



PERBAIKAN TANAH LEMPUNG DENGAN PENAMBAHAN ZAT ADITIF (MAGNESIUM CHLORIDE DAN SEMEN)

Fiisyatin Rodiah Firhansyah, Sukiman Nurdin, Irdhiani

Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Indonesia

Email: fiisyatinrodiah2006@gmail.com

Abstrak

Sebagian besar wilayah Indonesia terdiri dari tanah lempung termasuk desa Tanamea, kecamatan Banawa Selatan, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah. Tanah lempung merupakan tanah yang memiliki daya dukung rendah dan penurunan yang besar. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik mekanis tanah lempung sebelum dan setelah distabilisasi secara kimia dengan penambahan zat aditif. Dalam penelitian ini bahan stabilisator yang digunakan adalah Magnesium Chloride dan semen dengan variasi kadar campuran zat aditif 0%, 5%, 10%, dan 20% terhadap berat kering tanah lempung. Dalam penelitian ada 3 tahapan, 1.) pengujian sifat fisik tanah untuk menentukan klasifikasi tanah lempung. 2.) pengujian sifat mekanis tanah lempung, dan 3.) pengujian sifat mekanis tanah yang telah dicampur dengan zat aditif. Hasil pengujian sifat fisik tanah lempung menunjukkan bahwa tanah yang digunakan adalah tanah lempung organik dengan nilai $LL > 50$ yang termasuk dalam plastisitas rendah. Adapun pengujian mekanis tanah yang dilakukan yaitu, pemadatan, kuat tekan, pemampatan dan geser langsung. Hasil pengujian mekanis tanah menunjukkan penambahan campuran zat aditif dengan berbagai variasi kadar campuran pada tanah lempung organik, membuat nilai wopt cenderung menurun hingga 8,85% dan berat isi kering maksimum yang juga ikut menurun hingga 38,25%, meningkatkan nilai kuat tekan bebas tanah mencapai 56,21%, menurunkan nilai penurunan tanah, menurunkan nilai kohesi tanah lempung hingga 64,59%, serta meningkatkan nilai sudut gesek tanah lempung hingga 65,05%. Hal tersebut karena adanya proses sementasi, dimana air didalam pori-pori tanah akan mengikat zat aditif yang mengakibatkan terbentuknya butiran sedimen. Dari hasil penelitian, pencampuran zat aditif membuat tanah menjadi semakin ringan dan lebih padat, sehingga meningkatkan kekuatan tanah. Pada kadar campuran 10% zat aditif pada tanah diperoleh nilai kuat tekan yang terbesar dengan nilai wopt yang terkecil, serta nilai kohesi terendah dan nilai sudut gesek yang tertinggi dari pengujian.

Kata kunci: Tanah Lempung Organik, Bahan Tambahan, Stabilisasi Tanah

Abstract

Most of Indonesia consists of clay soils including Tanamea village, South Banawa district, Donggala Regency, Central Sulawesi. Clay soils are soils that have low carrying capacity and large subsidence. This study aimed to compare the mechanical characteristics of clay soils before and after being chemically stabilized with the addition of additives. In this study, the stabilizers used were Magnesium Chloride and cement with variations in the content of a mixture of additives of 0%, 5%, 10%, and 20% on the dry weight of clay soil. In research there are 3 stages, 1.) testing of soil physical properties to determine clay soil classification. 2.) testing the mechanical properties of clay soils, and 3.) testing of mechanical properties of soil that has been mixed with additives. The results of testing the physical properties of clay soil show that the soil used is organic loam soil with a value of $LL > 50$ which is included in low plasticity. The mechanical testing of the soil carried out is compaction, compressive strength, direct compression and shear. The results of soil mechanical testing showed the addition of a mixture of additives with various variations in the mixture content on organic clay soils, making the wopt value tend to decrease by 8.85% and the maximum dry content weight which also decreased by 38.25%, increasing the value of soil free compressive strength by 56.21%, decreasing the value of soil subsidence, decreasing the cohesion value of clay soil by 64.59%, and increasing the value of clay friction angle up to 65.05%. This is because of the cementation process, where water in the soil pores will bind additives that result in the formation of sediment grains. From the results of the study, mixing additives makes the soil lighter and denser, thereby increasing the strength of the soil. At a mixture of 10% additives in the soil, the largest compressive strength value with the smallest wopt value is obtained, as well as the lowest cohesion value and the highest friction angle value from the test.

Keywords: Organic Clays, Additive Substances, Soil Stabilization

PENDAHULUAN

Tanah terdiri atas butir padat (soil solid) yang membentuk struktur tanah dengan rongga diantaranya. Rongga tersebut dapat terisi oleh air, udara atau udara dan air (Kodoatie, 2021). Adapun pengklasifikasian tanah digolongkan ke dalam beberapa golongan diantaranya tanah dibagi menjadi empat macam yaitu: kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*) (Rayes, 2017). Istilah kerikil, pasir, lanau, dan lempung digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Akan tetapi, istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus.

Apabila tanah mengalami pembebanan akibat beban yang bekerja pada suatu struktur bangunan, maka akan mengakibatkan tegangan geser (Lumikis et al., 2013). Apabila tegangan geser mencapai harga batas maka massa tanah akan mengalami deformasi dan cenderung akan runtuh atau dapat juga dikatakan tanah tersebut merupakan tanah berdaya dukung rendah. Tegangan geser tanah merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam meninjau kestabilan suatu tanah. Kuat geser ini sangat dipengaruhi dua parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi dan sudut gesek tanah.

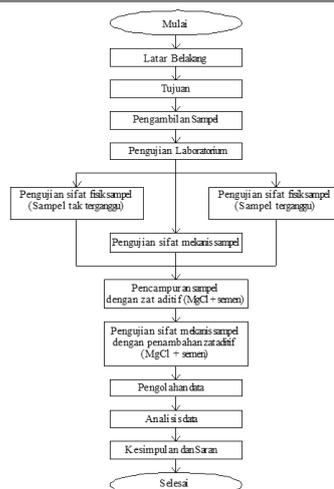
Salah satu cara terbaik menangani permasalahan tanah berdaya dukung rendah tersebut adalah dengan mengganti tanah dasar tersebut dengan tanah yang cukup baik (Febrian & Prihatiningsih, 2021). Perbaikan sifat-sifat fisik dari tanah kurang baik menjadi tanah yang baik dibidang rekayasa Teknik Sipil disebut sebagai stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah bisa dilakukan secara mekanis, dan kimiawi.

Banyak bahan yang dapat digunakan sebagai stabilisator tanah. Bahan yang akan dikembangkan dalam penelitian ini adalah campuran zat aditif Magnesium Chloride (MgCl) dan semen (Hakim & Sucipto, 2015). *Magnesium Chloride* dapat bereaksi pada jenis tanah lempung atau jenis tanah yang memiliki kohesi (Putra, 2022). Bahan ini dapat memperbaiki struktur tanah yang berdaya dukung rendah sehingga strukturnya menjadi lebih keras dan semen dapat menahan kekuatan tanah terhadap air. Pada penelitian ini digunakan tanah lempung yang berasal dari kecamatan Banawa Selatan, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah, yang dicampur dengan Magnesium Chloride dan semen dengan kadar campuran yang berbeda-beda.

Berdasarkan dari uraian latar belakang, maka yang menjadi masalah penelitian ini adalah bagaimana karakteristik tanah asli di lokasi penelitian. Selanjutnya untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan campuran zat aditif (MgCl + Semen) terhadap perubahan karakteristik mekanis tanah lempung.

METODE PENELITIAN

Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian Sistematis prosedur percobaan yang akan dilakukan akan dijelaskan lebih terinci pada bagan alir dibawah ini, dengan memperhatikan langkah-langkah pemeriksaan melalui metode yang akan digunakan dalam proses pengujian agar tidak keluar dari ketentuan yang ditetapkan (Ramdhan, 2021; Salim et al., 2022). Adapun bagan alir tersebut dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Dalam pembuatan benda uji ini, jumlah benda uji yang dibuat harus diketahui yang tentunya harus sesuai kebutuhan penelitian. Dalam penelitian ini, digunakan 4 sampel, dimana sampel A merupakan tanah asli di lapangan, sampel B, C dan D merupakan campuran tanah lempung dalam kondisi kering dengan zat aditif (Magnesium Chloride) dan semen. Dimana sampel B merupakan tanah dengan campuran zat aditif sebesar 5% dari berat tanah, sampel C merupakan tanah dengan campuran zat aditif sebesar 10% dari berat tanah, sampel D merupakan tanah dengan campuran zat aditif sebesar 20% dari berat tanah. Pembagian sampel untuk setiap pengujian seperti diatas dapat dilihat pada Tabel 3.

Pengambilan sampel untuk pengujian sifat fisik tanah lempung organik dilakukan pada 3 titik untuk setiap pengujian. Untuk pengujian berat isi dan kadar air dilakukan dengan pengujian 3 sampel untuk setiap titik. Sedangkan pengujian analisa saringan, analisa hidrometer, batas-batas Atterberg, dan berat jenis dilakukan pengujian 3 titik dan 1 sampel untuk setiap titik.

Pengujian sampel untuk pengujian sifat mekanis tanah lempung, yang pertama dilakukan yaitu pengujian pemadatan tanah asli untuk memperoleh kadar air optimum dan berat isi kering maksimum tanah lempung sebelum distabilisasi (Lestari & Lestari, 2014). Setelah nilai kadar air optimum didapatkan, nilai tersebut digunakan sebagai nilai kadar air untuk sampel tanah dengan campuran zat aditif.

Tabel 1. Matriks benda uji

No.	Jenis Pengujian	Sampel			
		A	B	C	D
Sifat fisik tanah					
1.	Kadar air	3			
2.	Berat isi	3			
3.	Analisa saringan	3			
4.	Analisa hidrometer	3			
5.	Batas-batas Atterberg	3			
6.	Berat Jenis	3			
Sifat mekanis tanah					
7.	Pemadatan (<i>Proctor test</i>)	1	1	1	1
8.	Kuat Tekan Bebas(<i>Unconfined test</i>)	2	2	2	2
9.	Geser langsung (<i>Direct shear test</i>)	2	2	2	2
10.	Pemampatan	2	2	2	2
	Total	25	7	7	7
Total Pengujian		46 Benda Uji			

Pengujian sifat mekanis tanah lempung organik

Pemadatan (Proctor test)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat isi kering maksimum tanah serta menentukan kadar air optimum yaitu nilai kadar air pada berat kering maksimum (Aji, 2012). Dalam penelitian ini digunakan campuran tanah dan zat aditif sebesar 0%, 5%, 10%, dan 20% dengan variasi campuran zat aditif (MgCl + Semen) seperti berikut.

Tabel 2. Matrix benda uji zat aditif

Matrix Benda Uji Zat Aditif untuk Uji Pemadatan	
Semen (%) (dari campuran zat aditif)	MgCl (%) (dari campuran zat aditif)
100	0
95	5
90	10
80	20
60	40

Dari hasil uji pemadatan untuk ke lima komposisi campuran zat aditif (Semen + MgCl), pada komposisi 80% semen + 20% MgCl diperoleh nilai berat isi kering maksimum paling besar, serta nilai kadar air optimum yang paling kecil. Komposisi ini yang kemudian akan dipakai untuk pengujian mekanis lainnya.

a. Kuat tekan bebas (Unconfined test)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kekuatan tekan bebas (tanpa ada tekanan horizontal atau tekanan samping) q_u , dalam keadaan asli maupun buatan, dan juga untuk mengetahui derajat kepekaan tanah, sensitivity (ST) (Fadilla, 2014). Penggunaan sampel yang akan digunakan dalam pengujian ini menggunakan campuran zat aditif yang telah memiliki berat kering maksimum dan kadar air optimum yang diperoleh dari hasil pengujian pemadatan tanah sebelumnya.

b. Geser langsung (*direct shear test*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk memperoleh tahanan geser tanah pada tegangan normal tertentu. Tujuannya adalah untuk mendapatkan kuat geser tanah (Sudarman, 2016). Sama halnya dengan pengujian kuat tekan bebas. Sampel yang akan digunakan dalam pengujian ini sama dengan sampel pengujian kuat tekan sebelumnya, yaitu sampel tanah yang menggunakan campuran zat aditif yang telah memiliki berat kering maksimum dan kadar air optimum dari hasil pengujian pemadatan tanah sebelumnya.

c. Pemampatan/ konsolidasi

Konsolidasi adalah proses pengecilan volume (penurunan) secara perlahan-lahan pada tanah jenuh dengan permeabilitas rendah akibat keluarnya sebagian air pori (Cassiopea, 2014). Contoh tanah yang akan diuji contoh tanah yang sama yang digunakan pada geser langsung dan kuat tekan bebas, yaitu sampel tanah dengan zat aditif yang memiliki nilai berat kering maksimum dan kadar air optimum dari pemadatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Pengambilan Sampel

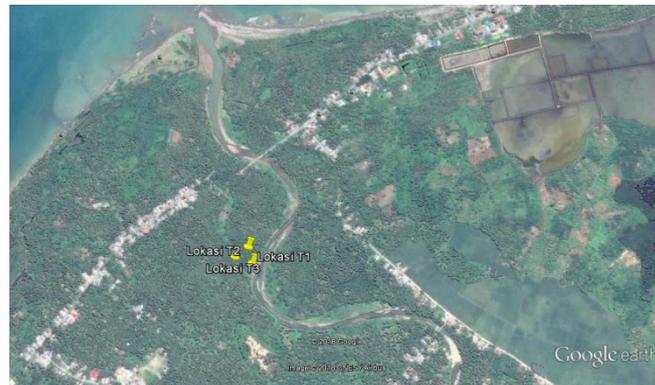
Lokasi pengambilan sampel penelitian ini berada di sekitar jalan Trans Sulawesi yang menghubungkan Provinsi Sulawesi Tengah dan Provinsi Sulawesi Barat. Daerah ini berada ± 40 km dari kota Palu, tepatnya desa Tanamea, kabupaten Donggala, kecamatan Banawa Selatan, dan merupakan daerah pinggir sungai yang banyak terdapat tanaman seperti pohon kelapa, pakis dan lainnya. Pengambilan sampel dilakukan pada tiga titik, yaitu T1 terletak pada titik koordinat $119^{\circ}37'46,38''$ Lintang Selatan dan $0^{\circ}48'22,46''$ Bujur Timur, T2 terletak pada titik koordinat $119^{\circ}37'45,26''$ Lintang Selatan dan $0^{\circ}48'20,72''$ Bujur Timur, T3 terletak pada titik koordinat $119^{\circ}37'44,12''$ Lintang Selatan dan $0^{\circ}48'22,34''$ Bujur Timur. Dengan elevasi ± 12 m dari permukaan

laut dan sekitar 500 m dari pemukiman. Gambar sketsa tempat pengambilan sampel sebagai berikut



Ket : ■ = Titik Lokasi Pengambilan Samnel

**Gambar 2 Lokasi pengambilan sampel
(skala 1 : 162.400)
(Sumber : Google maps, diakses 5 Mei 2018)**



**Gambar 3 Lokasi pengambilan sampel
(skala 1 : 100.000)
(Sumber : Google Earth, diakses 5 Mei 2018)**

Hasil Penelitian Karakteristik Fisik Material

Pemeriksaan sifat fisik tanah diperlukan untuk mengetahui jenis tanah yang digunakan pada penelitian ini. Dari hasil pengujian sifat –sifat fisik di laboratorium, tanah berlempung yang diuji mempunyai karakteristik fisik seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 3. Hasil pengujian sifat-sifat fisik tanah

Parameter	Titik	Notasi	Satuan	Hasil Pengujian	Rata-rata
Kadar Air	1	<i>w</i>	%	33,776	31,630
	2			31,205	
	3			29,909	
Berat Isi Kering	1	γ_d	gr/cm^3	1,026	1,088
	2			1,117	
	3			1,121	
Berat Jenis Tanah	1	Gs		2,67	2,653
	2			2,67	
	3			2,62	
Batas-batas Atterberg	1	LL	%	61,40	59,433
	2			62,00	

3			54,90
1	IP	%	18,54
2			22,61
3			19,90

Pengujian analisis saringan dan analisis hidrometer dilakukan pada contoh tanah dalam keadaan kering. Dari pengujian analisa hidrometer, dapat diperoleh presentase lempung pada tanah. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada Tabel 4, secara lengkap ditampilkan pada tabel terlampir.

Tabel 4 Hasil Pengujian Distribusi Ukuran Tanah

Parameter	Titik	Satuan	Hasil Pengujian	Rata-rata
Analisa Saringan (lolos saringan no. 200)	1		57,34	53,410
	2	%	55,66	
	3		47,23	
Analisa Hidrometer (kadar lempung)	1		43,00	36,667
	2	%	28,00	
	3		39,00	

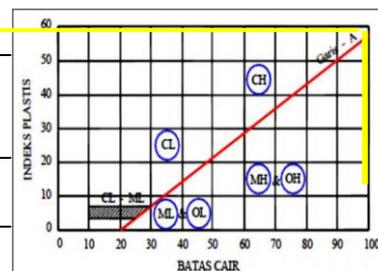
Dengan melihat hasil pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa tanah tersebut merupakan mineral lempung yang dapat diklasifikasikan berdasarkan sistem klasifikasi Unified dan AASHTO.

Klasifikasi Unified

Berikut hasil plot dari tabel dan grafik untuk klasifikasi Unified tanah berbutir halus

Tabel 5 Klasifikasi Unified tanah berbutir halus

Tanah berbutir halus 50% lebih lolos saringan No. 200	Lempung dan lempung Batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
		CL	Lanau anorganik, dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (lean clays)
		OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
		MH	Lanau anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays)
		CH	Lempung organik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays)
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi



Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

(Sumber: Das, 1985)

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh, tanah tersebut masuk dalam kelompok OH karena memiliki presentase lolos saringan no. 200 rata-rata > 50% dengan nilai LL rata-rata sebesar 59,433 > 50 dan nilai IP rata-rata sebesar 20,35%. Lempung OH adalah lempung organik dengan plastisitas tinggi sehingga tanah tersebut perlu dilakukan perbaikan/stabilisasi untuk meningkatkan daya dukungnya.

a. Klasifikasi AASHTO

Berikut adalah hasil klasifikasi menurut AASHTO.

Tabel 6. Klasifikasi AASHTO Tanah Berbutir Halus

Klasifikasi umum	Tanah lanau-lempung (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)			
				A-7
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7-5*
				A-7-6*
Analisis ayakan (% lolos) No. 10				

No. 40				
No. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40				
Batas cair (LL)	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indeks plastisitas (PI)	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Bisa sampai jelek			

* Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$

* Untuk A-7-6, $PI > LL - 30$

Dari Tabel 6 diperoleh, dengan presentase lolos saringan no. 200 adalah 53,41 % > 35%, maka tanah tersebut digolongkan sebagai tanah berbutir halus. Dengan nilai IP rata-rata sebesar 20,35% > 11% dan LL berkisar 59,433% > 41%. Sehingga tanah tersebut masuk kelompok A-7 yakni tanah berlempung. Untuk klasifikasi sub kelompok tanah tersebut masuk sub kelompok A-7-5 karena $PI \leq LL-30$.

Tanah yang termasuk kelompok tersebut dalam penilaian untuk tanah dasar (subgrade) adalah sedang sampai buruk, sehingga perlu dilakukan perbaikan pada tanah tersebut untuk menaikkan daya dukungnya.

Hasil Uji Mekanis Campuran Tanah Lempung dengan Zat Aditif

Sifat-sifat tanah sering kali dapat diperbaiki secara ekonomis dengan menggunakan bahan campuran. Jenis bahan yang digunakan pada bahan stabilisasi tanah lempung ini adalah zat aditif yang terdiri dari campuran MgCl dan semen (Kusuma, 2012).

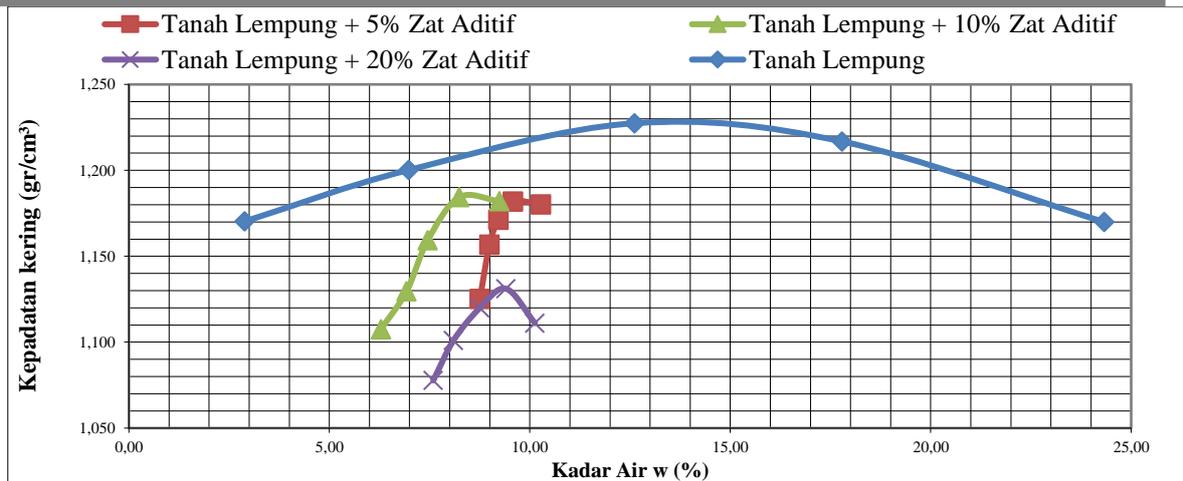
Hasil Pengujian Pematatan

Pengujian pematatan ini dilakukan untuk memperoleh nilai kadar air optimum (w_{opt}) dan berat isi kering maksimum ($\gamma_{d maks}$) (Muda, 2016). Parameter tersebut ditentukan dengan menggunakan grafik hasil pengujian laboratorium (data hasil pengujian terlampir). Secara umum data hasil pengujian pematatan dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 7. Hasil Pengujian Pematatan Tanah

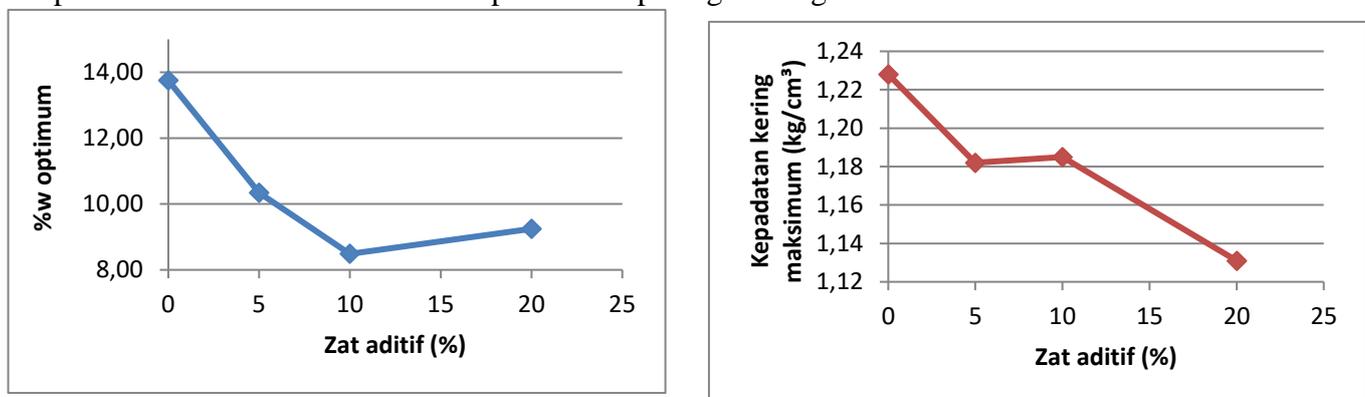
Sampel	Jenis Tanah	Parameter	
		Kepadatan kering maksimum $\gamma_{d maks}$ (gr/cm ³)	Kadar air optimum w_{opt} (%)
Sampel A	Tanah Lempung	1,23	13,75
Sampel B	Tanah Lempung + 5% zat aditif	1,18	10,34
Sampel C	Tanah Lempung + 10% zat aditif	1,19	8,49
Sampel D	Tanah Lempung + 20% zat aditif	1,13	9,25

Nilai dari tabel tersebut diperoleh dari Gambar 7 yaitu grafik hubungan kadar air optimum dan kepadatan kering tanah lempung serta campuran tanah lempung dengan penambahan persentase zat aditif .



Gambar 4. Grafik hubungan kadar air optimum dan kepadatan kering tanah lempung serta campuran tanah lempung dengan zat aditif

Berdasarkan Tabel 7 dan Gambar 4 diperoleh nilai berat isi kering maksimum untuk tanah asli (sampel A) sebesar 1,23 gr/cm³ dengan nilai kadar air optimum sebesar 13,75%. Untuk sampel B diperoleh nilai berat isi kering maksimum mengalami penurunan 1,18 gr/cm³ dengan nilai kadar air optimum sebesar 10,34% (Gazali & Adawiyah, 2018). Berbeda dengan sampel C yaitu penambahan 10% zat aditif pada tanah lempung untuk nilai berat isi kering maksimum mengalami kenaikan hingga 1,19 gr/cm³ sementara untuk nilai kadar air optimum tetap mengalami penurunan. Untuk tanah lempung dengan penambahan 20% zat aditif nilai kepadatan kepadatan kering maksimum kembali menurun hingga 1,13 gr/cm³ sama halnya dengan nilai kadar air optimum yang terus mengalami penurunan. Penurunan tersebut dapat terlihat pada gambar grafik berikut



Gambar 5 Grafik Hubungan Kadar Air Optimum Dan Kepadatan Kering Tanah Lempung Dengan Presentase Zat Aditif

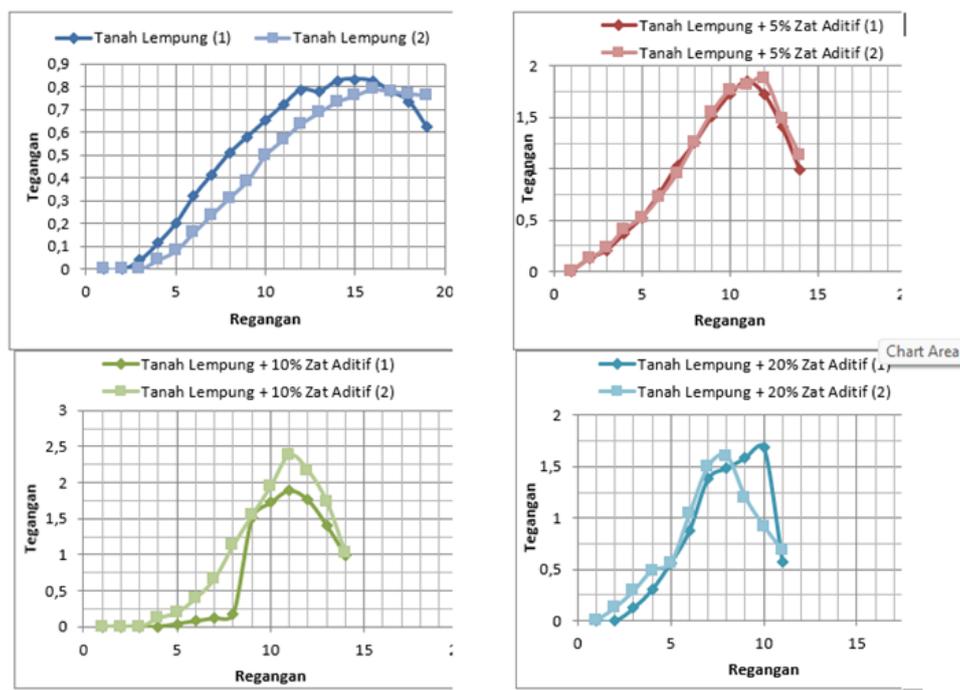
Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas

Pengujian ini untuk menentukan hubungan tanah yang distabilisasi dengan zat aditif menggunakan uji kuat tekan bebas dengan bahan contoh yang dicetak dari sampel pemadatan dengan nilai kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum. Adapun data hasil pengujian kuat tekan bebas yang diperoleh dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas

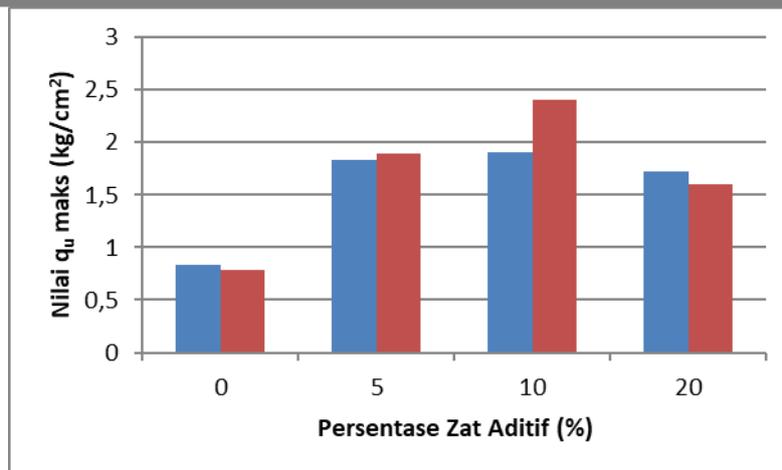
Sampel	Tanah	Parameter		
		Nilai q_u (kg/cm ²)	Rata-rata (q_u)	Nilai C_u (kg/cm ²)
Sampel A	Tanah Lempung	0,832	0,807	0,404
		0,782		
Sampel B	Tanah Lempung + 5% Zat Aditif	1,832	1,861	0,931
		1,889		
Sampel C	Tanah Lempung + 10% Zat Aditif	1,900	2,150	1,075
		2,400		
Sampel D	Tanah Lempung + 20% Zat Aditif	1,718	1,660	0,830
		1,602		

Dari hasil pengujian tersebut, diperoleh nilai *Cohesi Undrained* (C_u) tanah lempung sebesar 0,404, maka tanah tersebut termasuk dalam kategori lunak sampai sedang. Sedangkan untuk campuran tanah lempung dengan tambahan zat aditif berkisar 0,8 sampai 1,0 yang termasuk dalam kategori sedang sampai kenyal. Adapun grafik untuk nilai q_u seperti **Tabel 8** dapat dilihat pada **Gambar 5**



Gambar 6. Grafik hubungan regangan dan tegangan hasil pengujian kuat tekan bebas

Dari **Gambar 6** dapat dilihat adanya perubahan nilai q_u maks yang sebelum dan sesudah ditambahkan dengan zat aditif. Kenaikan dan penurunan nilai q_u dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik hubungan presentase zat aditif dan nilai q_u maksimum

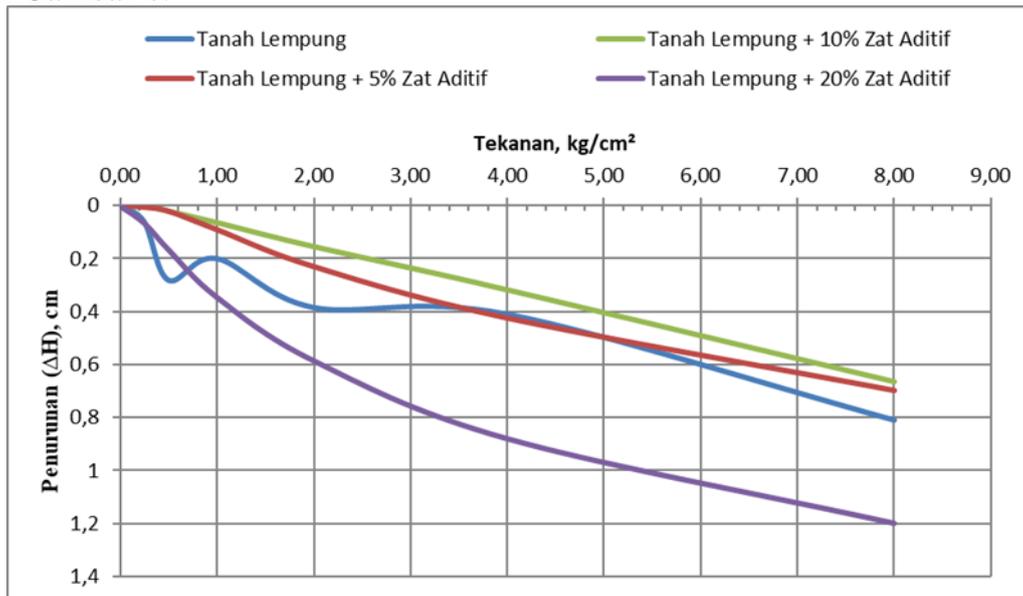
Dari hasil pengujian kuat tekan bebas, diperoleh nilai kuat tekan bebas maksimum untuk tanah lempung sampel A sebesar $0,832 \text{ kg/cm}^2$, untuk penambahan 5% sampai 10% zat aditif tanah mengalami kenaikan nilai q_u sebesar 56,21% dari tanah asli. Ketika tanah lempung dicampur dengan zat aditif sebesar 20% nilai q_u mengalami penurunan sebesar 9,37%. Hasil Pengujian Pemampatan .

Tabel 9. Parameter Yang Diperoleh Dari Kurva Hubungan Tegangan Terhadap Akar Waktu

Sampel	Variasi Campuran	Tekanan (kg/cm ²)	Penurunan Rata-rata (cm)	t_{90}	Cv	Rata-rata Cv
A	Tanah Lempung	0,25	0,060	2,400	0,353	0,214
		0,50	0,280	178,790	0,005	
		1,00	0,199	2,990	0,284	
		2,00	0,384			
		4,00	0,409			
		8,00	0,809			
B	Tanah Lempung + 5% Zat Aditif	0,25	0,005	218,860	0,004	0,214
		0,50	0,020	0,710	1,194	
		1,00	0,090	1225,340	0,001	
		2,00	0,230	75,560	0,011	
		4,00	0,425	13,790	0,061	
		8,00	0,700	76,900	0,011	
C	Tanah Lempung + 10% Zat Aditif	0,25	0,003	150,353	0,006	0,022
		0,50	0,023	23,294	0,036	
		1,00	0,066	29,669	0,029	
		2,00	0,156	73,774	0,011	
		4,00	0,318	21,477	0,039	
		8,00	0,663	96,226	0,009	
D	Tanah Lempung + 20% Zat Aditif	0,25	0,065	60,000	0,014	0,038
		0,50	0,165	7,096	0,120	
		1,00	0,345	158,651	0,005	
		2,00	0,585	56,548	0,015	
		4,00	0,880			
		8,00	1,200			

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pemampatan tanah akibat perubahan vertikal yang mana diperoleh parameter e , C_c , C_s , dan C_v . Berdasarkan hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 9. Dari **Tabel 9** memperlihatkan, nilai koefisien konsolidasi (C_v) tanah lempung dengan rata-rata sebesar $0,214 \text{ cm}^2/\text{det}$. Dengan penambahan 5% zat aditif pada tanah lempung, untuk nilai C_v rata-rata tidak mengalami perubahan. Kemudian dengan penambahan 10% zat aditif nilai C_v mengalami penurunan sebesar 89,72% dari nilai C_v tanah asli. Dengan penambahan 20% zat aditif pada tanah mengalami kenaikan sebesar 42,11%.

Demi memperjelas hubungan antara σ dan ΔH yang dialami oleh bahan uji digambarkan melalui **Gambar 8**.



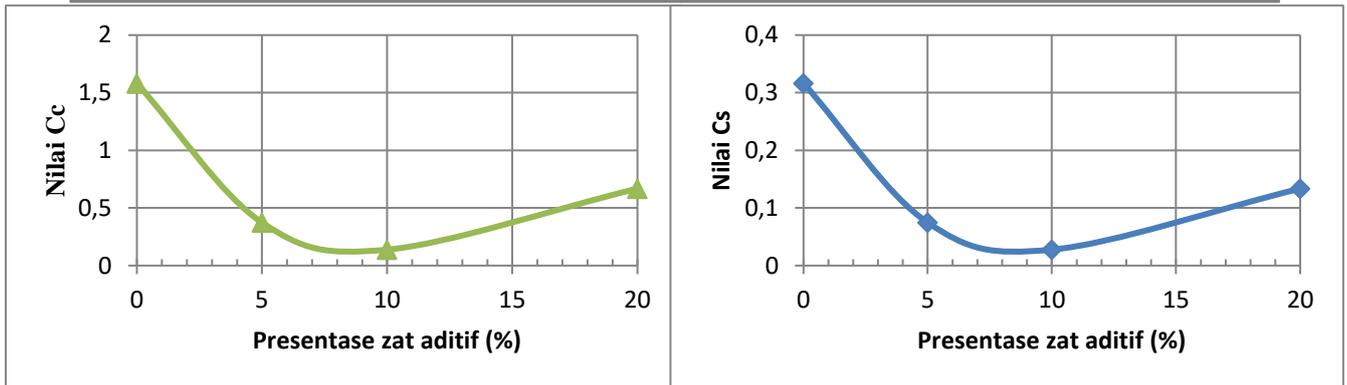
Gambar 8 Grafik hubungan tekanan dan penurunan konsolidasi untuk setiap sampel

Dapat dilihat **Gambar 8**, untuk tanah asli tanpa adanya campuran zat aditif mengalami penurunan hingga 0,809 cm, berbeda dengan tanah yang telah ditambahkan dengan zat aditif. Untuk sampel tanah dengan penambahan 5% zat aditif penurunan berkisar 0,005 cm hingga 0,700 cm, untuk sampel tanah dengan penambahan 10% zat aditif penurunan berkisar 0,003 cm hingga 0,663 cm. Sedangkan sampel tanah dengan penambahan 20% zat aditif mengalami penurunan berkisar 0,065 cm hingga 1,200 cm. Hal tersebut menunjukkan dengan penambahan zat aditif 5% sampai 10% akan menurunkan tingkat penurunan yang terjadi pada tanah akibat konsolidasi. Berbeda dengan penambahan 20% zat aditif tanah cenderung mengalami penurunan yang lebih besar dari tingkat penurunan tanah sebelum ditambahkan zat aditif.

Tabel 10. Nilai C_c Dan C_s Dari Pengujian Pemampatan

Sampel	Nilai C_c (Indeks pemampatan)	Nilai C_s (Indeks pemuaihan)
A (Tanah lempung + 0% zat aditif)	1,582	0,316
B (Tanah lempung + 5% zat aditif)	0,374	0,075
C (Tanah lempung + 10% zat aditif)	0,139	0,028
D (Tanah lempung + 20% zat aditif)	0,668	0,134

Nilai penurunan C_c (Indeks Pemampatan) dan C_s (Indeks Pemuaihan) dari **Tabel 12** dapat digambarkan pada grafik berikut :



Gambar 9. Grafik Hubungan Presentase Zat Aditif Dan Nilai Cc Dan Cs

Gambar 9 Menunjukkan Nilai Cc Dan Cs Cenderung Menurun Setelah Tanah Ditambahkan Dengan Zat Aditif. Hal Ini Menunjukkan Dengan Penambahan Zat Aditif Terhadap Tanah Penurunan Yang Terjadi Dapat Berkurang Hingga 91,21% Dari Tanah Asli. Serta Mengurangi Pemuaihan Yang Terjadi Pada Tanah Hingga 91,13% Dari Tanah Asli.

Hasil Pengujian Geser Langsung

Dari Hasil Pengujian Geser Langsung Diperoleh Parameter Kuat Geser Tanah, Yaitu Kohesi (C) Dan Sudut Gesek Tanah (Φ). Parameter Kuat Geser Tanah Tersebut Ditentukan Dengan Menggunakan Persamaan-Persamaan Dan Grafik (Data Hasil Pengujian Terlampir). Secara Umum Data Hasil Pengujian Geser Langsung Dapat Dilihat Pada Tabel Berikut :

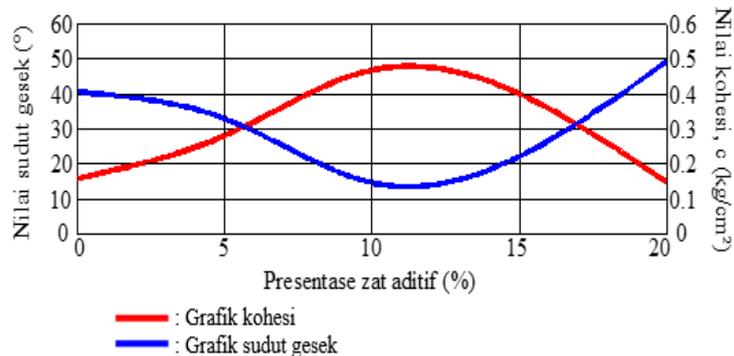
Tabel 11. Hasil Pengujian Geser Langsung

Sampel	Jenis Tanah	c (Kohesi)	Rata-rata kohesi	ϕ (Sudut Gesek)	Rata-rata ϕ
Sampel A	Tanah Lempung	0,408	0,401	14,198°	16,565°
		0,393		18,932°	
Sampel B	Tanah Lempung + 5% Zat Aditif	0,300	0,324	28,102°	28,784°
		0,347		29,466°	
Sampel C	Tanah Lempung + 10% Zat Aditif	0,123	0,142	45,735°	47,400°
		0,160		49,065°	
Sampel D	Tanah Lempung + 20% Zat Aditif	0,503	0,486	14,198°	15,554°
		0,468		16,909°	

Dari **Tabel 11** diperoleh nilai kohesi (c) untuk tanah lempung dengan rata-rata sebesar 0,401 gr/cm². Dengan campuran zat aditif sebesar 5% sampai 10% terhadap tanah lempung cenderung menurunkan nilai kohesi hingga 64,59% dari tanah asli. Pada saat penambahan 20% zat aditif nilai kohesi meningkat lagi hingga 70,78%. Dari hasil pengujian memperlihatkan kecenderungan terjadinya penurunan dan peningkatan nilai kohesi.

Selain kohesi, nilai sudut gesek (ϕ) juga mengalami perubahan. Hal tersebut dilihat dari nilai sudut gesek untuk tanah asli dengan rata-rata 16,565°, mengalami kenaikan mencapai 65,05% ketika ditambahkan hingga 10% zat aditif. Berbeda dengan penambahan 20% zat aditif pada tanah, nilai sudut gesek mengalami penurunan dari nilai sudut gesek tanah asli.

Hubungan antara presentase campuran zat aditif dengan kohesi dan sudut gesek tanah dapat dilihat dalam grafik berikut ini :



Gambar 10. Grafik hubungan nilai kohesi dan sudut gesek tanah lempung dengan campuran zat aditif

Dari **Gambar 10**, menunjukkan nilai kohesi tanah yang naik turun akibat dicampurkan dengan zat aditif. Hal tersebut karena nilai kohesi tanah ditentukan oleh gaya yang saling tarik menarik antara butiran tanah. Penambahan variasi presentase campuran zat aditif mengakibatkan terjadinya pengurangan gaya tarik menarik antara zat aditif dengan butiran tanah akibat perbedaan karakteristik dari kedua bahan tersebut, yang menyebabkan nilai kohesi tanah jadi cenderung menurun. Sama halnya dengan nilai kohesi nilai sudut gesek juga mengalami kenaikan dan penurunan akibat zat aditif yang dicampurkan dengan tanah lempung.

Adanya perubahan nilai kohesi dan sudut gesek tanah mempengaruhi nilai kuat geser tanah. Kuat geser tanah dapat dihitung dengan nilai kohesi dan sudut gesek pada Tabel 13, dengan menggunakan tegangan normal (σ_n) maksimum sebesar $0,271 \text{ kg/cm}^2$ diperoleh nilai kuat geser untuk sampel A yaitu tanah lempung asli sebagai berikut :

$$c = 0,401 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 16,565^\circ \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_n = 0,271 \text{ kg/cm}^2$$

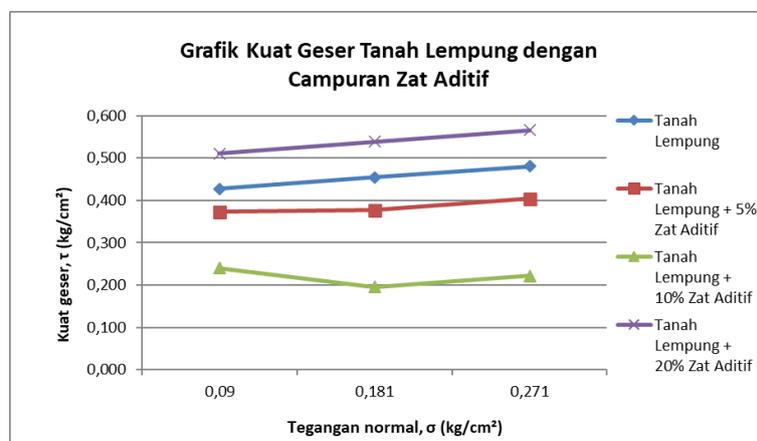
$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

$$\tau = 0,401 + 0,271 \tan 16,565$$

$$\tau = 0,481 \text{ kg/cm}^2$$

Adapun tabel keseluruhan sampel dari pembebanan 9 kg dari pengujian geser langsung dapat dilihat pada tabel berikut.

Berdasarkan tabel hasil perhitungan kuat geser tanah diperoleh gambaran mengenai hubungan presentase zat aditif dengan kuat geser tanah seperti yang diperlihatkan grafik pada gambar berikut :



Gambar 11. Grafik hubungan kuat geser tanah lempung dengan campuran zat

aditif

Grafik pada **Gambar 11** menunjukkan bahwa nilai kuat geser yang cenderung meningkat sejalan dengan bertambahnya tegangan normal. Nilai kuat geser paling rendah terletak pada pencampuran zat aditif sebesar 10%. Dengan campuran 20% zat aditif terhadap tanah, nilai kuat geser jadi meningkat lebih dari sampel awal.

Bertambahnya presentase zat aditif yang dicampurkan pada tanah sampai dengan 10% menunjukkan nilai kuat geser tanah yang semakin menurun. Hal tersebut menunjukkan kepadatan tanah yang semakin bertambah. Maka dari Gambar 14, nilai kuat geser yang paling rendah memiliki nilai kepadatan tanah yang paling besar. Berbeda dengan penambahan 20% zat aditif menunjukkan nilai kuat geser yang besar. Hal tersebut menunjukkan bahwa tingkat kepadatan tanah yang semakin rendah akibat berlebihan presentase zat aditif akan membuat nilai kuat geser semakin besar.

Dapat disimpulkan bahwa penambahan zat aditif membuat nilai kuat geser tanah cenderung semakin menurun dengan bertambahnya zat aditif yang digunakan. Hal tersebut karena pengaruh dari proses sementasi yang dialami tanah. Semen dan MgCl yang tercampur dalam tanah mengikat air dalam tanah dan membentuk sedimen, akibatnya tanah mengalami berkurangnya nilai kohesi dan bertambahnya nilai sudut gesek tanah lempung.

Zat aditif digunakan untuk memperkuat setiap beban yang diterima oleh tanah, dengan kata lain beban yang diterima oleh tanah akan ditahan oleh butiran tanah dan zat aditif. Zat aditif akan berperan sebagai perlawanan geser terhadap tanah lempung. Varian presentase zat aditif harus disesuaikan dengan kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum tanah, sehingga perlawanan geser yang diberikan semakin meningkat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang Prosedur Pengelolaan Surat Masuk dan Surat Keluar pada Kantor Pelayanan Perbendaharaan Negara Kota Bandung, maka diperoleh diambil kesimpulan bahwa prosedur pengelolaan surat masuk dan keluar pada Kantor Pelayanan Perbendaharaan Negara Kota Bandung bisa dikatakan baik dan lancar, meskipun pencatatan surat hanya tergantung pada buku agenda, dan pegawai yang mengelola surat hanya satu orang (pengelola tunggal). Prosedur pengelolaan surat masuk dan surat keluar pada Kantor Pelayanan Perbendaharaan Negara Kota Bandung mengacu pada Standar Operasional Prosedur Pengelolaan Surat Masuk pada Pengadilan Tinggi Agama Bandung berpedoman kepada Keputusan Ketua Mahkamah Agung RI Nomor : 143/KMA/SK/VIII/2007 tentang Memberlakukan Buku I bagian Administrasi Tata Persuratan, Tata Kearsipan dan Administrasi Keprotokolan, Kehumasan dan Kemanan halaman 277-286. Prosedur pengelolaan surat masuk pada Kantor Pelayanan Perbendaharaan Negara Kota Bandung terdiri atas : 1) menerima surat; 2) membuka surat; 3) menilai surat; 4) mencatat surat; 5) penandatanganan surat; 6) mengarahkan surat dan; 7) penyimpanan surat. Sedangkan untuk prosedur pengelolaan surat keluar pada Kantor Pelayanan Perbendaharaan Negara Kota Bandung terdiri dari : 1) pembuatan konsep surat; 2) persetujuan konsep surat; 3) pengetikan surat; 4) penandatanganan surat; 5) pencatatan surat; 6) pemberian cap dinas; 7) penyampulan surat; 8) pengiriman surat dan; 9) penyimpanan.

Kendala-kendala dalam pengelolaan surat masuk dan surat keluar adalah terkadang tidak semua surat diserahkan ke petugas pengelola surat untuk diarsipkan, tetapi masih disimpan di masing-masing bidang yang berkepentingan atau tujuan dari surat tersebut. Terkadang petugas lupa memberi nomor surat keluar, dan ada alamat tujuan yang salah, terkadang ada pegawai yang meminjam surat dan pada waktu pengembalian surat tersebut pegawai yang meminjam surat itu mengembalikan surat sendiri tanpa memberi tahu petugas pengelola surat dan terjadi

kesalahan tempat dalam mengembalikan surat. Sehingga pada waktu surat diperlukan kembali surat tersebut susah diketemukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, W. W. (2012). Uji Tekanan Pengembangan Tanah Ekspansif Ditinjau Dari Besarnya Kadar Air.
- Cassiophea, L. (2014). Relationship Of Pore Number With Consolidation Settlement Of Clay. *Balanga: Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 2(2), 1–11.
- Fadilla, N. (2014). Pengujian Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Test) Pada Stabilitas Tanah Lempung Dengan Campuran Semen Dan Abu Sekam Padi. Universitas Sumatera Utara.
- Febrian, A., & Prihatiningsih, A. (2021). Peningkatan Kekuatan Tanah Organik Dengan Pencampuran Empat Jenis Limbah Ramah Lingkungan. *Jmts: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 867–874.
- Gazali, A., & Adawiyah, R. (2018). Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Daya Dukung Tanah Lunak Gambut Kalimantan Selatan Distabilisasi Menggunakan Semen Portland: Effect Of Variation Of Curing Time On The Soft Carrying Capacity Of South Kalimantan Peat Stabilized Using Portland Cement. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 7(1), 9–17.
- Hakim, L., & Sucipto, T. (2015). Sifat Fisis Dan Mekanis Papan Semen Dari Limbah Industri Pensil Dengan Berbagai Rasio Bahan Baku Dan Target Kerapatan. *Peronema Forestry Science Journal*, 4(3), 56–64.
- Kodoatie, R. J. (2021). Tata Ruang Air Tanah. Penerbit Andi.
- Kusuma, R. I. (2012). Pengaruh Bahan Aditif (Merk Xyz) Terhadap Kuat Tekan Tanah. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 1(1).
- Lestari, I., & Lestari, G. A. A. (2014). Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif. *Ganeç Swara*, 8(2), 4.
- Lumikis, B. K., Monintja, S., Balamba, S., & Sarajar, A. N. (2013). Korelasi Antara Tegangan Geser Dan Nilai Cbr Pada Tanah Lempung Ekspansif Dengan Bahan Campuran Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 1(6).
- Muda, A. (2016). Model Pendekatan Alat Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah Di Laboratorium. *Info-Teknik*, 17(1), 53–68.
- Putra, R. K. (2022). Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Campuran Semen Dan Difa Soil Stabilizer Untuk Pengaplikasian Perkerasan Jalan.
- Ramdhan, M. (2021). Metode Penelitian. Cipta Media Nusantara.
- Rayes, M. L. (2017). Morfologi Dan Klasifikasi Tanah. Universitas Brawijaya Press.
- Salim, S., Karo-Karo, I. R., & Haidir, H. (2022). Penelitian Tindakan Kelas: Teori Dan Aplikasi Bagi Mahasiswa, Guru Mata Pelajaran Umum Dan Pendidikan Agama Islam Di Sekolah.
- Sudarman, A. R. (2016). Korelasi Antara Kuat Tekan Bebas Dengan Kuat Geser Langsung Pada Tanah Lanau Disubstitusi Dengan Pasir.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)