</b>		
Bulk density	g <sub>b</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	0,38	0,40	0,39
Dry density	g <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	0,26	0,27	0,27
Final water content	w <sub>N</sub> (%)	<b>50,05</b>		
Normal stress	s <sub>n</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	0,25	0,50	1,00
Shear stress at failure	t (kg/cm <sup>2</sup> )	0,47	0,51	0,70
Shear displacement at failure	d <sub>h</sub> (%)	15,86	14,19	11,69



Gambar 6. Grafik Hasil Perhitungan Parameter Kuat Geser Tanah Pada Kadar Air 50.05%

Gambar 4 menunjukkan hasil perhitungan parameter kuat geser tanah pada kadar air 14.86% menghasilkan nilai sudut gesek internal 22.68° nilai kohesi 0.29. Gambar 5 memperlihatkan nilai sudut gesek internal 21.16° nilai kohesi 0.31 (pada kadar air 24.98%). Gambar 6 hasil uji dengan kadar air 34.97% menghasilkan sudut gesek internal 19.38° nilai kohesi 0.35. Gambar 7 dengan kadar air 44.91% menghasilkan sudut gesek internal 18.47° nilai kohesi 0.36. Gambar 8 dengan kadar air 50.05% menghasilkan sudut gesek internal 17.56° nilai kohesi 0.38.

Hasil Uji Geser langsung dengan lima kondisi kadar air dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Hasil Uji Geser Langsung pada berbagai variasi kadar air

No	Kadar Air W (%)	Sudut Gesek Internal, $\theta$ (°)	Kohesi c (Kg/cm <sup>2</sup> )	No	Kadar Air W (%)	Sudut Gesek Internal, $\theta$ (°)	Kohesi c (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	14.86	22.68	0.29	4	44.91	18.47	0.36
2	24.98	21.16	0.31	5	50.05	17.56	0.38
3	34.97	19.38	0.35				

Tabel 2, menunjukkan bahwa nilai sudut gesek internal mengalami penurunan sejalan dengan kenaikan kadar air, yang juga disebabkan hubungan nilai koefisien friksi berbanding lurus dengan nilai  $\phi$ ,  $f = \text{tg } \phi$ . Berkurangnya nilai koefisien friksi ini akan menyebabkan meningkatnya nilai  $\phi$  [16]. Sedangkan nilai kohesi mengalami kenaikan pada setiap perubahan kadar air, yaitu dari 0.29 sampai dengan 0.38 kg/cm<sup>2</sup>, yang disebabkan karena fungsi lekatan pada sifat *organic-clay*, yaitu partikel-partikelnya yang semakin plastis dengan kenaikan kadar air.

Tabel 8. Nilai Tegangan Geser Maksimum pada lima kondisi kadar air (14.86%, 24.98%, 34.97%, 44.91%, 50.05%)

$\sigma_n$ Kg/cm <sup>2</sup>	Tegangan Geser Maksimum				
	w <sub>1</sub>	w <sub>2</sub>	w <sub>3</sub>	w <sub>4</sub>	w <sub>5</sub>
0,25	0.38	0.41	0.44	0.45	0.47
0,50	0.53	0.51	0.51	0.51	0.51
1,00	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut. Berdasarkan klasifikasi USCS, tanah termasuk dalam kategori MH-OH, dan berdasarkan klasifikasi AASHTO T236-72 tanah termasuk pada jenis A-7-5, merupakan tanah lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi (lanau lempung).

Parameter kuat geser tanah (nilai kohesi dan sudut gesek internal) sangat dipengaruhi oleh kondisi kadar air. Pada kadar air 14.86% nilai kohesi adalah 0.29 kg/cm<sup>2</sup> dan mengalami peningkatan pada kadar air 24.98% menjadi 0.31 kg/cm<sup>2</sup>, demikian juga selanjutnya mengalami peningkatan pada kadar air 34.97% yaitu menjadi 0.35 kg/cm<sup>2</sup>. Sampai dengan 0.38 kg/cm<sup>2</sup> pada kadar air 50.05%. Sedangkan untuk nilai sudut gesek internal makin besar kadar air akan makin kecil nilai  $\phi$  nya, yaitu: ( $w = 14.86\%$  ;  $\phi = 22.68^\circ$ ), ( $w = 24.98\%$  ;  $\phi = 21.16^\circ$ ), ( $w = 34.97\%$  ;  $\phi = 19.38^\circ$ ), ( $w = 44.91\%$  ;  $\phi = 18.47^\circ$ ), ( $w = 50.05\%$  ;  $\phi = 17.56^\circ$ ). Tegangan geser mengalami kenaikan pada setiap kenaikan kadar air di pembebanan 0.25 kg/cm<sup>2</sup> dan penurunan pada pembebanan 0.5 kg/cm<sup>2</sup> dan pembebanan 1 kg/cm<sup>2</sup>.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Rektor dan Ketua Lembaga Pengabdian Pada Masyarakat Universitas Wijayakusuma Purwokerto atas segala dukungannya, serta kepada Tim Redaksi Majalah Jurnal Techno Universitas Muhammadiyah Purwokerto, yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk mempublikasikan hasil penelitian yang telah dilakukan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ningrum P, Husnah, Mubarak H, and Restu A, "Pengaruh Penambahan Abu Tandan Sawit Pada Tanah Lempung Berdasarkan Nilai Kuat Geser," *Jurnal APTEK*, vol. 14, no. 1, pp. 6–12, 2020.
- [2] Pratama DP and Gofar N, "Pengaruh Kandungan Lempung Terhadap Kuat Geser Tanah Menggunakan Uji Geser Langsung," *Prosiding Konferensi Bina Darma*, pp. 961–971, 2021.
- [3] D. Pangular, *Petunjuk Penyelidikan & Penanggulangan Gerakan Tanah*. Jakarta, Indonesia: Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Balitbang Departemen Pekerjaan Umum, 1985.
- [4] K. B. Suryolelono, *Konsep dan Analisa Penanggulangan Bahaya Tanah Longsor*. Yogyakarta: KMTS UGM, 2001.
- [5] D. J. Varnes, "Slope Movement types and Processes - Special Report," Washington D.C., 1978.
- [6] D. Karnawati, "Bencana Alam Gerakan Tanah Indonesia Tahun 2000 (Evaluasi dan Rekomendasi)," Yogyakarta, 2001.
- [7] M. J. Hansen, *Strategies for Classification of Landslides*. New York, USA: John Wiley & Sons, 1984.
- [8] Hari Christady Hardiyatmo, *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2002.
- [9] Syafruddin, "Hubungan Teoritis Antara Berat Isi Kering Dan Kadar Air Untuk Menentukan Kepadatan Relatif," *Info Teknik*, pp. 142–150, 2007.
- [10] Wesley L.D, *Mekanika Tanah*, Baru. Yogyakarta: CV. Andi Offset, 2017.
- [11] Soedarmo G Djatmiko and Purnomo SJE, *Mekanika Tanah 2*. Yogyakarta: Kanisius, 1997.
- [12] American Association of State Highway and Transportation Officials, "Direct Shear Test of Soils under Consolidated Drained Conditions," Washington, D.C, 1972.
- [13] American Society for Testing and Materials, "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions (ASTM D3080-89)," West Conshohocken, PA, 1989.
- [14] Badan Standarisasi Nasional, "Metode Uji Kuat Geser Langsung Tanah Tidak Terkonsolidasi dan Tidak Terdrainase (SNI 03-3420-1994)," Jakarta, 1994.
- [15] Yelvi and A'isyah Salimah, *Konsep & Aplikasi Mekanika Tanah Jilid 1*. Depok: PNJ Press, 2021.
- [16] Braja M. Das, Dean Emeritus, and Khaled Sobhan, *Principles of Geotechnical Engineering*, 8th ed. United States of America: Cengage Learning, 2016.

