

# KARAKTERISTIK TANAH LUNAK DI GALESONG SELATAN DENGAN STABILISASI SEMEN BERDASARKAN *UJI DIRECT SHEAR*

Putra Ade Kustanto (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [putraadekustanto@gmail.com](mailto:putraadekustanto@gmail.com))

Stevy Thioritz (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [stevythio@gmail.com](mailto:stevythio@gmail.com))

Hendry T Kalangi (Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar, [hkalangi73@gmail.com](mailto:hkalangi73@gmail.com))

Received: 26 November 2023, Revised: 30 November 2023, Accepted: 30 November 2023

## ABSTRAK

Penelitian ini lebih berfokus pada menstabilkan tanah dengan bahan tambah. Penelitian ini membahas tentang stabilisasi tanah lunak yang berasal dari Galesong Selatan dengan menggunakan semen. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik tanah lunak di Galesong Selatan, menganalisis dan menghitung sifat fisik, sifat mekanik termasuk kuat geser tanah lunak tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental. Penelitian dilakukan dengan pengujian *direct shear test* untuk menguji kuat geser dari tanah dari Galesong Selatan dan variasi campuran tanah dengan tambahan semen untuk stabilisasi. Variasi campuran yang diuji adalah dengan campuran semen sebanyak 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Hasil penelitian menunjukkan tanah dari Galesong Selatan memiliki tingkat plastisitas sedang, mempunyai sifat tanah lempung berlanau serta bersifat kohesif. Kuat geser tanah tersebut adalah 248,58 kPa. Penambahan kuat geser terbesar didapatkan pada sampel campuran 90% tanah + 10% semen dengan lama pemeraman 3 hari dengan kuat geser sebesar 322,03 kPa. Jika dibandingkan terhadap tanah asli dengan kuat geser sebesar 248,58 kPa, terjadi penambahan kuat geser tanah sebesar 29,55% dari kuat geser tanah asli.

Kata Kunci: tanah, semen, kuat geser, Galesong Selatan

## ABSTRACT

*This research focuses more on stabilizing the soil with additional materials. This research discusses the stabilization of soft soil originating from South Galesong using cement. The aim of this research is to determine the physical and mechanical characteristics of soft soil in South Galesong, analyze and calculate the physical properties, mechanical properties including the shear strength of the soft soil. The method used in this research is an experimental research method. The research was carried out using a direct shear test to test the shear strength of soil from South Galesong and various soil mixtures with the addition of cement for stabilization. The mixture variations tested were 5%, 10%, 15%, 20% and 25% cement. The results of the research show that the soil from South Galesong has a moderate level of plasticity, has silty clay properties and is cohesive. The shear strength of the soil is 248.58 kPa. The largest increase in shear strength was obtained in a sample mixture of 90% soil + 10% cement with a curing time of 3 days with a shear strength of 322.03 kPa. When compared to the original soil with a shear strength of 248.58 kPa, there was an increase in the soil shear strength of 29.55% of the original soil shear strength.*

*Keywords : soil, cement, shear strength, South Galesong*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Dalam bidang teknik sipil, penelitian tentang tanah lunak memiliki peran yang penting karena tanah lunak sering kali menjadi faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan dan keamanan suatu struktur bangunan. Tanah lunak ditandai oleh sifat-sifat mekaniknya yang berbeda dengan tanah yang lebih padat, seperti kepadatan yang rendah, kekuatan yang rendah dan deformabilitas yang tinggi. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang perilaku tanah lunak menjadi penting dalam merancang dan membangun struktur di daerah dengan tanah lunak.

Penelitian ini dilakukan pada tanah yang berasal dari Kampung Kacauna Pelleng, Galesong Selatan dengan alasan lahan di daerah tersebut belum dibangun struktur bertingkat tinggi di sana dan juga memiliki karakteristik tanah lunak. Pemilihan Kampung Kacauna Pelleng sebagai fokus tempat penelitian dikarenakan daerah tersebut belum memiliki struktur bertingkat tinggi serta masih banyak lahan kosong

yang bisa digunakan untuk pembangunan. Jika akan dilakukan pembangunan di atas tanah di daerah tersebut, maka diperlukan perbaikan struktur tanah dikarenakan tanah lunak pada umumnya tidak memiliki kapasitas dukung yang cukup, penurunan di luar batas ijin serta memiliki kemungkinan bersifat ekspansif. Salah satu cara untuk memperbaiki struktur tanah adalah dengan menggunakan semen sebagai bahan tambah untuk stabilisasi tanah. Keuntungan dari menggunakan semen sebagai bahan stabilisasi adalah karena reaksi kimia semen dengan tanah dapat membantu dalam mengikat butiran-butiran halus tanah menjadi butiran yang memiliki ukuran yang lebih besar. Peningkatan butiran berukuran besar pada tanah lunak dapat membantu meningkatkan kekuatan tanah dengan membuat butiran halus pada tanah menjadi lebih seragam. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik tanah lunak di Galesong Selatan dan menganalisis serta menghitung sifat fisik, sifat mekanik serta gaya geser tanah lunak Galesong Selatan terhadap persentase penambahan semen sebagai bahan stabilisasi.

### Penelitian terdahulu

Tabel 1 menunjukkan penelitian terdahulu yang telah dilaksanakan terkait stabilisasi tanah dengan menggunakan semen.

**Tabel 1.** Tinjauan Pustaka

No	Nama	Judul dan Tahun Penelitian	Kesimpulan
1	I.T.Husodo, Ikwanudin, F. Yudaningrum	Karakteristik Tanah Sedimen Banjir Kanal Timur Semarang Dengan Stabilisasi Semen Berdasarkan Uji <i>Direct Shear</i> (2021)	Nilai sudut geser dan kohesi yang tertinggi di dapatkan dari stabilisasi semen dengan persentase 20% pada pemeraman 3 hari dengan hasil kohesi sebesar 0,423 kg/cm <sup>2</sup> dan sudut geser sebesar 32,14°.
2	Andre Renaldy, Mohammad Ikhwan Yani, Fatma Sarie	Pengaruh Campuran Abu Tempurung Kelapa Dan Semen Portland Terhadap Daya Dukung Dan Kuat Geser Tanah Lempung (2022)	Berdasarkan hasil pengujian uji geser langsung ( <i>Direct Shear Test</i> ) sebelum dan sesudah distabilisasi dengan campuran semen ditambah abu tempurung kelapa diperoleh nilai kuat geser ( $\tau$ ) dengan campuran semen 2,5% ditambah abu tempurung sebesar 7,5% nilai kuat geser 0.422 kg/cm <sup>2</sup> (0 hari) dan 0,565 kg/cm <sup>2</sup> (3 hari).

### METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental. Pengujian yang dilaksanakan dalam mengumpulkan data untuk keperluan penelitian ini adalah:

1. Pengujian kadar air tanah;
2. Pengujian berat isi tanah;
3. Pengujian batas-batas *atterberg*;
4. Pengujian analisa saringan;
5. Pengujian konsolidasi tanah;
6. Pengujian kepadatan ringan tanah;
7. Pengujian kuat geser tanah (*direct shear test*).

Pengujian laboratorium dilaksanakan pada Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Atma Jaya Makassar. Lokasi pengambilan sampel tanah berada pada sebuah lahan di Kampung Kacauna Pelleng. Lokasi tersebut berada di dalam daerah Desa Bontoloe, Kecamatan Galesong Selatan, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Pada gambar bagan alir penelitian di bawah ini menjelaskan proses penelitian yang dilakukan dalam merekayasa tanah. Penelitian yang dilaksanakan terdiri dari beberapa tahap dengan urutan sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel tanah;
2. Pengumpulan material yang dibutuhkan untuk penelitian ke laboratorium;

3. Pengujian sifat fisik tanah yang terdiri dari:
  - 1) Pengujian kadar air tanah;
  - 2) Pengujian berat isi tanah;
  - 3) Pengujian batas-batas *atterberg*;
  - 4) Pengujian analisa saringan;
  - 5) Pengujian konsolidasi tanah.
4. Pengujian sifat mekanik tanah yang terdiri dari:
  - 1) Pengujian kepadatan ringan tanah;
  - 2) Pengujian kuat geser tanah (*direct shear test*).
5. Pengolahan data yang didapat di laboratorium;
6. Menentukan klasifikasi tanah yang diuji berdasarkan hasil pengujian sifat fisik tanah di laboratorium.
7. Menganalisis hasil kuat geser tanah berdasarkan hasil pengujian sifat mekanik tanah di laboratorium.

Sampel yang digunakan terdiri dari 2 jenis, yaitu tanah tidak terganggu dan tanah terganggu. Tanah tidak terganggu digunakan sebagai kondisi kontrol pada penelitian kali ini. Tanah yang terganggu digunakan sebagai tanah yang dicampurkan dengan material semen. Tanah tidak terganggu diambil menggunakan tabung PVC yang ditekan ke dalam tanah dan diambil dengan menggali tanah sekitarnya. Untuk kedalamannya diambil pada kedalaman sekitar 1 meter dari permukaan tanah. Jumlah sampel yang diambil adalah 5 buah. Untuk tanah yang terganggu, sampel tanah langsung diambil tanpa mempertahankan struktur tanahnya. Tanah digali pada kedalaman 80 cm hingga 100 cm dan kemudian dimasukkan pada kantong plastik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Kadar Air Tanah

Pengujian kadar air dilakukan untuk meninjau kadar air tanah asli dengan menggunakan sampel tanah terganggu. Hasil pengujian ini digunakan sebagai data pendukung serta sebagai patokan untuk pengujian berikutnya. Berdasarkan Tabel 2, didapatkan kadar air sampel tanah asli sebesar 33,25%.

**Tabel 2.** Kadar Air Tanah

Uji Kadar Air Tanah			
Nomor Cawan	I	II	III
1. Berat cawan + tanah basah (W1)(gram)	115	123	129
2. Berat cawan + tanah kering (W2)(gram)	87	97	101
3. Berat air = (W1-W2)(gram)	28	26	28
4. Berat cawan (W3)(gram)	12	12	13
5. Berat tanah kering (W2-W3)(gram)	75	85	88
6. Kadar air (w) = $\frac{W1-W2}{W2-W3} * 100\%$	37,33%	30,59%	31,82%
7. Kadar air rata-rata (w)(%)	33,25%		

### Pengujian Berat Isi Tanah

Pengujian berat isi dilakukan untuk meninjau berat isi tanah asli dengan menggunakan sampel tanah terganggu. Hasil pengujian ini digunakan sebagai data pendukung. Berdasarkan Tabel 3, didapatkan berat isi sampel tanah asli sebesar 12,9728 kN/m<sup>3</sup> dan berat isi kering sampel tanah asli sebesar 9,7492 kN/m<sup>3</sup>.

**Tabel 3.** Berat Isi Tanah

Nomor Contoh	Berat Cetakan Uji (gram)	Berat Cetakan dan Benda Uji (gram)	Volume Tanah (cm <sup>3</sup> )	Berat Isi (kN/m <sup>3</sup> )	Kadar Air	Berat Cetakan dan Benda Uji Kering	Berat Isi Kering (kN/m <sup>3</sup> )
1	12	115	83,1540	12,1472	37%	87	8,8451
2	12	123	83,1540	13,0907	31%	97	10,0244
3	13	129	83,1540	13,6804	32%	101	10,3782
Rata-Rata				12,9728	33%	95	9,7492

### Pengujian Analisis Saringan

Pengujian analisa saringan dilakukan untuk memahami sifat tanah yang diuji berdasarkan sebaran ukuran butiran tanah pada sampel. Pengujian ini menggunakan sampel tanah terganggu yang telah dikeringkan di udara terbuka tanpa paparan sinar matahari langsung selama tiga hari. Sampel diuraikan dengan menggunakan palu karet sebelum dikeringkan. Setelah 3 hari, sampel di uji saringan dengan diayak melalui saringan-saringan uji secara manual. Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali. Sampel uji pertama memiliki koefisien keseragaman ( $C_u$ ) sebesar 0,33 dan koefisien gradasi ( $C_c$ ) sebesar 9,41. Sampel kedua memiliki koefisien keseragaman ( $C_u$ ) sebesar 2,8 dan koefisien gradasi ( $C_c$ ) sebesar 12,35.

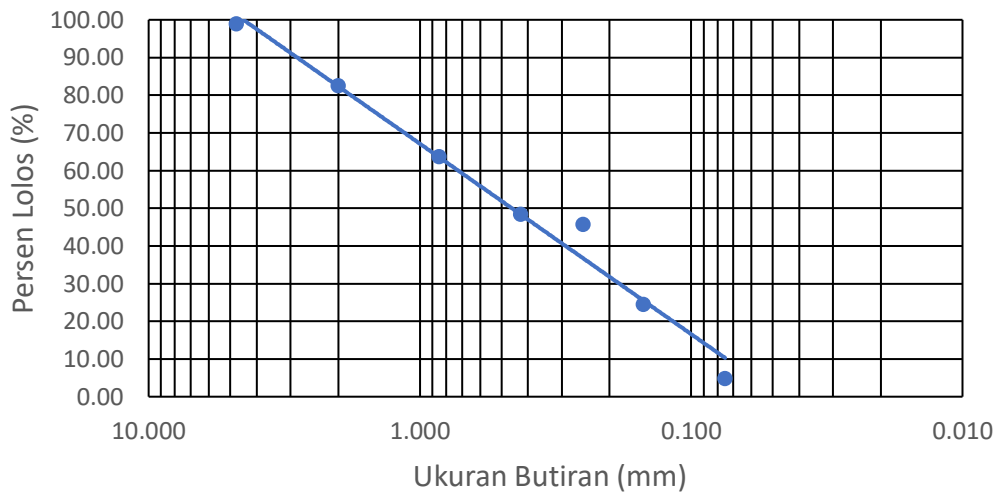
**Tabel 4.** Analisa Saringan Sampel Pertama

Lokasi :		Kampung kacauna pelleng, Galesong Selatan			
Jenis Tanah		Lempung			
Berat tanah kering yang di uji (w) :		500 gram			
Contoh Tanah Nomor :		1			
Kedalaman		80 cm			
No. Saringan	Diameter Lubang Saringan (mm)	Berat Tanah yang Tertahan Saringan (gram)	% berat tanah tertahan saringan	% kumulatif dari tanah yang tertahan	% tanah yang lolos saringan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
			$(4) = [(3)/W] \times 100\%$		$(6) = 100 - (5)$
4	4,750	6	1,20	1,20	98,80
10	2,000	82	16,40	17,60	82,40
20	0,850	94	18,80	36,40	63,60
40	0,425	76	15,20	51,60	48,40
60	0,250	14	2,80	54,40	45,60
100	0,150	106	21,20	75,60	24,40
200	0,075	98	19,60	95,20	4,80
PAN		24			
Berat total $W_1$		500			

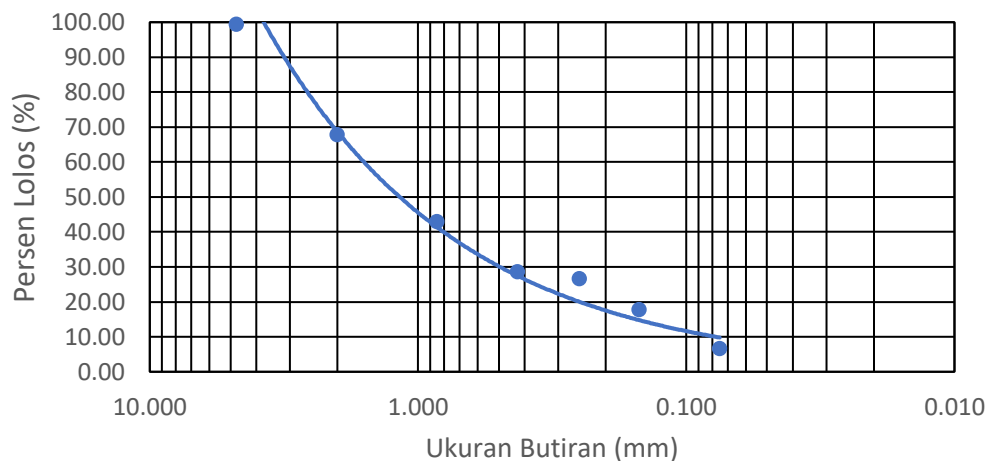
**Tabel 5.** Analisa Saringan Sampel Kedua

Lokasi :		Kampung kacauna pelleng, Galesong Selatan			
Jenis Tanah		Lempung			
Berat tanah kering yang di uji (w) :		500 gram			
Contoh Tanah Nomor :		2			
Kedalaman		80 cm			
No. Saringan	Diameter Lubang Saringan (mm)	Berat Tanah yang Tertahan Saringan (gram)	% berat tanah tertahan saringan	% kumulatif dari tanah yang tertahan	% tanah yang lolos saringan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
			$(4) = [(3)/W] \times 100\%$		$(6) = 100 - (5)$
4	4,750	3	0,60	0,60	99,40
10	2,000	158	31,60	32,20	67,80
20	0,850	124	24,80	57,00	43,00
40	0,425	72	14,40	71,40	28,60

60	0,250	10	2,00	73,40	26,60
100	0,150	44	8,80	82,20	17,80
200	0,075	56	11,20	93,40	6,60
PAN		33			
Berat total $W_1$		500			



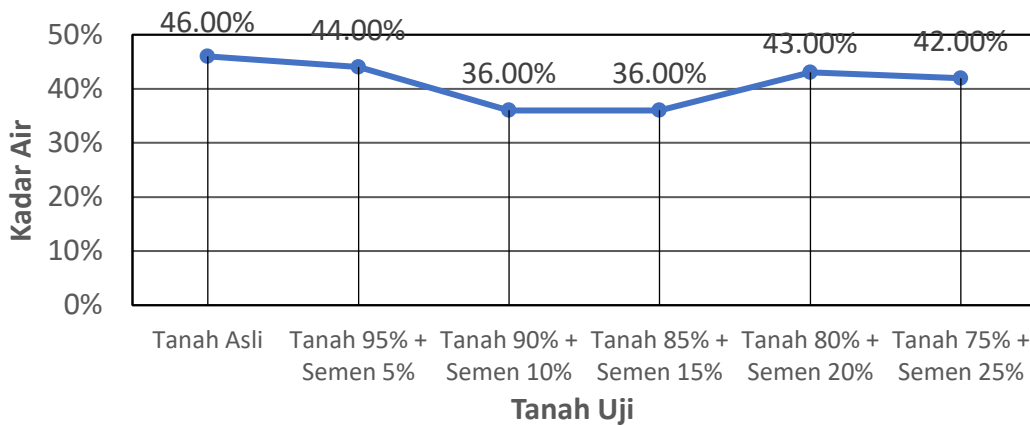
**Gambar 1.** Kurva akumulasi ukuran butir tanah sampel pertama



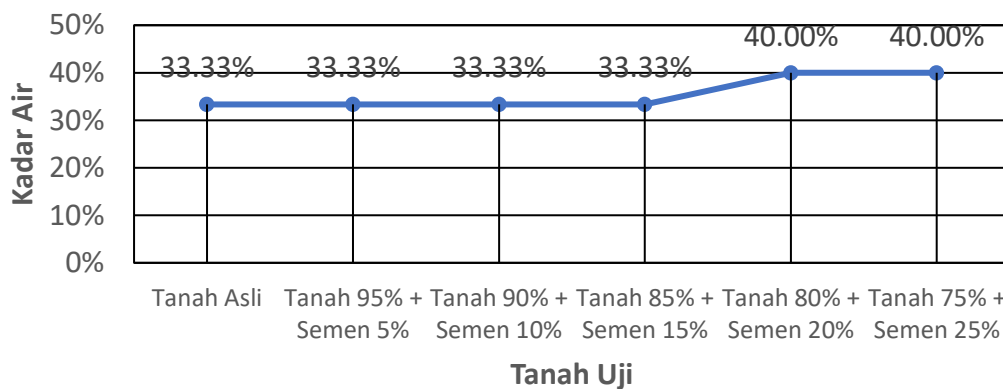
**Gambar 2.** Kurva akumulasi ukuran butir tanah sampel kedua

**Pengujian Batas-Batas Atterberg**

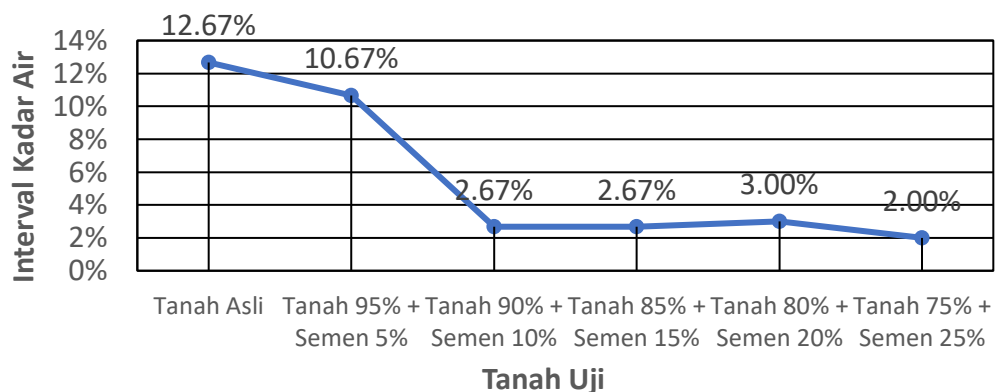
Pengujian batas-batas atterberg pada penelitian ini mencakup batas plastis dan cair tanah. Sampel tanah yang diuji adalah sampel tanah asli terganggu serta variasi campuran tanah yang distabilisasi dengan semen. Variasi campuran tanah dan semen berdasarkan berat total sampel yang diperlukan untuk pengujian. Untuk batas-batas atterberg, berat sampel yang dibuat untuk pengujian adalah 100 gram untuk setiap variasi campuran yang ada. Ukuran butir tanah yang digunakan perlu lolos saringan No.40 dan dalam keadaan kering udara.



Gambar 3. Grafik hasil pengujian batas cair tanah uji



Gambar 4. Grafik hasil pengujian batas plastis tanah uji



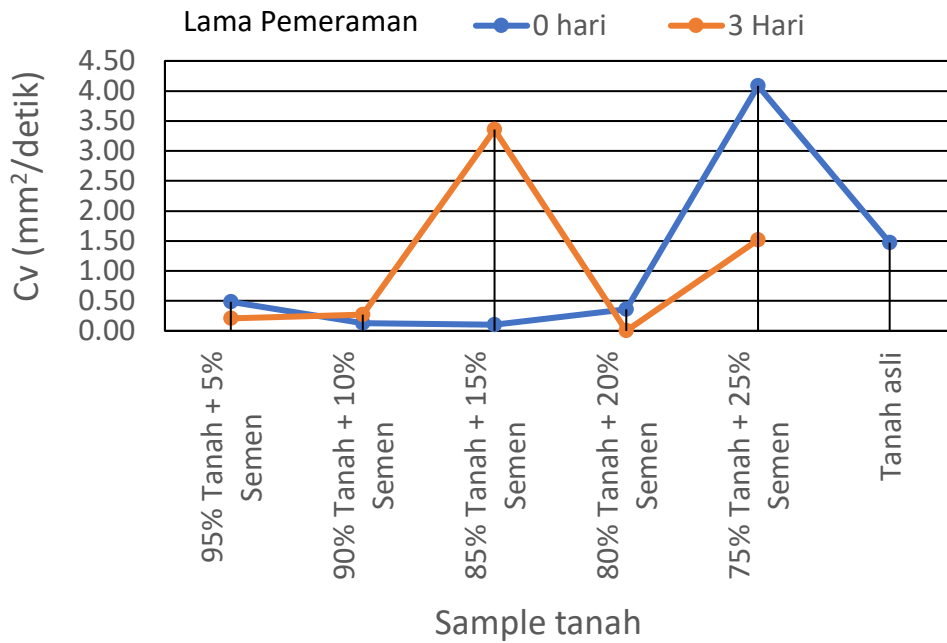
Gambar 5. Grafik indeks plastisitas tanah uji

Dari pengujian batas-batas *atterberg*, didapatkan indeks plastisitas tanah asli sebesar 12,67% yang berarti tanah uji ini memiliki tingkat plastisitas sedang (nilai PI di antara 7–17). Tanah dengan tingkat plastisitas sedang, memiliki sifat tanah lempung berlanau serta bersifat kohesif. Pencampuran semen di atas 5% pada tanah mengakibatkan penurunan indeks plastisitas tanah campuran hingga berada di bawah 3%, dimana sifat tanahnya telah berubah menjadi tanah dengan tingkat plastisitas rendah ( $PI < 7$ ) dan tidak sepenuhnya bersifat kohesif.

**Pengujian Konsolidasi Tanah**

Pengujian konsolidasi digunakan untuk menemukan koefisien penurunan sampel tanah dan digunakan sebagai data pendukung. Untuk pengujian ini, lama konsolidasi setiap sampel tanah adalah 24 jam. Didapatkan tanah asli memiliki koefisien konsolidasi sebesar 1,47 dan tidak bersifat tanah lempung ekspansif. Didapatkan juga hasil sampel campuran 85% tanah + 15% semen dengan lama pemeraman 3 hari dan sampel campuran tanah 75% + 25% semen dengan lama pemeraman 0 hari memiliki nilai

koefisien konsolidasi yang jauh melebihi koefisien konsolidasi tanah asli. Hal ini terjadi karena kedua kondisi tanah tersebut masih mengalami konsolidasi primer dalam periode pengujian 24 jam.



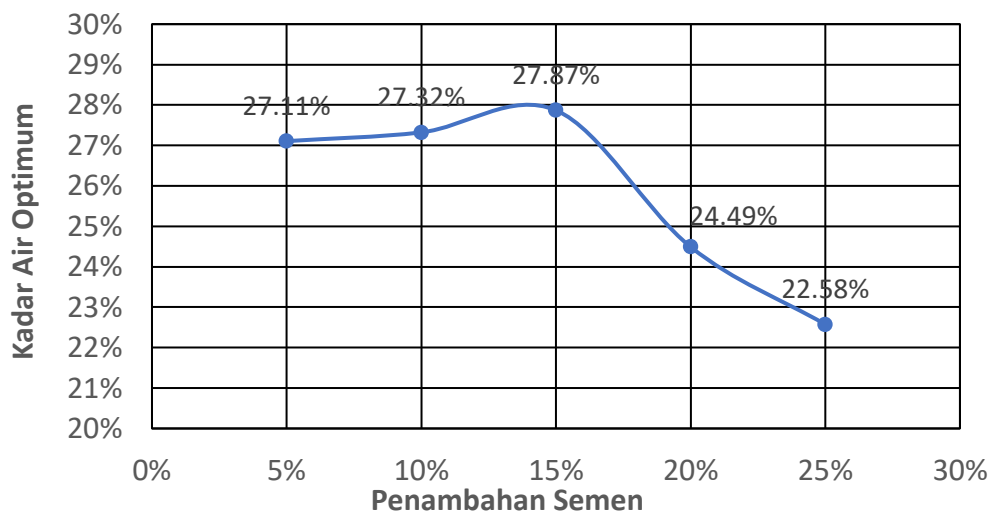
Gambar 6. Pola grafik hasil uji koefisien konsolidasi sampel tanah

**Pengujian Kepadatan Ringan Tanah**

Dari pengujian kepadatan ringan, didapatkan kadar air optimum untuk tanah dengan tambahan semen sebanyak 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Nilai kadar air dari pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Hasil pengujian kadar air optimum

No.	Sampel Pengujian	Kadar Air Optimum
1	Tanah 95% + Semen 5%	27,11%
2	Tanah 90% + Semen 10%	27,32%
3	Tanah 85% + Semen 15%	27,87%
4	Tanah 80% + Semen 20%	24,49%
5	Tanah 75% + Semen 25%	22,58%

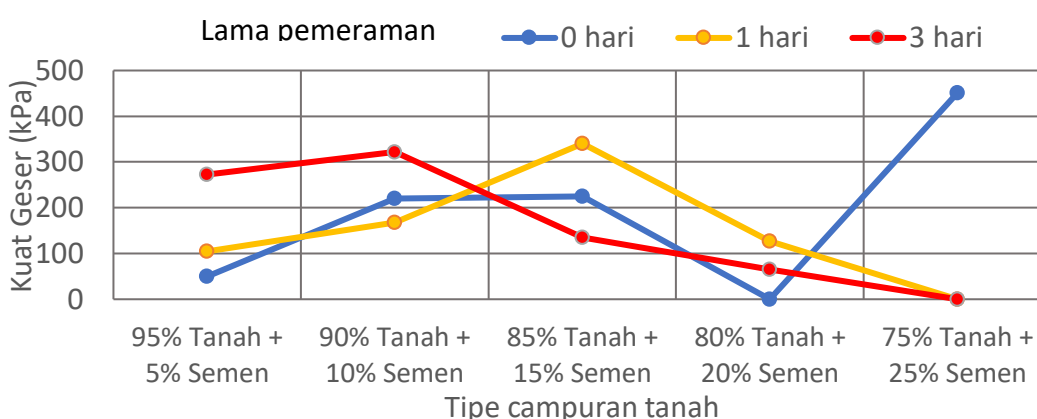


Gambar 7. Pola grafik hasil uji kadar air optimum sampel tanah dengan campuran semen

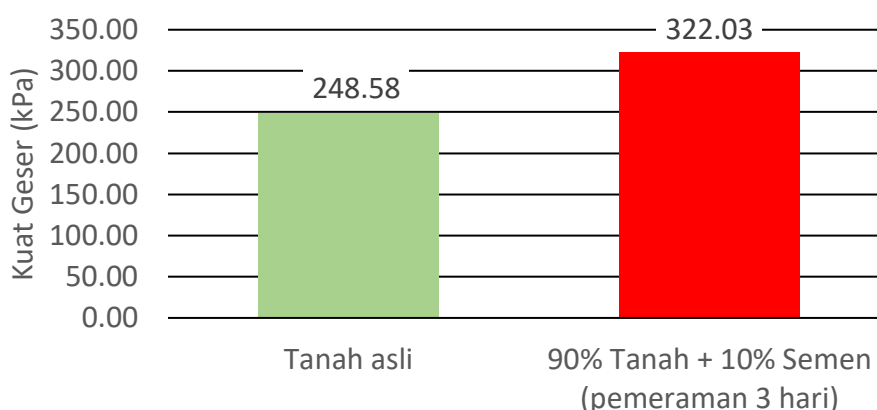
**Pengujian kuat geser tanah (*direct shear test*)**

**Tabel 7.** Rekapitulasi kuat geser sampel tanah (dalam satuan kPa)

Tipe campuran tanah	Lama pemeraman		
	0 hari	1 hari	3 hari
95% Tanah + 5% Semen	50,08848	104,3525	272,4641
90% Tanah + 10% Semen	220,6804	167,4553	322,0347
85% Tanah + 15% Semen	225,3739	340,2163	134,6552
80% Tanah + 20% Semen	Sudah runtuh	126,6354	65,4171
75% Tanah + 25% Semen	451,1672	Sudah runtuh	Sudah runtuh
Tanah asli	248,5773	(-)	(-)



**Gambar 8.** Rekapitulasi kuat geser sampel tanah campuran



**Gambar 9.** Perbandingan kekuatan tanah campuran dengan tanah asli

Berdasarkan Gambar 8, dipilih sampel campuran 90% tanah + 10% semen dengan lama pemeraman 3 hari dengan kuat geser sebesar 322,03 kPa sebagai sampel terbaik untuk sampel campuran tanah. Jika dibandingkan terhadap tanah asli dengan kuat geser sebesar 248,58 kPa, terjadi penambahan kuat geser tanah sebesar 29,55% dari kuat geser tanah asli. Pemilihan sampel campuran 90% tanah + 10% semen dengan lama pemeraman 3 hari didasarkan atas pertimbangan kekuatan akhir campuran tanah. Sampel campuran tanah 75% tanah + 25 semen dengan lama pemeraman 0 hari memiliki kuat geser yang paling tinggi tetapi tidak dipilih sebagai sampel terbaik. Pertimbangan ini didasarkan pada kondisi sampel campuran tanah uji tersebut sudah menjadi getas ketika pengujian berlangsung. Hal ini diperkuat dengan hasil uji sampel campuran 75% tanah + 25% semen dengan lama pemeraman 1 dan 3 hari memiliki nilai kuat geser di bawah 0 kPa atau bisa dibilang telah mengalami keruntuhan. Kondisi tanah tersebut ketika

di uji memiliki sifat getas, di mana campuran tanah tersebut sangat mudah pecah ketika mendapatkan beban dari luar.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan data dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Tanah di Galesong Selatan mempunyai sifat fisik berupa:
  - a. Memiliki nilai kadar air sebesar 33,25%;
  - b. Memiliki berat isi tanah sebesar  $12,9728 \text{ kN/m}^3$  dan berat isi kering tanah sebesar  $9,7492 \text{ kN/m}^3$ .
  - c. Memiliki karakteristik tanah lempung serta gradasi persebaran butiran tanah yang buruk;
  - d. Memiliki batas cair (LL) sebesar 46,00%, batas plastis (PL) sebesar 33,33% dan indeks plastisitas (PI) sebesar 12,67%. Dari nilai indeks plastisitasnya, didapatkan sifat tanahnya memiliki tingkat plastisitas sedang, mempunyai sifat tanah lempung berlanau serta bersifat kohesif
  - e. Memiliki nilai koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) sebesar  $1,47 \text{ mm}^2/\text{detik}$ ;
  - f. Memiliki kuat geser sebesar 248,58 kPa;
2. Penambahan kuat geser terbesar didapatkan pada sampel campuran 90% tanah + 10% semen dengan lama pemeraman 3 hari dengan kuat geser sebesar 322,03 kPa. Jika dibandingkan terhadap tanah asli dengan kuat geser sebesar 248,58 kPa, terjadi penambahan kuat geser tanah sebesar 29,55% dari kuat geser tanah asli.

### Saran

Dari hasil dari pengujian selama penelitian ini, ada beberapa hal yang ingin peneliti sarankan untuk pembaca yang ingin melakukan penelitian serupa:

1. Untuk pembuatan sampel untuk uji kuat geser, disarankan menggunakan bantuan alat *extruder* untuk mengeluarkan sampel uji dari cetakan. Hal ini disarankan karena sulitnya proses mengeluarkan sampel tanah dari *mold* dengan cara manual.
2. Pencampuran sampel harus dilakukan secepat mungkin, mengingat semen sangat cepat bereaksi dengan air. Menggunakan tanah yang telah dikeringkan selama 3 sampai 4 hari dapat mempermudah pencampuran karena semen tidak langsung bereaksi dengan tanah kering udara.
3. Disarankan menambahkan pengujian SPT dan pengujian triaksial untuk pengujian daya dukung tanah yang lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (1994). SNI 03-3637-1994 Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus dengan Cetakan Benda Uji. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). SNI 15-0302-2004 Semen Portland Pozolan. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1742:2008 Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1965:2008 Cara Uji Penentuan Kadar Air Tanah untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1966:2008 Cara Uji Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1967:2008 Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 3423:2008 Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). SNI 3420:2016 Metode uji kuat geser langsung tanah tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2017). Mekanika Tanah 1. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Husodo, I.T., Ikwanudin, F. Yudaningrum. (2021). Karakteristik Tanah Sedimen Banjir Kanal Timur Semarang Dengan Stabilisasi Semen Berdasarkan Uji Direct Shear. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Vol. 2, pp 304-324.
- Irawan, R. R. (2013). Semen Portland di Indonesia untuk Aplikasi Beton Kinerja Tinggi. Kementerian Pekerjaan Umum: Bandung.

Renaldy, Andre, Yani, M.K. (2022). Pengaruh Campuran Abu Tempurung Kelapa dan Semen Portland terhadap Daya Dukung dan Kuat Geser Tanah Lempung. Universitas Palangka Raya: Palangka Raya.