



PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN *GROUTING* KOMBINASI SEMEN DAN KAPUR PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP NILAI DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN

Evrid Oktobrianto Eka Putra^{*}, Suradji Gandi, dan Fatma Sarie

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya

^{*}Corresponding Author, Email: evridoktobrianto@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu permasalahan pada tanah yang sering menjadi kendala dalam suatu kegiatan konstruksi salah satunya adalah penurunan tanah. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kuat sifat fisik dan mekanik tanah lempung dan menganalisis besar nilai daya dukung tanah dan nilai penurunan konsolidasi tanah lempung setelah dilakukan grouting. Metode stabilisasi tanah pada penelitian ini merupakan metode Grouting menggunakan bahan semen portland dan kapur aktif. Variasi yang akan digunakan adalah 2 titik grouting kombinasi semen dan kapur ($d = 1$ cm) dan 4 titik grouting kombinasi semen dan kapur ($d = 0,75$ cm). Diameter titik dibuat berbeda agar total luas permukaan sampel uji sama. Semua sampel uji akan diperam selama 3 hari. Hasil pengujian sifat fisik, berdasarkan klasifikasi AASHTO tanah masuk dalam kelompok A-7-6 (6) (tanah berlempung) dengan kondisi sedang sampai buruk dan menurut sistem USCS tanah termasuk kelompok CL. Hasil uji konsolidasi tanah lempung tanpa grouting, $S_c = 0,243$ cm. Variasi 2 titik grouting kombinasi semen dan kapur, $S_c = 0,174$ cm dan variasi 4 titik grouting kombinasi semen dan kapur, $S_c = 0,159$ cm. Nilai daya dukung tanah lempung tanpa grouting (q_{ult}) = $4,9053$ kg/cm². Variasi 2 titik grouting kombinasi semen dan kapur, nilai daya dukung (q_{ult}) = $7,8070$ kg/cm² dan variasi 4 titik grouting kombinasi semen dan kapur, nilai daya dukung (q_{ult}) = $12,9126$ kg/cm². Dari hasil pengujian dapat disimpulkan grouting meningkatkan nilai daya dukung dan memperkecil nilai penurunan tanah lempung.

Kata Kunci : Tanah Lempung, Grouting, Daya Dukung, Penurunan, Konsolidasi

ABSTRACT

The problems in the soil is often an obstacle in a construction activity, one of which is land subsidence. The purpose of this study was to analyze the physical and mechanical properties of clay soil and to analyze value of bearing capacity soil and value of settlement consolidation of the clay after grouting. Soil improvement method in this study is grouting using portland cement and activated lime. Variations will be used are 2 points grouting combination of cement and lime ($d = 1$ cm) and 4 points grouting combination of cement and lime ($d = 0,75$ cm). Point diameters are made different so that the total surface area of the sample is same. All samples will be cured for 3 days. The results of physical test, based on AASHTO classification, the soil is in group A-7-6 (6) (clay soil) with moderate to bad condition and USCS system soil is in the CL group. The results of clay soil consolidation test without grouting, $S_c = 0,243$ cm. Variation 2 points combined grouting, $S_c = 0,174$ cm and variation 4 points combined grouting, $S_c = 0,159$ cm. Value bearing capacity of clay without grouting (q_{ult}) = $4,9053$ kg/cm². Variation 2 points combined grouting, the value of bearing capacity (q_{ult}) = $7,8070$ kg/cm² and variations 4 points combined grouting, value of bearing capacity (q_{ult}) = $12,9126$ kg/cm². From the test results, it can be concluded that grouting increases the value of the bearing capacity and reduces the value settlement of clay soil.

Keywords : Clay, Grouting, Bearing Capacity, Settlement, Consolidation

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanah berfungsi sebagai penahan beban konstruksi di atasnya. Ada beberapa jenis tanah, salah satunya adalah tanah lempung. Lempung artinya tanah berbutir halus koloidal berasal dari mineral-mineral yang bisa mengembang.. Lempung ekspansif memiliki sifat khusus yaitu kapasitas pertukaran ion yang tinggi yang akan mengakibatkan lempung jenis ini mempunyai potensi pengembangan yang cukup tinggi jika terjadi perubahan kadar air (Supriyono, 1995). Ada beberapa permasalahan yang terdapat pada tanah lempung antara lain, penurunan (*settlement*), penyusutan dan pengembangan tanah. Permasalahan tersebut mempengaruhi tingkat kelayakan tanah untuk menerima beban di atasnya. Untuk itulah penelitian ini dilakukan dengan bertujuan untuk menganalisis sifat fisik tanah serta mengetahui seberapa besar pengaruh metode *grouting* pada tanah lempung.

Tanah lempung yang akan digunakan sebagai sampel penelitian diambil di Jalan Trans Palangka Raya - Kuala Kurun kilometer 99, daerah Desa Tanjung Taritak, Kecamatan Sepang, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah. Dari hasil observasi yang saya lakukan di lokasi tersebut, jenis tanah yang mendominasi di lokasi tersebut adalah tanah lempung. Kemudian di lokasi tersebut juga terdapat beberapa titik area yang jalannya mengalami kerusakan atau ambles. Hal tersebut kemungkinan besar terjadi akibat daya dukung tanah di lokasi tersebut rendah sehingga terjadi penurunan elevasi tanah. Sehingga apabila hal itu dikaitkan dengan keadaan yang ada di lokasi tersebut, maka perlu adanya stabilisasi tanah agar saat konstruksi bangunan atau jalan selesai dibangun, tidak terjadi kerusakan-kerusakan yang berada di atas tanah lempung.

Penelitian ini bertujuan antara lain: 1) menganalisis sifat fisik dan mekanik tanah lempung asli di Jalan Trans Palangka Raya - Kuala Kurun, Kilometer 99, daerah Desa Tanjung Taritak, Kecamatan Sepang, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah; 2). menganalisis besar nilai daya dukung tanah dan nilai penurunan konsolidasi tanah lempung asli; 3) menganalisis besar nilai daya dukung tanah dan nilai penurunan konsolidasi tanah lempung setelah dilakukan *grouting* dengan kombinasi bahan semen dan kapur

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah Lempung

Lempung (*Clay*) merupakan partikel tanah yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm (Bowles, 1993). Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah, bersifat plastis pada kadar air sedang. Sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak (Terzaghi, 1987). Sifat-sifat tanah lempung adalah sebagai berikut: 1) ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm; 2). permeabilitas rendah; 3). peningkatan air kapiler tinggi; 4) sangat bersifat kohesif; 5) tingkat penyusutan dan pertumbuhan tinggi; 6) proses konsolidasi lambat (Purwanto, et al, 2020)

Grouting

Grouting merupakan jenis stabilisasi tanah yang bertujuan untuk menutup rongga pada tanah maupun batuan dengan melalui lubang bor untuk menaikkan kekuatan tanah (Dwiyanto, 2005).

Semen Portland

Berdasarkan standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 15-2049-2004, Semen *portland* adalah semen hidrolis yg dihasilkan menggunakan cara menggiling terak (clinker) portland terutama yg terdiri atas kalsium silikat ($x\text{CaO}.\text{SiO}_2$) yg bersifat hidrolis dan digiling beserta-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4.x\text{H}_2\text{O}$) serta boleh ditambah menggunakan bahan tambahan lain. Di penelitian ini semen *portland* yang akan digunakan ialah semen *portland* tipe 1. Jenis semen ini banyak dipergunakan buat material perkerasan jalan, gedung, jembatan, dan lain-lain. Jenis semen *portland* tipe 1 pada konstruksi beton tidak memungkinkan buat mendapat serangan sulfat asal tanah serta menyebabkan panas hidrasi yg tinggi. Jenis semen *portland* tipe 1 ini termasuk semen yang awam serta banyak dipergunakan oleh kalangan rakyat serta seringkali digunakan buat kontruksi bangunan pada umumnya.

Kapur Aktif

Pada penelitian ini jenis kapur yang akan digunakan adalah jenis kapur aktif. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 03-4147-1996, Kapur aktif atau kapur tohor merupakan hasil dari kapur mentah yang mengalami pembakaran pada suhu kurang lebih 90 derajat celcius. Apabila kapur aktif mengalami interaksi dengan air, maka kapur aktif akan mengalami perkerasan dan menjadi kapur padam. Kapur juga merupakan bahan yang penting dan banyak dimanfaatkan dalam kegiatan konstruksi. Kapur juga merupakan bagian campuran dari semen karena memiliki sifat yang dapat merekatkan.

Daya Dukung Tanah

Daya dukung batas (*ultimate bearing capacity*) ialah daya dukung terbesar berasal tanah, daya dukung ini ialah kemampuan tanah untuk mendukung beban dengan asumsi tanah mulai mengalami keruntuhan (Terzaghi dan Peck, 1987).

Oktaviana, et al (2021) melakukan penelitian tentang hasil penggunaan abu ampas tebu, semen *portland* dan abu terbang (*fly ash*) pada kuat geser tanah dan daya dukung tanah lempung dengan durasi pemeraman selama 1 hari dan 7 hari, dan hasil yang didapatkan adalah lama pemeraman memberikan pengaruh yang besar terhadap kenaikan nilai daya dukung tanah. Amania, et al (2021) melakukan penelitian tentang pencampuran tanah lempung dan pasir sirkon, abu kayu dan *fly ash* dengan variasi persentase campuran 5%, 10% dan 15% dengan durasi pemeraman selama 3 hari dan 7 hari dengan hasil yang didapatkan setelah dilakukan penelitian memberikan pengaruh terhadap peningkatan daya dukung pada tanah lempung.

Penurunan

Penurunan tanah disebabkan oleh perubahan komposisi tanah dan berkurangnya pori-pori atau air di dalam tanah. Jumlah penurunan menurut kedalaman lapisan memberikan penurunan total tanah. Pengurangan biaya adalah jumlah pengurangan langsung dan konsolidasi (Das, 1995). Pada penelitian ini untuk mengetahui nilai dari penurunan dilakukan pengujian konsolidasi (*consolidation test*). Selain itu pengujian konsolidasi dilakukan untuk mengetahui apakah metode perbaikan yang dilakukan pada sampel tanah uji dapat memperbaiki dan memperkecil nilai penurunan tanah.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini terdapat 2 lokasi yaitu lokasi pengambilan sampel tanah dan lokasi laboratorium penelitian. Lokasi pengambilan tanah lempung dilakukan di jalan Trans Palangka Raya Kuala Kurun, Kilometer 99, daerah Desa Tanjung Taritak, Kecamatan Sepang, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah, dengan koordinat lokasi berada pada 1.45°S, 113.88°E. Lokasi penelitian dilakukan di Lab. Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Lempung

Pengujian Sifat Fisik Tanah Lempung

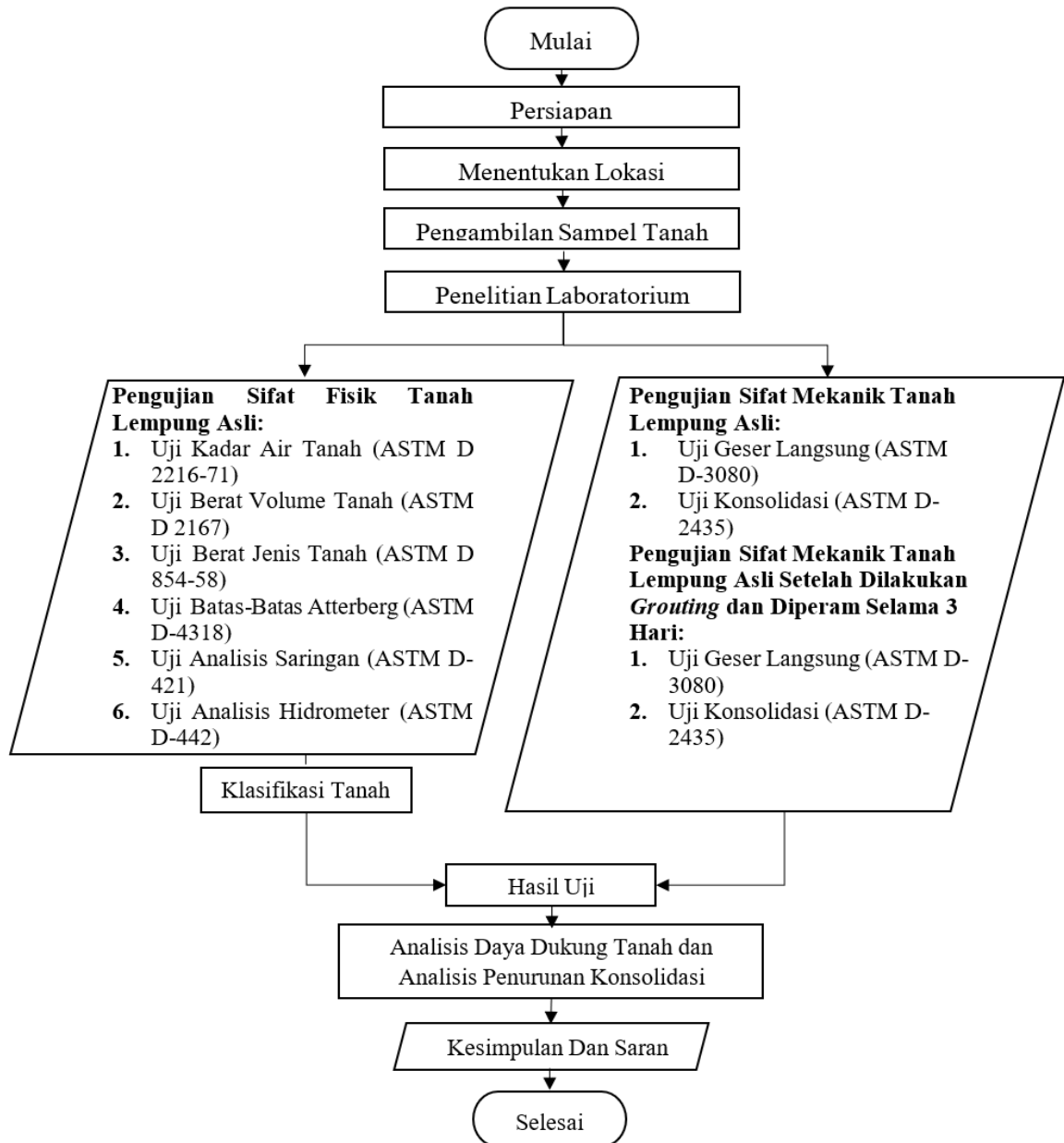
Pengujian untuk sifat fisik tanah Lempung mencakup pengujian kadar air tanah, pengujian berat volume tanah, pengujian berat jenis, pengujian batas konsistensi tanah, pengujian analisis saringan dan pengujian analisis hydrometer.

Pengujian Sifat Mekanik Tanah Lempung

Terdapat dua metode pengujian yang akan dilakukan dalam uji sifat mekanik tanah lempung, yaitu pengujian konsolidasi dan uji geser langsung.

Proses Pembuatan Sampel Uji

Tanah lempung yang sudah diambil dari lokasi yang dibawa menggunakan tabung silinder dikeluarkan dengan menggunakan ekstruder mol, selanjutnya dicetak menggunakan ring, dan didapatkanlah sampel uji tanah asli tanpa *grouting* dan sampel uji yang akan *digrouting*. Proses pembuatan sampel uji yang akan *digrouting* yaitu antara lain menentukan titik *grouting* pada sampel uji. Sampel uji yang digunakan antara lain sampel uji 2 titik dan 4 titik *grouting* dengan kombinasi larutan semen *portland* dan kapur aktif, dengan diameter titik 1 cm untuk sampel 2 titik *grouting* dan 0,75 cm untuk sampel 4 titik *grouting*. Alat yang digunakan untuk membuat lubang titik *grouting* adalah sedotan *stainless*. Alat yang digunakan untuk menyuntikan larutan kombinasi semen dan kapur pada titik *grouting* adalah suntikan. Selanjutnya dilakukan pemeraman selama 3 hari pada seluruh sampel uji *grouting* sebelum dilakukan pengujian.



Gambar 2. Bagan Alir Penyusunan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Melalui pengujian sifat fisik ini akan didapatkan klasifikasi tanah. Untuk hasil yang didapatkan dari pengujian dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Uji Fisik Tanah

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Pemeriksaan
1	Kadar Air (w)	%	35,35
2	Pemeriksaan berat isi, isi pori, drajat kejenuhan		
	- Berat Volume/isi Tanah (γ)		
	- Angka Pori (e)	gr/cm ³	1,74
	- Derajat Kejenuhan (S)		0,011
	- Porositas (n)	%	88,28
			0,5239
3	Berat Jenis(Gs)		2,69
4	Pemeriksaan analisa saringan		
	- Persentase tertahan di saringan No.200	%	47,10
	- Lolos saringan No.200	%	52,90
5	Batas-batas <i>Atterberg</i>		
	LL (Batas Cair)	%	41,12
	PL (Batas Plastis)	%	24,22
	PI (Indeks Plastisitas)	%	16,90
	SL (Batas Susut)	%	12,85
6	Hidrometer		
	Cc 1-3		0,9704
	Cu > 4		30,4347

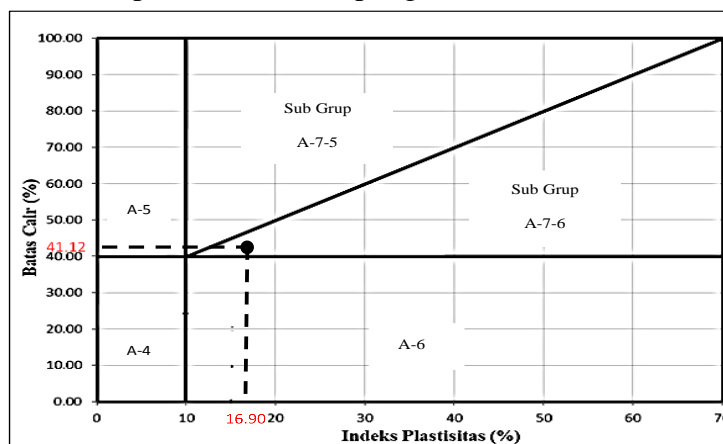
Dari nilai Cc dan Cu yang didapat dari hasil pengujian, maka dapat disimpulkan tanah tersebut bergradasi buruk.

Sumber: Analisis Data (2022)

Sistem Klasifikasi AASHTO

Hasil yang didapatkan dari pengujian analisa saringan, persentase banyak nilai material yang lolos saringan No. 200 adalah 52,90% > 35%, dari hasil tersebut tanah termasuk kedalam klasifikasi tanah berlempung.

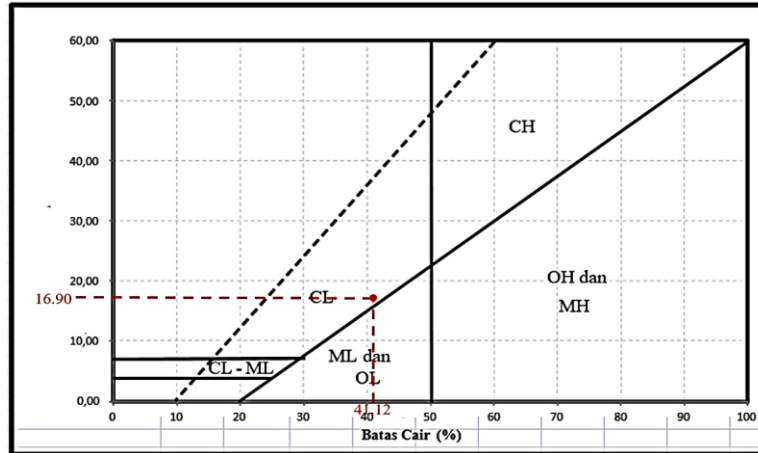
Dilihat dari Gambar 1 didapat nilai batas cair (LL) rata-rata = 41,12% > 40% dan indeks plastisitas (PI) rata-rata = 16,90% > 11% maka tanah tersebut termasuk kelompok sub grup A-7-6 atau kelompok tanah berlempung.



Gambar 3. Grafik Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastisitas

Sistem Klasifikasi USCS

Dari hasil yang didapatkan, material lolos saringan No.200 rata-rata = 52,90% > 50%, artinya tanah tersebut masuk kedalam kelompok tanah berbutir halus, dan berdasarkan hasil dari uji batas-batas atterberg, nilai batas cair (LL) = 41,12% < 50% dan nilai Indeks Plastisitas (IP) = 16,90%. Selanjutnya setelah hasil yang didapatkan diplot pada gambar 2 tanah lempung termasuk dalam kelompok *Clay Low* atau tanah lempung anorganik dengan tingkat plastisitas rendah sampai sedang.



Gambar 4. Grafik Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastisitas

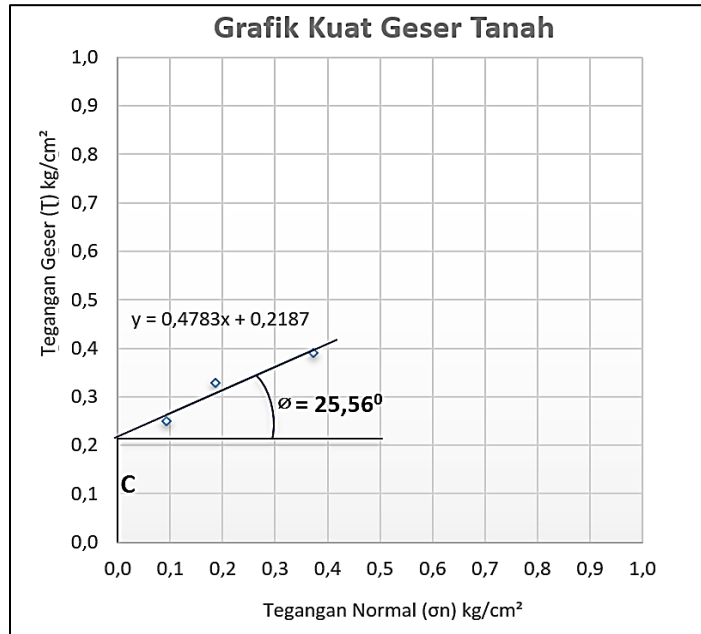
Hasil Pengujian Geser Langsung

Hasil uji geser langsung dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Lempung Asli

Diameter Sampel =		6,40 cm				Calibration =		0,5022 kg/div	
Tinggi Sampel =		2,40 cm				Bentuk Sampel =		Silinder	
Luas =		32,15 cm ²				P3 =		12 kg	
Horizontal	P1 =	3 kg		P2 =	6 kg		σ3 =	0,3732 kg/cm ²	
Dial	σ1 =	0,0933		σ2 =	0,1866		Dial	Kekuatan	
Reading	Dial	Kekuatan		Dial	Kekuatan		Dial	Kekuatan	
(div)	Reading	Geser		Reading	Geser		Reading	n Geser	
		kg/cm ²			kg/cm ²			kg/cm ⁴	
		[1 kg/cm ²			[2 kg/cm ³				
0	0	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0	0,000	0,000
20	4,0	2,009	0,062	6,0	3,013	0,094	11,0	5,524	0,172
40	6,0	3,013	0,094	8,0	4,018	0,125	13,0	6,529	0,203
60	7,0	3,515	0,109	10,0	5,022	0,156	15,0	7,533	0,234
80	8,0	4,018	0,125	11,0	5,524	0,172	16,0	8,035	0,250
100	9,0	4,520	0,141	11,0	5,524	0,172	17,0	8,537	0,266
120	11,0	5,524	0,172	13,0	6,529	0,203	17,0	8,537	0,266
140	11,0	5,524	0,172	13,0	6,529	0,203	18,0	9,040	0,281
160	12,0	6,026	0,187	14,0	7,031	0,219	19,0	9,542	0,297
180	13,0	6,529	0,203	15,0	7,533	0,234	19,0	9,542	0,297
200	14,0	7,031	0,219	16,0	8,035	0,250	20,0	10,044	0,312
220	15,0	7,533	0,234	17,0	8,537	0,266	21,0	10,546	0,328
240	15,0	7,533	0,234	18,0	9,040	0,281	21,0	10,546	0,328
260	16,0	8,035	0,250	18,0	9,040	0,281	22,0	11,048	0,344
280	16,0	8,035	0,250	19,0	9,542	0,297	23,0	11,551	0,359
300	16,0	8,035	0,250	20,0	10,044	0,312	23,0	11,551	0,359
320				21,0	10,546	0,328	24,0	12,053	0,375
340				21,0	10,546	0,328	24,0	12,053	0,375
360				21,0	10,546	0,328	25,0	12,555	0,390
380							25,0	12,555	0,390
400							25,0	12,555	0,390

Sumber : Analisis Data (2022)



Gambar 5. Grafik Uji Geser Langsung Pada Tanah Lempung Asli

Berdasarkan Grafik yang terdapat pada gambar 3 didapatkan nilai sudut geser (ϕ) = $25,56^\circ$ dan kohesi (c) = $0,2187 \text{ Kg/cm}^2$.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Hasil Uji Geser Langsung

Sampel Uji	Sudut Geser Dalam (ϕ)	Kohesi (c) Kg/cm ²
Tanpa Grouting	25,56	0,2187
Grouting 2 Titik (1 Titik Semen + 1 Titik Kapur) d = 1 cm	30,36	0,1952
Grouting 4 Titik (2 Titik Semen + 2 Titik Kapur) d = 0,75 cm	34,74	0,1874

Sumber : Analisis Data (2022)

Perhitungan Daya Dukung Tanah

Jika tanah bersifat padat maka menggunakan perhitungan daya dukung dengan rumus perhitungan keruntuhan geser umum untuk pondasi menerus (Terzaghi. 1943), berikut ini:
 $q_{ult} = c.N_c + D_f.\gamma.N_q + 0,5.\gamma.B.N_\gamma$. Perhitungan daya dukung tanah (q_u) menggunakan nilai koefisien yang diperoleh dari tabel 4.

Tabel 4. Daya Dukung Tanah

	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	N_γ	N_c	N_q	N_γ'	N_c'	N_q'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

Sumber : Hardiyatmo (2007)

Berdasarkan asumsi digunakan koefisien keruntuhan geser umum. Seperti pada Gambar 5 merupakan salah satu contoh hasil sampel tanah lempung asli menggunakan uji geser langsung. Nilai yang diperoleh dari pengujian tersebut adalah $(\phi) = 25,56^{\circ}$ dan kohesi $(c) = 0,2187 \text{ kg/cm}^2$. N_c , N_q dan N_γ diperoleh dari Tabel 4.17, untuk mendapatkan nilai N_c , N_q dan N_γ dari sudut geser $(\phi) = 25,56^{\circ}$ maka, dicari dengan menggunakan rumus interpolasi dari Tabel 4.17. Sehingga diperoleh nilai N_c , N_q dan N_γ sampel tanah lempung asli yaitu:

$$N_c = 13,7976 \qquad N_q = 10,8200 \qquad N_\gamma = 26,4552$$

Diketahui nilai :

$$\begin{aligned} N_c &= 13,7976 & \phi &= 25,56^{\circ} & c &= 0,2187 \text{ kg/cm}^2 \\ N_q &= 10,8200 & B &= 50 \text{ cm} & \gamma &= 0,00157 \text{ kg/cm}^3 \\ N_\gamma &= 26,4552 & D_F &= 50 \text{ cm} & & \end{aligned}$$

Daya dukung tanah:

$$\begin{aligned} q_{ult} &= c.N_c + D_F.\gamma.N_q + 0,5.\gamma.B.N_\gamma \\ q_{ult} &= (0,2187 \times 13,7976) + (50 \times 0,00157 \times 10,8200) + (0,5 \times 0,00157 \times 50 \times 26,4552) \\ q_{ult} &= 4,9053 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

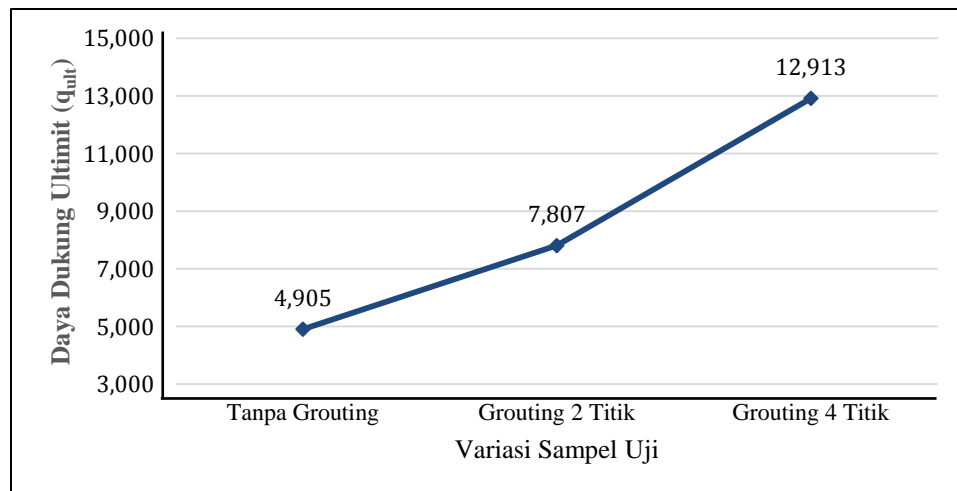
Daya dukung izin:

$$\begin{aligned} q_{ijin} &= \frac{q_{ult}}{SF} \\ q_{ijin} &= \frac{4,9053}{3,0} \\ q_{ijin} &= 1,6351 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai Daya Dukung Tanah

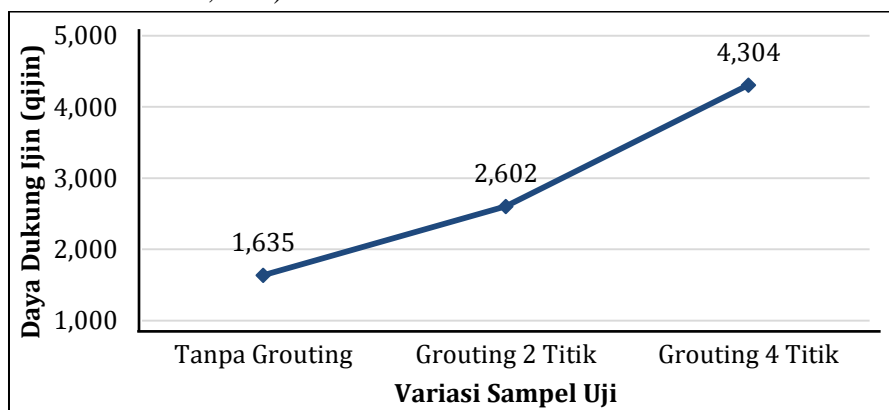
Sampel Uji	Daya Dukung Ultimit (q_{ult}) Kg/cm ²	Daya Dukung Ijin (q_{ijin}) Kg/cm ²
Tanpa Grouting	4,9053	1,6351
Grouting 2 Titik (1 Titik Semen + 1 Titik Kapur) d = 1 cm	7,8070	2,6023
Grouting 4 Titik (2 Titik Semen + 2 Titik Kapur) d = 0,75 cm	12,9126	4,3042

Sumber : Analisis Data (2022)



Gambar 6. Grafik Hubungan Daya Dukung Ultimit (q_{ult}) dengan Variasi Sampel Uji Geser Langsung

Berdasarkan gambar 6 menunjukkan grafik hubungan daya dukung ultimit (q_{ult}) dengan variasi uji geser langsung. Daya dukung tanah asli (q_{ult}) = 4,9053 Kg/cm², pada sampel tanah dengan kombinasi bahan larutan semen *Portland* dan kapur aktif 2 titik *grouting* (diameter 1 cm) daya dukung tanah (q_{ult}) = 7,8070 Kg/cm², (mengalami kenaikan 59,16%), dan pada sampel tanah dengan kombinasi bahan larutan semen *Portland* dan kapur aktif 4 titik *grouting* (diameter 0,75 cm) daya dukung tanah (q_{ult}) = 12,9126 Kg/cm², (mengalami kenaikan 163,24%).



Gambar 7. Grafik Hubungan Daya Dukung Ijin (q_{ijin}) dengan Variasi Sampel Uji Geser Langsung

Berdasarkan gambar 7 menunjukkan grafik hubungan daya dukung ijin (q_{ijin}) dengan variasi sampel uji geser langsung. Daya dukung ijin tanah asli (q_{ijin}) = 1,6351 Kg/cm², pada sampel tanah dengan kombinasi bahan larutan semen *Portland* dan kapur aktif 2 titik *grouting* (diameter 1 cm) daya dukung ijin (q_{ijin}) = 2,6023 Kg/cm², (mengalami kenaikan 59,16%), dan pada sampel tanah dengan kombinasi bahan larutan semen *Portland* dan kapur aktif 4 titik *grouting* (diameter 0,75 cm) daya dukung ijin (q_{ijin}) = 4,3042 Kg/cm², (mengalami kenaikan 163,24%).

Hasil Pengujian Konsolidasi

Pengujian konsolidasi dilakukan dengan menggunakan variasi beban tertentu yang nantinya akan didapatkan nilai-nilai yang diperlukan untuk mendapatkan hasil dari nilai penurunan konsolidasi (S_c). Dari pengujian konsolidasi sampel tanah lempung asli diperoleh rekapitulasi parameter-parameter hasil pengujian konsolidasi sebagai berikut:

Tabel 6. Pengujian Konsolidasi pada Sampel Tanah Lempung Asli

Beban (Kg)	1	2	4	8	16	8
Tegangan (kg/cm ²)	0,32	0,63	1,27	2,53	5,07	2,53
Waktu Percobaan	Pembacaan Arloji (cm)					
0 detik	0	0,045	0,060	0,088	0,178	0,243
9,6 detik	0,035	0,053	0,074	0,152	0,199	0,241
21,4 detik	0,037	0,055	0,077	0,161	0,213	0,241
38,4 detik	0,038	0,056	0,078	0,165	0,218	0,241
1 menit	0,039	0,056	0,080	0,168	0,227	0,241
2,25 menit	0,041	0,057	0,083	0,172	0,232	0,241
4 menit	0,041	0,057	0,085	0,173	0,235	0,241
9 menit	0,042	0,058	0,086	0,174	0,237	0,241

16 menit	0,043	0,058	0,086	0,175	0,238	0,240
25 menit	0,043	0,058	0,086	0,175	0,238	0,240
36 menit	0,043	0,058	0,086	0,176	0,239	0,240
49 menit	0,043	0,058	0,086	0,177	0,239	0,240
60 menit	0,043	0,058	0,087	0,177	0,240	0,240
120 menit	0,044	0,059	0,087	0,177	0,240	0,239
24 jam	0,045	0,060	0,088	0,178	0,243	0,239

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Hasil dari pengujian konsolidasi sampel tanah lempung asli dapat dilihat pada Tabel 6. Pengujian konsolidasi ini ditambahkan beban secara bertahap setiap 24 jam, berturut-turut 1, 2, 4, 8, 16 kg kemudian dikurangi beban 8 kg. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan nilai kadar air dan berat isi sebelum dan sesudah yang dapat dilihat pada tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Kadar Air dan Berat Isi Sampel Tanah Lempung Asli

Kadar Air dan Berat Isi	Sebelum	Sesudah
Berat Tanah Basah + cincin (gr)	73,810	72,070
Berat Cincin (gr)	20,350	20,350
Berat Contoh Basah (gr)	53,460	51,720
Berat Contoh Kering (gr)	39,560	39,560
Berat Air (gr)	13,900	12,160
Kadar Air (%)	35,137	30,738
Berat Isi (gr/cm ³)	1,917	1,854
Berat Isi Kering (gr/cm ³) (Ws)	1,418	1,418

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Selanjutnya didapatkan nilai angka pori dan derajat kejenuhan sebelum dan sesudah pengujian konsolidasi yang dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Angka Pori dan Derajat Kejenuhan Sampel Tanah Lempung Asli

Angka Pori dan Derajat Kejenuhan	Sebelum	Sesudah
Tinggi Sampel (cm)	1,420	1,181
Angka Pori (e_0)	0,897	0,572
Kadar Air (%)	35,137	30,738
Derajat Kejenuhan	105,411	92,215
Berat jenis (Gs)	2,690	2,690

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Ukuran ring sampel yang digunakan pada pengujian konsolidasi ini dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9. Ukuran Ring Sampel Tanah Lempung Asli

Ring	Hasil
Diameter Ring (cm)	5,000
Tinggi Ring (cm)	1,420
Luas Ring (cm ²)	19,643
Hs=Ws/AxGs (cm)	0,749
$e_0 = H_0 - H_s / H_s$	0,897
Hv=H-Hs	0,671

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Perhitungan Penurunan Konsolidasi (Sc)

Nilai Sc diperoleh dari nilai angka pori dan tinggi sampel. Berikut ini adalah cara perhitungan penurunan konsolidasi (Sc) pada sampel tanah lempung asli:

$$Sc = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} \times H$$

$$Sc = \frac{0,897 - 0,572}{1 + 0,897} \times 1,420 = 0,243 \text{ cm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan penurunan konsolidasi (Sc) pada sampel tanah lempung asli didapatkan Sc = 0,243 cm.

Rekapitulasi Nilai Penurunan Konsolidasi (Sc)

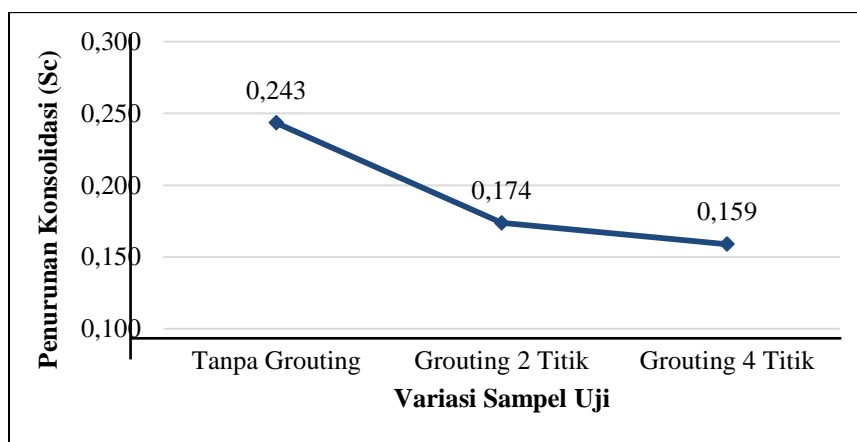
Dari hasil perhitungan nilai penurunan konsolidasi (Sc), didapatkan nilai Sc untuk seluruh sampel uji konsolidasi sebagai berikut:

Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai Penurunan Konsolidasi (Sc)

Sampel Uji Konsolidasi	Penurunan Konsolidasi (Sc)
Tanah Tanpa Grouting	0,243
Grouting 2 Titik (1 Titik Semen + 1 Titik Kapur) d = 1 cm	0,174
Grouting 4 Titik (2 Titik Semen + 2 Titik Kapur) d = 0,75 cm	0,159

Sumber : Analisis Data (2022)

Berdasarkan Tabel 10 diatas didapat grafik Penurunan Konsolidasi (Sc) sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik Hubungan Penurunan Konsolidasi (Sc) dengan Variasi Sampel Uji Konsolidasi

Berdasarkan gambar 6 memperlihatkan grafik hubungan Penurunan Konsolidasi (Sc) dengan variasi sampel uji konsolidasi yang diperam selama 3 hari. Nilai Sc pada sampel tanah asli adalah Sc = 0,243, pada sampel 2 titik grouting kombinasi semen portland dan kapur aktif (diameter 1 cm) yang diperam selama 3 hari didapat nilai Sc = 0,174 (turun sebanyak 28,39% dari tanah asli), dan pada sampel 4 titik grouting kombinasi semen portland dan kapur aktif (diameter 0,75 cm) yang diperam selama 3 hari didapat nilai Sc = 0,159 (34,57% dari tanah asli). Sehingga dari data diatas grouting 2 titik (diameter 1 cm) kombinasi semen portland dan kapur aktif dan grouting 4 titik (diameter 0,75 cm) kombinasi semen portland dan kapur aktif dapat mengurangi adanya penurunan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang dilakukan, maka kesimpulan yang didapat antara lain:

1. Hasil pengujian sifat fisik tanah asli didapat nilai, yaitu: kadar air (w) = 35,35%, berat isi tanah (γ) = 1,74 gr/cm³, berat jenis (G_s) = 2,69, batas-batas *Atterberg*, yaitu: Batas Cair (LL) = 41,12%, Batas Plastis (PL) = 24,22%, Batas Susut (SL) = 12,85%, Indeks Plastisitas (PI) = 16,90%, Analisis saringan persentase tanah lolos saringan No.200 = 52,90%. Menurut AASHTO yang dikelompokkan dalam kelompok A-7-6 (6) termasuk tanah berlempung dengan kondisi sedang sampai buruk dan menurut sistem USCS tanah termasuk kelompok CL atau tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang.
2. Pengaruh dari uji geser langsung terhadap penambahan variasi titik *grouting* kombinasi larutan semen *portland* dan kapur aktif yang memiliki total luasan permukaan yang sama pada seluruh sampel tanah lempung yang *digrouting* dan diperam selama 3 hari terhadap nilai daya dukung mendapatkan hasil, yaitu:
 - Pada sampel uji tanah lempung tanpa *grouting*, nilai daya dukung tanah (q_{ult}) = 4,9053 Kg/cm² dan daya dukung ijin (q_{ijin}) = 1,6351 Kg/cm².
 - Pada sampel uji 2 titik *grouting* kombinasi kapur dan semen (diameter 1 cm), nilai daya dukung tanah (q_{ult}) = 7,8070 Kg/cm² dan daya dukung ijin (q_{ijin}) = 2,6023 Kg/cm² (Daya dukung ultimit (q_{ult}) meningkat sebesar 59,15% dari tanah tanpa *grouting*)
 - Pada sampel uji 4 titik *grouting* kombinasi kapur dan semen (diameter 0,75 cm), nilai daya dukung tanah (q_{ult}) = 12,9126 Kg/cm² dan daya dukung ijin (q_{ijin}) = 4,3042 Kg/cm² (Daya dukung ultimit (q_{ult}) meningkat sebesar 163,24% dari tanah tanpa *grouting*)

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa jumlah titik *grouting* kombinasi semen *portland* dan kapur aktif yang memiliki total luasan yang sama untuk seluruh sampel yang *digrouting* pada uji geser langsung yang diperam selama 3 hari meningkatkan nilai daya dukung tanah.

3. Pengaruh dari pengujian konsolidasi terhadap penambahan variasi titik *grouting* kombinasi larutan semen *portland* dan kapur aktif yang memiliki total luasan permukaan yang sama pada seluruh sampel tanah lempung yang *digrouting* dan diperam selama 3 hari terhadap nilai penurunan konsolidasi mendapatkan hasil, yaitu:
 - Tanah lempung tanpa *grouting*, S_c = 0,243 cm.
 - Sampel uji 2 titik *grouting* kombinasi kapur dan semen (diameter 1 cm), S_c = 0,174 cm (mengecil sebesar 28,39% dari tanah tanpa *grouting*).
 - Sampel uji 4 titik *grouting* kombinasi kapur dan semen (diameter 0,75 cm), S_c = 0,159 cm (mengecil sebesar 34,57% dari tanah tanpa *grouting*).

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa jumlah titik *grouting* kombinasi semen *portland* dan kapur aktif yang memiliki total luasan yang sama untuk seluruh sampel yang *digrouting* pada uji konsolidasi yang diperam selama 3 hari memperkecil nilai penurunan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Amania, Sarie, F., & Hendri, O. (2021). *Pengaruh Penambahan Pasir Sirkon, Abu Kayu dan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Daya Dukung Dan Kuat Geser Tanah*. Jurnal Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil, 3(2), 69.
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 2216. Amerika: ASTM International
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 2166. Amerika: ASTM International
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 2435. Amerika: ASTM International
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 422. Amerika: ASTM International
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 4318. Amerika: ASTM International
- ASTM (*American Society for Testing and Material*) D 854. Amerika: ASTM International
- ASTM, 1990. *Standards and Literature References for Composite Material Second Edition*. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- Badan Standardisasi Nasional. (1996). *SNI 03-4147-1996 Spesifikasi Kapur Untuk Stabilisasi Tanah*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 15- 2049-2004 Semen portland*. Jakarta.
- Aksono, R. (2013). *Peningkatan Daya Dukung Tanah dengan Metode Grouting: Studi Kasus Kali Semarang, Jawa Tengah*. Geological Engineering E-Journal, 5(1), 239-247.
- Bowles, J. E. (1991). *Sifat-sifat Fisis Tanah dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J. E. (1993). *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Edisi Keempat, Penerbit Erlangga.
- Chen, F. H. (1975). *Foundation on Expansive Soils*. New York: Development in Geotechnical Engineering, Elsevier Scientific Publication Company.
- Craig, R. F. (1989). *Mekanika Tanah, Edisi keempat*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik), Jilid 1*. (N. E. Mochtar, & I. B. Mochtar, Trans.) Indonesia: Penerbit Erlangga.
- Desromi, F., Putri, Y. E., Sari, E. K., & Rahman, A. (2021). *Pengaruh Campuran Serbuk Styrofoam Dan Biji Plastik Jenis PVC Pada Daya Dukung Tanah Dan Nilai CBR Tanah Dasar (Subgrade) di Ruas Jalan Desa Batuwiningun Kabupaten Ogan Komering Ulu*. Jurnal Deformasi, 6(2), 94-102.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I, Jilid 1, edisi 3*. Jakarta: P.T. Gramedia Pustaka.

- Hardiyatmo, H. C. (2007). *Mekanika Tanah 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Oktaviana, S. F., Sarie, F., & Hendri, O. (2021). *Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Abu Ampas Tebu, Semen Portland, Dan Abu Terbang Terhadap Kuat Geser Dan Daya Dukung Tanah*. Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil, 4(1), 67-77.
- Purwanto, H., Setiobudi, A., & Rustam, R. K. (2020). *Stabilization of soft clay soil using a gypsum plafond waste based on CBR testing*. Int. J. Sci. Technol. Res, 9(2), 963-968.
- Putri, Y. E., & Sari, E. K. (2020). *Pengaruh Daya Dukung Tanah Terhadap Operasional Alat Berat Bucket Wheel Excavator Pada Pekerjaan Batubara Di Pt. Bukit Asam Tbk Tanjung Enim*. Jurnal Deformasi, 5(2), 95-102.
- Rohili, I. (2005). *Stabilisasi Tanah Gambut Rawa Pening Dengan Kapur Tumbuk dan Kapur Bakar*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Supriyono. (1995). *Tekanan Pengembangan Untuk tanah tak terusik khususnya pada tanah Ekspansive*. Majalah Media Teknik, No. 3, tahun XVII, edisi Desember.
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1987). *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa I*. Jakarta: Erlangga.
- Yulianti, P., Gandi, S., & Hendri, O. (2021). *Pengaruh Penggunaan Fly Ash Abu Serbuk Kayu Dan Kapur Terhadap Kuat Geser Dan Daya Dukung Tanah Lempung*. Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil, 4(1), 274-285.
- Zuraidah, S., & Hastono, B. (2017). *Serbuk Kapur Sebagai Cementitious Pada Mortar*. Jurnal Rekayasa Tenik Sipil Universitas Madura, 2(1), 27-31.



*Jurnal Deformasi is licensed under
a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)*