

PENGARUH PENAMBAHAN AIR TERHADAP KUAT GESER DAN DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG

Ditha Kurnia¹, Fatma Sarie² dan Suradji gandi³

¹²³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya

E-mail: adittekniksipil@gmail.com¹, fatmasarie@jts.upr.ac.id²,

suradjigandi_ir@jts.upr.ac.id³

ABSTRAK

Semua beban konstruksi seperti jalan dan gedung diteruskan ke dalam tanah, sehingga kuat daya dukung tanah sangat berperan penting untuk mendirikan sebuah konstruksi di atasnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan air terhadap kuat geser dan daya dukung tanah lempung. Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental, dan analitikal. Dari hasil pengujian kuat geser langsung (*Direct Shear*) terhadap nilai kuat geser dan daya dukung tanah asli yang dikeringkan 6 jam didapat nilai kuat geser (τ) tertinggi 0,288 kg/cm², sudut geser 25°, kohesi (c) 0,230 kg/cm², dengan persentase sebesar 13,83% sedangkan untuk nilai daya dukung tanah didapat nilai $q_{ult} = 6,94$ kg/cm², dan nilai $q_{ijin} = 2,31$ kg/cm². Setelah penambahan pada campuran tanah asli + 5% air didapat nilai kuat geser (τ) sebesar 0,198 kg/cm², sudut geser 19°, kohesi (c) 0,150 kg/cm² sedangkan untuk nilai daya dukung tanah didapat nilai $q_{ult} = 3,64$ kg/cm², dan nilai $q_{ijin} = 1,21$ kg/cm². Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan air memberikan pengaruh terhadap nilai kuat geser dan daya dukung pada tanah lempung.

Kata Kunci: Kuat Geser, Daya Dukung, Tanah Lempung

ABSTRACT

All construction loads such as roads and buildings are passed into the ground, so that the strong bearing capacity of the soil plays an important role in establishing a construction on it. The purpose of this study was to determine the effect of water use on the shear strength and bearing capacity of clay soil. In this study using experimental and analytical methods. From the results of direct shear strength testing on the value of shear strength and bearing capacity of the original soil that was dried for 6 hours, the highest value of shear strength (τ) was 0.288 kg/cm², shear angle 25°, cohesion (c) 0.230 kg/cm², with a percentage of 13.83% while for the value of the bearing capacity of the soil the value of $q_{ult} = 6.94$ kg/cm², and the value of $q_{ijin} = 2.31$ kg/cm². After adding to the original soil mixture + 5% water, the value of shear strength (τ) is 0.198 kg/cm², shear angle is 19°, cohesion (c) is 0.150 kg/cm², while for the value of the bearing capacity of the soil, the value of $q_{ult} = 3.64$ kg/cm² is obtained. /cm², and the value of $q_{ijin} = 1.21$ kg/cm². So it can be concluded that the addition of water has an effect on the value of the shear strength and bearing capacity of the clay soil.

Key Word: Shear Strength, Bearing Capacity, Clay

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanah lempung adalah tanah yang mempunyai partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastisitas pada tanah bila di campur dengan air. Tanah lempung dengan plastisitas tinggi, kohesifitas yang besar berakibat fluktuasi kembang

susut yang relatif besar. Kondisi tanah basah volume tanah akan mengembang sehingga kuat gesernya akan rendah dan tanah akan lengket, sedangkan pada kondisi kering akan mengalami retakan-retakan akibat tegangan susut dan tanah dalam kondisi keras. Selain itu tanah lempung mempunyai volume pori yang besar sehingga mempunyai berat isi dan sudut gesek yang kecil. Tanah lempung merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. (Bowles, 1991).

Namun dalam beberapa kasus sering ditemui tanah yang tidak layak sebagai tanah dasar dari suatu bangunan badan jalan atau konstruksi yang berada di atasnya, sehingga sangat sulit untuk mendirikan sebuah bangunan pada tanah yang memiliki daya dukung rendah. Tanah juga merupakan material konstruksi paling dasar sebagai tempat berdirinya suatu konstruksi. Dalam penelitian ini sampel tanah yang digunakan dari Kelurahan Petuk Katimpun KM.10 Kecamatan Jekan Raya Kota Palangka Raya Provinsi Kalimantan Tengah. Salah satu permasalahan dilokasi yaitu perilaku tanah yang tidak stabil karena pengaruh jalan sering terendam air sehingga terjadi penurunan pada tanah yang membuat jalan tidak rata atau bergelombang dan berlobang.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penggunaan air terhadap kuat geser dan daya dukung tanah lempung pada Kel. Petuk Katimpun KM.10 Kec. Jekan Raya Kota Palangka Raya Provinsi Kalimantan Tengah.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Menurut (Das, 1995), tanah adalah material yang terdiri dari agregat atau butiran mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai zat cair juga gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah sistem yang menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi kedalam bentuk tabel dan grafik. Sistem klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dan sistem klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*).

Sistem klasifikasi AASHTO didasarkan pada kriteria atau klasifikasi umum yaitu:

1. Analisis saringan dengan persentase lolos saringan No. 200
2. Sifat fraksi yang lolos saringan No. 40 yaitu nilai dari batas cair dan indeks plastisitas

Adapun sistem klasifikasi USCS didasarkan pada kriteria atau klasifikasi yaitu:

1. Analisis saringan dengan presentase lolos saringan No. 200
2. Sifat fraksi yang lolos saringan No. 40 dengan tujuan untuk mengetahui nilai indeks plastisitas tanah.

Batas Atterberg

Pengujian *Atterberg* adalah pengujian yang dilakukan untuk menentukan angka-angka konsistensi *atterberg* berdasarkan nilai batas cair dan batas plastis.

Kuat Geser Tanah (*Direct Shear Test*)

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan.

Kuat Geser Tanah Langsung (*Direct Shear Test*)

Pengujian geser langsung merupakan salah satu jenis pengujian tertua dan sangat sederhana untuk menentukan parameter kuat geser tanah (*shear strength parameter*) yaitu : kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

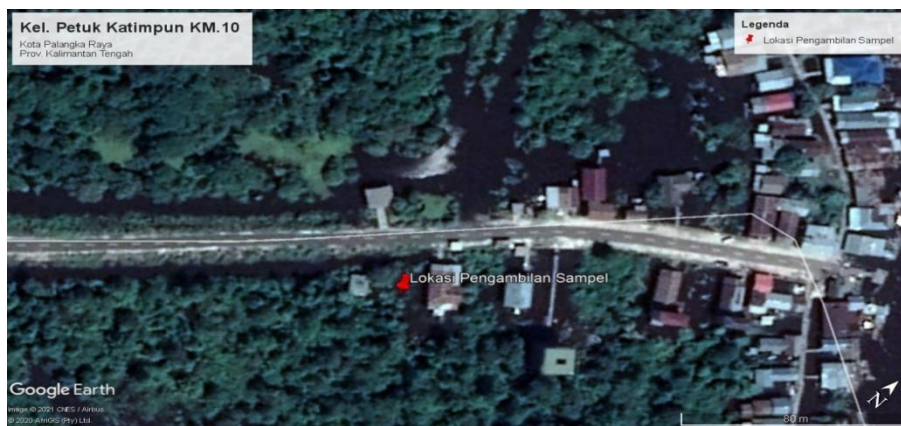
Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk memikul tekanan atau beban maksimum yang diizinkan untuk bekerja pada pondasi.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah tempat dimana penelitian dilakukan. Penelitian ini dilakukan di Kel. Petuk Katimpun KM.10 Kec. Jekan Raya Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.



Sumber : Google Earth

Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Kel. Petuk Katimpun KM.10

Metode Pengambilan Data

Pengumpulan data sifat fisik yang dilakukan menggunakan teknik pengambilan sampel secara sengaja, dimulai dari survei lokasi, penentuan lokasi untuk pengambilan sampel tanah.

Pengambilan Sampel

Sampel tanah yang diambil adalah tanah tidak terganggu (*undisturbed soil*). Sampel tanah tidak terganggu adalah sampel tanah yang masih alami dan tidak terganggu oleh lingkungan luar. Sampel tanah diambil setelah dilakukan pengamatan dan survei lokasi.

Pengujian Laboratorium

1. Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah

Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D-2216, AASHTO T-265-79

Pengujian Analisis Saringan

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan standar ASTM C-136-46, AASHTO T-27-74

Pengujian Batas Atterberg

- a. Batas cair
Pengujian ini menggunakan standar AASHTO T-89-74, ASTM D-423-66
- b. Batas plastis
Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-424-74, AASTHO T-90-74
- c. Batas Susut
Pengujian ini menggunakan standar AASHTO T-92-68

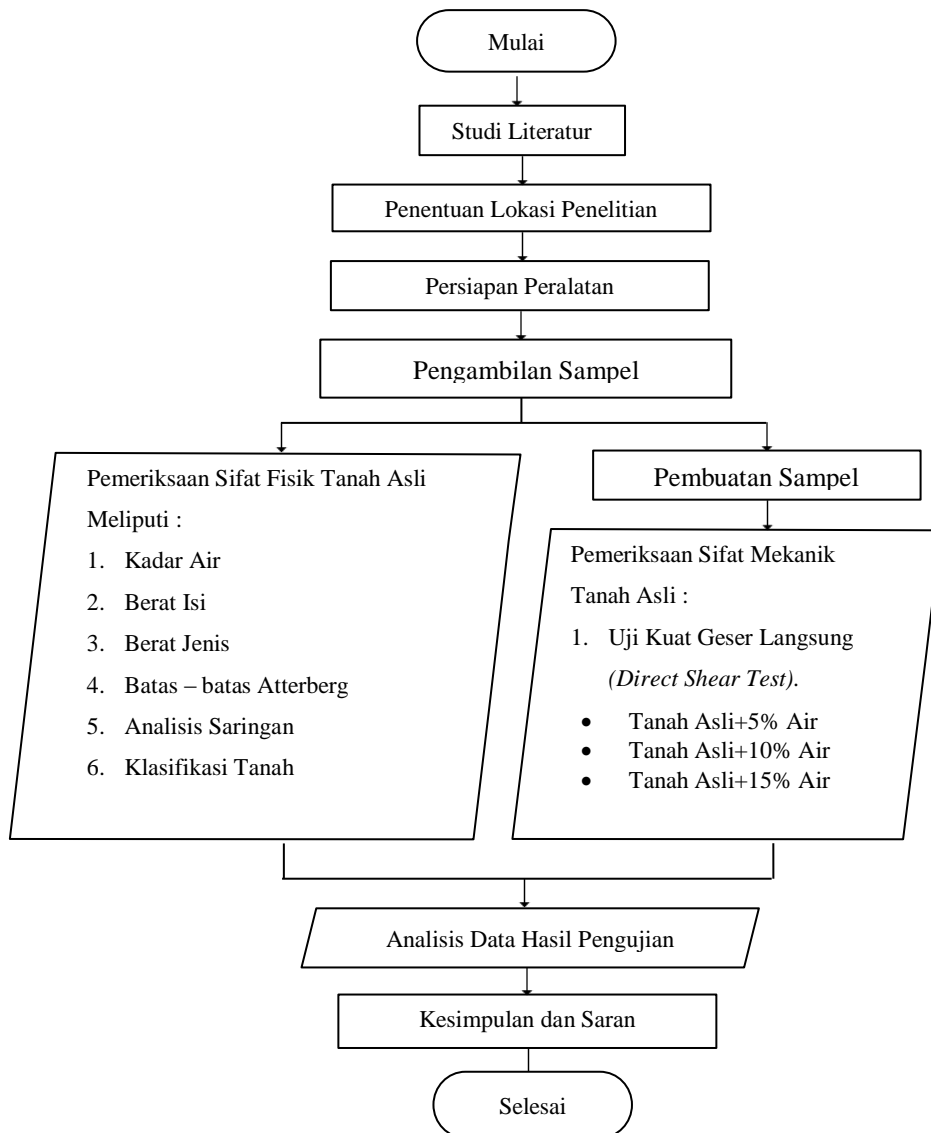
2. Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah

Pengujian Kuat Geser Langsung (Direct Shear Test)

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan pengujian standar proctor yang mengacu pada standar AASHTO T-236-N-72, ASTM D-3080-72.

Perencanaan Campuran

Campuran direncanakan berdasarkan metode coba-coba (*trial and error*) yaitu tanah lempung dicampur dengan air dengan presentase penambahan air sebesar 5 %, 10 % , 15 % dari berat tanah. Benda uji ini akan diperam dengan lama waktu pemeraman 1 hari.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah Pada Jenis Tanah Lempung

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pengujian Rata-rata
1.	Kadar Air (<i>Water Content</i>) (W) %	33,47
2.	Berat Isi Tanah Kering γ_d gr/cm^3	1,25
3.	Angka Pori (e)	0,87
3.	Porositas (n)	0,42
4.	Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>) (Gs)	2,34
5.	Batas-Batas Atterberg	
	a. Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>) %	31,50
	b. Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>) %	17,12
	c. Indeks Plastis (<i>Plastic Indeks</i>) %	14,38
	d. Batas Susut (<i>Shrinkage Limit</i>) %	14,41
6.	Analisa Saringan	
	a. Persentase Tertahan No.200 %	48,57
	b. Persentase Lolos No.200 %	51,43
7.	Analisis <i>Hydrometer</i>	1,25

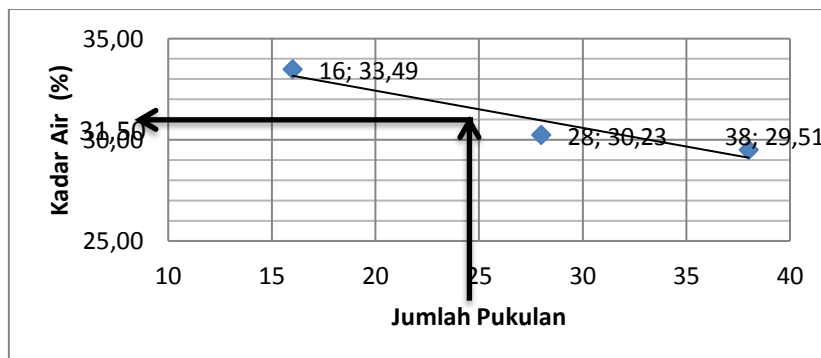
Sumber : Hasil Penelitian, (2021)

Berdasarkan data hasil pengujian Tabel 1 dapat dilihat bahwa tanah Kel. Petuk Katimpun KM.10 termasuk kedalam tanah berbutir halus dengan nilai 51,43% atau lebih dari 50%.

Analisis Atterberg

Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair didefinisikan sebagai nilai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan plastis atau pada ketukan ke 25. Adapun nilai batas plastis dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 3. Grafik Pengujian Batas Cair

Dari grafik dalam gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai batas cair atau *liquid limit* (nilai kadar air pada jumlah ketukan sebanyak 25 kali) adalah 31,50%

Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis adalah nilai kadar air suatu tanah pada batas bawah daerah plastisnya. Nilai batas plastis sampel tanah didapatkan yaitu 17,12%.

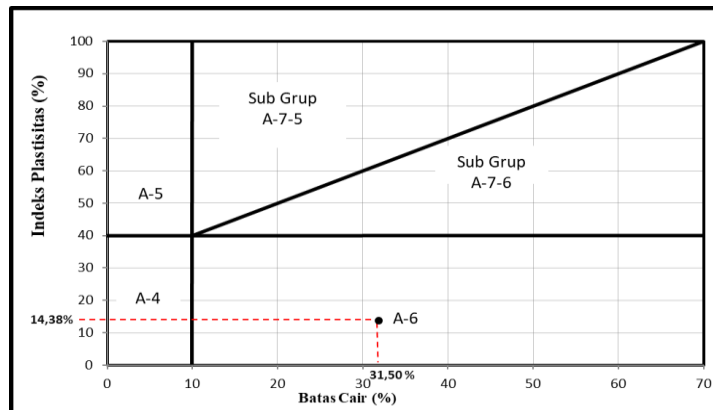
Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas merupakan nilai selisih antara batas plastis dan batas cair. Berdasarkan nilai batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*) didapatkan nilai indeks plastisitas sebesar 14,38%.

Analisis Metode Klasifikasi Tanah

Metode Klasifikasi AASHTO

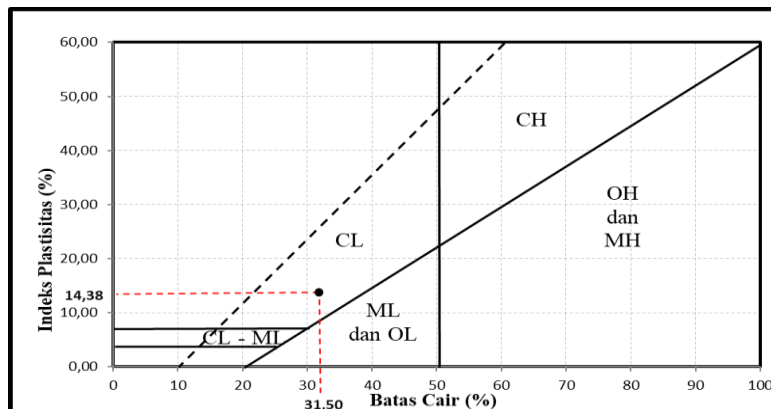
Berdasarkan data analisis saringan Tabel 1. didapatkan nilai persentase lolos saringan No. 200 sebesar 51,43% atau lebih dari 35% dengan lolos ayakan No. 40 memiliki nilai batas cair 31,50% dan indeks plastisitas 14,38% maka tanah tersebut termasuk dalam klasifikasi lanau-lempung (*silt clay*) kelompok A-6.



Gambar 4. Grafik Klasifikasi Tanah Sistem Klasifikasi AASHTO

Metode Klasifikasi USCS

Dalam mengklasifikasikan kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah menurut metode USCS digunakan grafik diagram klasifikasi. Dengan nilai indeks plastisitas 14,38% dan batas cair 31,50% maka didapatkan grafik seperti pada Gambar 3.



Gambar 5. Grafik Klasifikasi Tanah Sistem Klasifikasi USCS

Dari grafik dalam gambar 5. dapat dilihat bahwa sampel tanah adalah tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang yaitu lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung “kurus” kelompok CL.

Hasil Pengujian Sifat-Sifat Mekanik Tanah

Kuat Geser Langsung

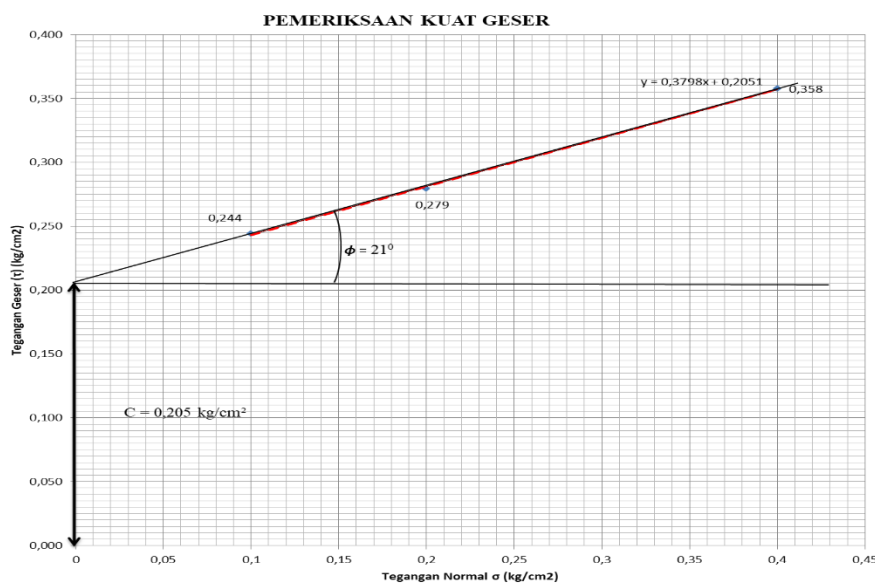
a. Kuat Geser Pada Tanah Asli

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji geser langsung di laboratorium diperoleh grafik tegangan (sumbu Y) dan regangan (sumbu X) untuk menentukan nilai kohesi dan sudut geser tanah. Dapat dilihat pada grafik berikut :

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Uji Kuat Geser Langsung Pada Tanah asli

Gaya Normal		P1 = 3,167 kg			P2 = 6,334 kg			P3 = 12,668 kg		
Teg. Normal		$\sigma_1 = 0,1 \text{ kg/cm}^2$			$\sigma_2 = 0,2 \text{ kg/cm}^2$			$\sigma_3 = 0,4 \text{ kg/cm}^2$		
Waktu (minute)	Pergeseran	Dial Reading	Gaya Geser	Teg. Geser (t)	Dial Reading	Gaya Geser	Teg. Geser (t)	Dial Reading	Gaya Geser	Teg. Geser (t)
0	20	9,0	4,520	0,121	10,1	5,072	0,136	11,5	5,775	0,155
1/4	40	10,5	5,273	0,142	10,8	5,424	0,146	12,9	6,478	0,174
1/2	60	12,2	6,127	0,165	11,2	5,625	0,151	13,5	6,780	0,182
1	80	13,1	6,579	0,177	12,3	6,177	0,166	14,1	7,081	0,190
1,5	100	13,9	6,981	0,188	12,9	6,478	0,174	14,8	7,433	0,200
2	120	14,4	7,232	0,194	13,7	6,880	0,185	15,3	7,684	0,206
2,5	140	15,8	7,935	0,213	14,6	7,332	0,197	15,9	7,985	0,215
3	160	17,7	8,889	0,239	15,1	7,583	0,204	16,7	8,387	0,225
3,5	180	18,1	9,090	0,244	15,8	7,935	0,213	17,0	8,537	0,229
4	200	17,9	8,989	0,242	16,1	8,085	0,217	18,1	9,090	0,244
4,5	220	-	-	-	16,7	8,387	0,225	19,2	9,642	0,259
5	240	-	-	-	18,5	9,291	0,250	19,9	9,994	0,269
6	260	-	-	-	19,1	9,592	0,258	21,4	10,747	0,289
7	280	-	-	-	20,7	10,396	0,279	22,6	11,350	0,305
8	300	-	-	-	20,1	10,094	0,271	23,1	11,601	0,312
9	320	-	-	-	-	-	-	25,7	12,907	0,347
10	340	-	-	-	-	-	-	26,5	13,308	0,358
11	360	-	-	-	-	-	-	26,2	13,158	0,354

Sumber : Hasil Penelitian, (2021)



Sumber : Hasil Penelitian, (2021)

Gambar 4. Grafik Uji Geser Langsung Pada Tanah Asli + 5% Air

Dilihat dari pembacaan gambar 4.3 grafik uji geser langsung (*Direct Shear Test*) didapatkan nilai kohesi tanah (c) sebesar 0,205 Kg/cm² dan sudut geser tanah (Ø) sebesar 21⁰.

$$\begin{aligned} \text{Tegangan Normal } \sigma &= \gamma \cdot h \\ &= 1,25 \text{ gr/cm}^3 \times 100 \text{ cm} \\ &= 125 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 0,125 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi tegangan geser tanah } (\tau) &= c + \sigma \tan \emptyset \\ &= 0,205 + 0,125 \times \tan (19^0) \\ &= 0,253 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Dari hasil hitungan di atas didapatkan :

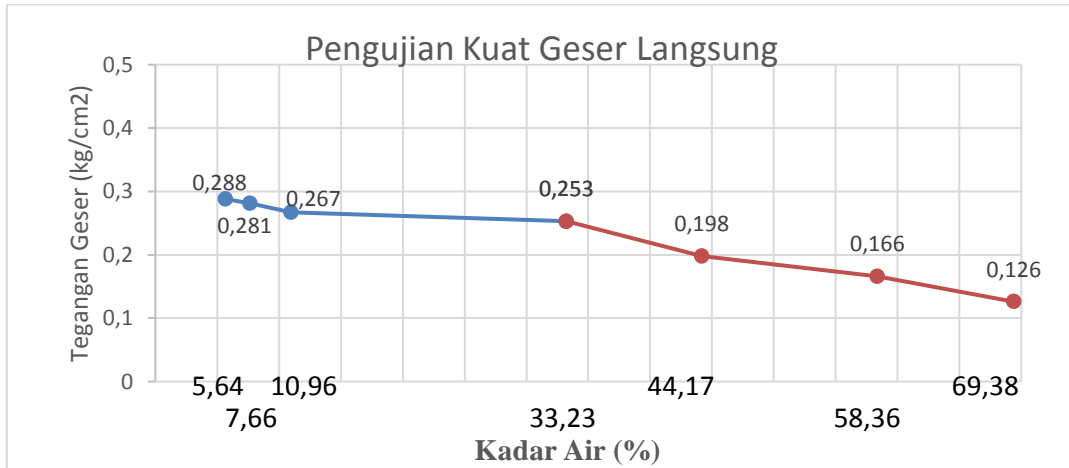
Tabel 3. Rekapitulasi Pengujian Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*)

Sampel	Kohesi	Sudut Geser	Tegangan geser
	(C)	Tanah (Ø)	(τ)
	Kg/cm2	(°)	Kg/cm2
0 Hari (Tanpa Pemeraman)			
Tanah Asli	0,205	21°	0,253
Tanah Asli Dikeringkan 2 Jam	0,216	22°	0,267
Tanah Asli Dikeringkan 4 Jam	0,228	23°	0,281
Tanah Asli Dikeringkan 6 Jam	0,230	25°	0,288
1 Hari (Pemeraman)			
Tanah Asli + Air 5%	0,155	19°	0,198
Tanah Asli + Air 10 %	0,125	18°	0,166
Tanah Asli + Air 15 %	0,090	16°	0,126

Sumber : Hasil Penelitian, (2021)

Tabel 4. Rekapitulasi Pengujian Kuat Geser Langsung

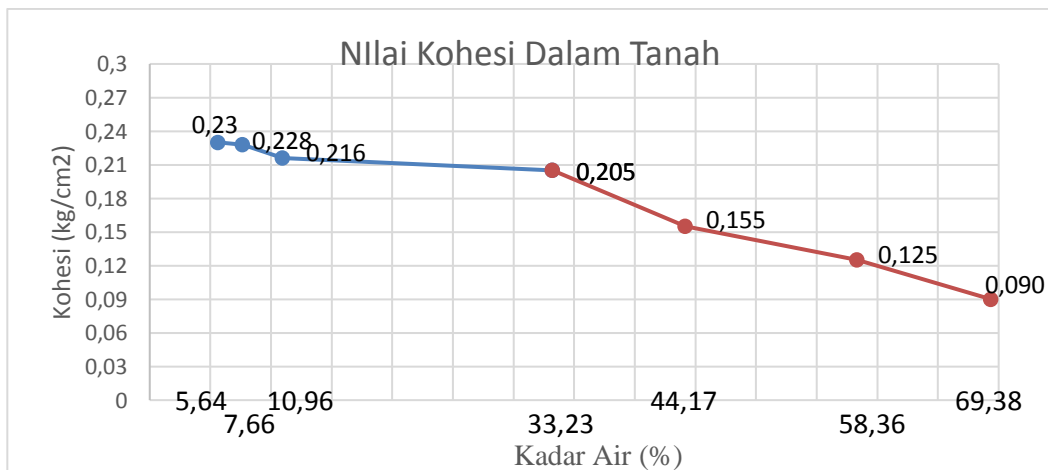
Sampel	Tegangan Geser (τ)	Kadar Air
	(kg/cm2)	(%)
0 Hari Pemeraman		
Tanah Asli	0,253	33,23
Tanah Yang Dikeringkan 2 Jam	0,267	10,96
Tanah Yang Dikeringkan 4 Jam	0,281	7,66
Tanah Yang Dikeringkan 6 Jam	0,288	5,64
1 Hari Pemeraman		
Tanah + Campuran Air 5%	0,198	44,17
Tanah + Campuran Air 10%	0,166	58,36
Tanah + Campuran Air 15 %	0,126	69,38



Gambar 5. Grafik hubungan nilai tegangan geser dan kadar air

Tabel 5. Rekapitulasi Pengujian Kuat Geser (Kohesi)

Sampel	Kohesi (C)	Kadar Air
	kg/cm ²	(%)
0 Hari Pemeraman		
Tanah Asli	0,205	33,23
Tanah Yang Dikeringkan 2 Jam	0,216	10,96
Tanah Yang Dikeringkan 4 Jam	0,228	7,66
Tanah Yang Dikeringkan 6 Jam	0,230	5,64
1 Hari Pemeraman		
Tanah + Campuran Air 5%	0,150	44,17
Tanah + Campuran Air 10%	0,125	58,36
Tanah + Campuran Air 15 %	0,090	69,38



Gambar 6. Grafik hubungan nilai kohesi dan kadar air

Perhitungan Daya Dukung Tanah Menurut Terzaghi (1943)

$N_c = 18,7$ $DF = 100 \text{ cm}$
 $N_q = 8,0$ $B = 100 \text{ cm}$

$$N_\gamma = 6,0 \quad \gamma = 0,125 \text{ gr/cm}^3 \\ = 0,00125 \text{ kg/cm}^2$$

Keruntuhan Geser Umum :

$$q_{ult} = c.Nc + DF.\gamma.Nq + 0,5.\gamma.B.N_\gamma \\ = (0,205 \times 18,7) + (100 \times 0,00125 \times 8,0) + (0,5 \times 0,00125 \times 100 \\ \times 6,0) \\ = 5,17 \text{ kg/cm}^2$$

Daya dukung ijin tanah yang berdasarkan nilai faktor keamanan

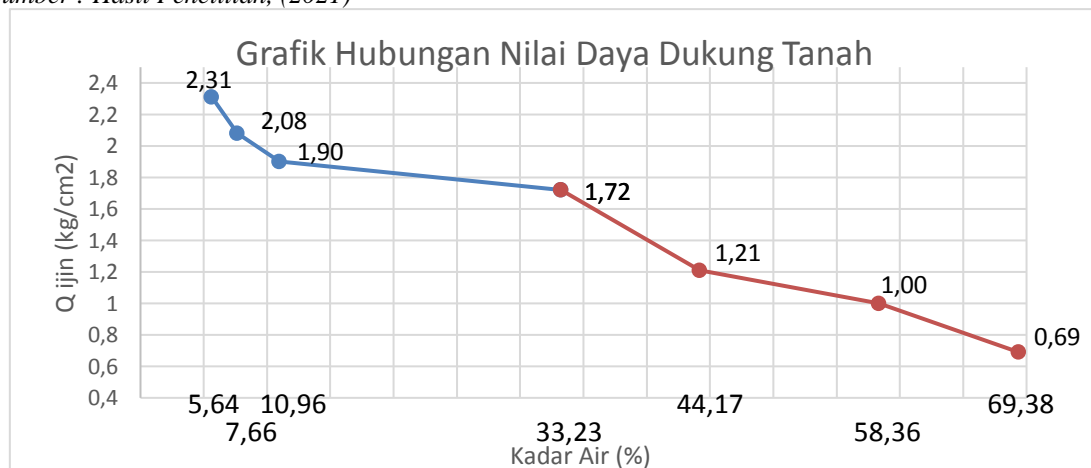
= 3, jadi didapat nilai q_{ijin} :

$$q_{ijin} = \left(\frac{1}{SF}\right) \times q_{ult} \\ = \left(\frac{1}{3}\right) \times 5,20 \\ = 1,72 \text{ kg/cm}^2$$

Dari Perhitungan diatas didapatkan Tabel 5.

Kondisi Contoh Tanah	Sudut Geser Tanah (θ)	Kohesi	Kadar Air	Daya Dukung Tanah Lempung	
		(C)		q_{ult}	q_{ijin}
	($^\circ$)	Kg/cm ²	(%)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
0 Hari (Tanpa Pemeraman)					
Tanah Asli	21 $^\circ$	0,205	33,23	5,17	1,72
Tanah Asli Dikeringkan 2 Jam	22 $^\circ$	0,216	10,96	5,69	1,90
Tanah Asli Dikeringkan 4 Jam	23 $^\circ$	0,228	7,66	6,25	2,08
Tanah Asli Dikeringkan 6 Jam	25 $^\circ$	0,23	5,64	6,94	2,31
1 Hari (Pemeraman)					
Tanah Asli + Air 5%	19 $^\circ$	0,155	44,17	3,64	1,21
Tanah Asli + Air 10 %	18 $^\circ$	0,125	58,36	3,00	1,00
Tanah Asli + Air 15 %	16 $^\circ$	0,090	69,38	2,06	0,69

Sumber : Hasil Penelitian, (2021)



Gambar 8. Grafik hubungan nilai daya dukung tanah dan kadar air

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah lempung pada Kel. Petuk Katimpun KM.10 Kec. Jekan Raya, Kota

Palangka Raya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian geser langsung (*Direct Shear*) terhadap nilai kuat geser dan daya dukung tanah asli yang dikeringkan 6 jam didapat nilai kuat geser (τ) tertinggi 0,288 kg/cm², sudut geser 25°, kohesi (c) 0,230 kg/cm², dengan persentase sebesar 13,83% sedangkan untuk nilai daya dukung tanah didapat nilai $q_{ult} = 6,94$ kg/cm², dan nilai $q_{ijin} = 2,31$ kg/cm². Setelah penambahan pada campuran tanah asli + 5% air didapat nilai kuat geser (τ) sebesar 0,198 kg/cm², sudut geser 19°, kohesi (c) 0,150 kg/cm² sedangkan untuk nilai daya dukung tanah didapat nilai $q_{ult} = 3,64$ kg/cm², dan nilai $q_{ijin} = 1,21$ kg/cm². Sehingga dengan penambahan air memberikan pengaruh terhadap nilai kuat geser dan daya dukung pada tanah lempung.

Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian dan analisis data yang dilakukan, maka disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Saran terhadap penelitian ini adalah untuk mengetahui efektif atau tidaknya campuran air, perlu diteliti lebih lanjut sehingga nilai nyata terjadinya perubahan akibat pengaruh penambahan bahan tersebut.
2. Terjadinya penurunan sudut geser, sebaiknya dilakukan dengan kombinasi campuran lain.
3. Pengawasan intensif perlu dilakukan pada pelaksanaan pembuatan sampel di laboratorium dan juga perlu diperhatikan kondisi peralatan yang digunakan pada saat penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J E. 1984, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Bowles, J E. 1991. *Sifat-sifat Fisis Tanah dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah (Jilid 1) Terjemahan*. Jakarta: Erlangga
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1992, *Mekanika Tanah 1*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hary Christady, 1996. *Sistem Clasifikasi Unified Soil Clasification System (USCS)*
- Herman 2018, *Pengaruh Penambahan Abu Limbah Kertas Terhadap Kembang Susut Tanah Lempung*, Tugas akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil S1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Padang
- Ika Meisy Putri Rahmawati, 2015, *Pengaruh Kadar Air Terhadap Kuat Geser Tanah Ekspansif Bojonegoro Dengan Stabilisasi Menggunakan 15% Fly Ash Dengan Metode Deep Soil Mix*, Malang.
- Terzaghi, Karl and Peck, B Ralph, 1967, "*Soil Mechanics in Engineering Practice, Second Edition*", New York.