

Pengaruh Penambahan NaCl terhadap Berat Jenis Tanah Lempung

Muamar Qadafi¹, Arik Triarso²

¹ Mahasiswa D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya.

² Dosen D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya.

Email : muamarqadafi.21038@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Tanah lempung dikenal memiliki plastisitas tinggi, permeabilitas rendah, dan sifat kembang susut yang signifikan akibat perubahan kadar air, sehingga menimbulkan masalah dalam konstruksi seperti daya dukung rendah dan stabilitas buruk. Penelitian ini menganalisis pengaruh penambahan NaCl yaitu garam sebesar 10%, 15% dari tanah asli, serta air laut terhadap nilai berat jenis tanah lempung di Kecamatan Rungkut, Surabaya. Metode penelitian yang digunakan bersifat kuantitatif dengan pendekatan statistik dan pengujian laboratorium terhadap sampel yang diambil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan NaCl menyebabkan penurunan berat jenis terhadap tanah lempung. Semakin tinggi konsentrasi NaCl, berat jenis tanah cenderung menurun akibat perubahan struktur partikel tanah dan pengaruh ion Na^+ dan Cl^- . Nilai berat jenis tanah asli sebelum diberikan campuran sebesar 2,275 gr/cc. Setelah diberikan campuran Garam NaCl berat jenis menurun menjadi sebesar 2,623 gr/cc pada campuran 10% dan sebesar 2,489 gr/cc pada campuran 15%. Pada penambahan campuran air laut, berat jenis juga menurun menjadi sebesar 2,338 gr/cc.

Kata Kunci: Berat jenis, NaCl, Tanah lempung

Abstract

Clay soil is known for its high plasticity, low permeability, and significant swelling and shrinkage properties due to changes in water content, which can cause problems in construction such as low bearing capacity and poor stability. This study analyzes the effect of adding NaCl, i.e., salt at 10% and 15% of the original soil, as well as seawater, on the specific gravity of clay soil in Rungkut District, Surabaya. The research method used was quantitative, employing statistical analysis and laboratory testing on the collected samples. The results showed that the addition of NaCl caused a decrease in the specific gravity of the clay soil. As the concentration of NaCl increased, the specific gravity of the soil tended to decrease due to changes in the soil particle structure and the influence of Na^+ and Cl^- ions. The specific gravity of the original soil before the mixture was added was 2.275 g/cc. After adding the NaCl salt mixture, the specific gravity decreased to 2.623 g/cc at a 10% mixture and 2.489 g/cc at a 15% mixture. When seawater was added, the specific gravity also decreased to 2.338 g/cc.

Keywords: Clay soil, NaCl, Specific gravity

PENDAHULUAN

Tanah lempung merupakan salah satu jenis tanah yang paling umum dijumpai dan memiliki karakteristik fisik serta mekanik yang khas. Tanah ini terdiri dari partikel mineral yang sangat halus dengan ukuran butir kurang dari 0,005 mm, sehingga memiliki sifat plastis yang tinggi. Daya kapilaritas tanah lempung juga sangat besar akibat air yang mudah terserap di sekitar permukaan partikel, namun permeabilitasnya justru rendah sehingga aliran air melalui tanah berlangsung lambat. Selain itu, tanah lempung memiliki tingkat

kembang susut yang tinggi yang artinya tanah ini akan mengembang saat basah dan menyusut saat kehilangan air. Karakteristik tersebut menyebabkan tanah lempung memiliki daya dukung yang rendah dan mudah mengalami perubahan bentuk, sehingga sering menjadi kendala dalam pekerjaan konstruksi sipil (Wesley 2012).

Salah satu parameter penting dalam mekanika tanah adalah berat jenis (specific gravity), yang didefinisikan sebagai perbandingan berat partikel tanah terhadap berat air dengan volume yang sama

pada suhu tertentu. Nilai berat jenis tanah lempung umumnya berkisar antara 2,6 hingga 2,8 tergantung pada komposisi mineral dan kandungan bahan organiknya (Braja M. Das, Noor Endah, and Mochtar 1995). Faktor-faktor seperti kandungan bahan organik dapat menurunkan nilai berat jenis, sedangkan keberadaan oksida besi cenderung meningkatkannya. Luas permukaan partikel lempung yang besar menyebabkan interaksi elektrokimia yang kuat dengan air, yang turut memengaruhi nilai berat jenisnya. Penambahan elektrolit seperti Natrium Klorida (NaCl) dapat mengubah nilai berat jenis tanah lempung melalui beberapa mekanisme. Perubahan ini berdampak pada penurunan densitas semu tanah karena meningkatnya jarak antarpartikel (Anandarajah 2003).

Untuk meningkatkan stabilitas tanah lempung, salah satu metode yang umum digunakan adalah stabilisasi dengan bahan tambahan seperti NaCl. Penambahan NaCl dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis tanah, meningkatkan daya dukung, serta mengurangi plastisitas tanah lempung. Sebagai alternatif, NaCl yang didominasi natrium klorida NaCl lebih dipilih dalam penelitian ini karena komposisinya sederhana dan stabil. Penambahan NaCl dapat mengurangi plastisitas dan meningkatkan kepadatan tanah, yang penting untuk meningkatkan daya dukung dan stabilitas tanah. Dalam penelitian yang dilakukan, campuran NaCl dengan variasi 5%, 10%, dan 15% menunjukkan perubahan positif pada nilai pemadatan dan kadar air optimal (OMC), yang berkontribusi pada peningkatan kualitas tanah sebagai dasar konstruksi (Nilasari and Siregar 2022).

Wisata alam Eco Wisata Mangrove Gunung Anyar terletak di Kelurahan Gunung Anyar, tanah di Surabaya Timur yang dimana sebuah kelurahan di Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya, Jawa Timur. Termasuk wilayah yang memiliki karakteristik tanah lempung. Akibatnya, jalan rusak dan beberapa rumah rusak karena penurunan tanah yang disebabkan oleh karakteristik tanah lempung. Tanah lempung memerlukan perawatan khusus untuk meningkatkan daya dukung tanahnya yang rendah. Ini mendorong saya untuk melakukan penelitian tentang nilai kuat geser tanah lempung yang distabilisasi dengan NaCl dari Desa Gunung Anyar, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya, Jawa Timur.

Penelitian ini berfokus pada stabilisasi tanah menggunakan garam (NaCl), yang membedakannya dari penelitian-penelitian terdahulu yang telah ada. Sebagian besar studi sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh (Prasetyo 2016) dan (Cahyadi,

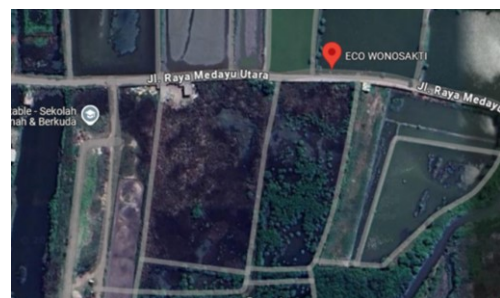
Hendra ; Puspasari 2017) melakukan uji kuat tekan tanah dan analisis kimiawi untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan garam (NaCl) sebagai bahan stabilisasi. Namun, penelitian ini mengambil langkah lebih lanjut dengan menguji nilai kuat geser tanah. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkaya pemahaman tentang mekanisme stabilisasi tanah menggunakan garam (NaCl), tetapi juga memberikan kontribusi baru dalam penilaian karakteristik mekanik tanah yang distabilisasi, sehingga dapat menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental, yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan tertentu terhadap variabel terikat melalui pengujian langsung di laboratorium. Metode ini memungkinkan peneliti untuk melakukan analisis data secara statistik serta mengamati perubahan karakteristik tanah setelah diberikan perlakuan tertentu. Percobaan dilakukan pada sejumlah sampel yang telah dipersiapkan, dengan perlakuan berupa variasi campuran bahan stabilisasi. Pengujian yang digunakan untuk mengetahui pengaruh penambahan NaCl pada nilai berat jenis pada tanah lempung.

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan sampel tanah yang diambil dari wilayah Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada karakteristik tanah dengan kandungan kadar air tinggi dan kelembaban tanah yang tinggi.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

B. NaCl

Upaya perbaikan karakteristik tanah di wilayah Desa Gunung Anyar diperlukan, salah satunya melalui teknik stabilisasi tanah dengan penambahan natrium klorida (NaCl) sebagai agen stabilisasi. Stabilisasi tanah merupakan proses rekayasa untuk meningkatkan dan memperbaiki sifat-sifat fisik serta mekanik tanah asli agar memenuhi persyaratan teknis tertentu. Prinsip stabilisasi menggunakan bahan garam, seperti NaCl, secara mendasar serupa dengan

metode stabilisasi menggunakan bahan kimia lain, yaitu bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja tanah melalui modifikasi struktur dan interaksi partikel tanah (Cahyadi, Hendra; Puspasari 2017).

Struktur NaCl meliputi anion di tengah dan kation menempati pada rongga octahedral. Larutan garam, sebagai suatu elektrolit, memiliki aktivitas gerak Brown pada permukaan yang lebih intens dibandingkan air murni, sehingga dapat menurunkan tegangan permukaan air. Kondisi ini memperbesar gaya kohesi antarpartikel tanah, yang kemudian meningkatkan kedekatan dan kerapatan ikatan partikel-partikel tersebut. Selain itu, larutan garam dapat memfasilitasi proses pemadatan tanah. Gerak Brown sendiri didefinisikan sebagai pergerakan acak, zig-zag, dari partikel koloid di dalam larutan. Flokulasi (flocculation) merupakan proses di mana partikel-partikel terdispersi saling terikat secara keseluruhan oleh gaya tarik-menarik elektrostatik, yaitu antara muatan positif pada tepi butiran dan muatan negatif pada permukaan butiran lainnya (Mulyono 2022).

C. Berat Jenis

Nilai berat spesifik butiran tanah (fraksi padat) merupakan parameter penting yang sering digunakan dalam berbagai analisis mekanika tanah. (Braja M. Das, Noor Endah, and Mochtar 1995). Berat jenis butiran tanah sendiri didefinisikan sebagai rasio antara berat butiran tanah kering dengan berat air suling pada volume dan suhu yang sama. Berat jenis butiran dapat dicari menggunakan persamaan [1].

$$G_s = \frac{w_2 - w_1}{w_4 + (w_2 - w_1) - w_3} \quad [1]$$

Keterangan:

G_s = Berat jenis butir tanah

w_1 = Berat piknometer kosong

w_2 = Berat piknometer + tanah kering

w_3 = Berat piknometer + tanah kering + air

w_4 = Berat piknometer + air

Pada pengujian berat jenis juga dapat menjadi acuan sebagai penentu parameter sifat tanah. Nilai yang didapat pada berat jenis dapat menjadi penentu jenis tanah. Nilai – nilai penentu jenis tanah dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Tabel Berat Jenis Tanah

Macam Tanah	Berat Jenis (G)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68

Lanau Organik	2,62 – 2,68
Lempung Organik	2,58 – 2,65
Lempung Anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

Sumber: (Hardiyatmo 2002)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada benda uji berat jenis dibutuhkan sebanyak 3 sampel benda uji dengan 10 gram tanah dengan lolos saringan No. 40 setiap sampel. Selanjutnya sampel tanah di masukan ke dalam piknometer dan ditambahkan air suling sebanyak 2/3 dari ukuran piknometer. Diamkan tanah dan rendam selama 24 jam di dalam piknometer. Setelah 24 jam, panaskan piknometer agar udara pada tanah keluar. Selanjutnya diamkan agar suhu sesuai dengan suhu ruangan. Pada pengujian berat jenis diperlukan juga nilai faktor koreksi uji berat jenis, seperti yang disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel Faktor Koreksi Uji Berat Jenis

Temperatur (°C)	Berat Volume Air (γ _w)	Faktor Koreksi (K)
15	0,9991	1,0009
16	0,9990	1,0008
17	0,9988	1,0006
18	0,9986	1,0004
19	0,9984	1,0002
20	0,9982	1,0000
21	0,9980	0,9998
22	0,9978	0,9996
23	0,9976	0,9994
24	0,9973	0,9991
25	0,9971	0,9989
26	0,9968	0,9986
27	0,9965	0,9983
28	0,9963	0,9981
29	0,9960	0,9978
30	0,9957	0,9975
31	0,9954	0,9972
32	0,9951	0,9969
33	0,9947	0,9965
34	0,9944	0,9962
35	0,9941	0,9959

Pada pengujian laboratorium berat jenis tanah diperoleh nilai angka pada Tabel 3 hingga 6.

Tabel 3. Tabel Berat Jenis pada Tanah Asli

Berat Jenis Tanah Asli 100%				
Test No		1	2	3
No Piknometer		A1	A2	A3
Berat piknometer kosong, (W1)	gr	72,63	73,39	77,46
Berat piknometer + tanah kering, (W2)	gr	82,43	83,37	87,48
Berat piknometer + tanah kering + air, (W3)	gr	176,88	178,09	182,08
Temperatur campuran tanah + air, (T1)	°C	33	33	33
Berat piknometer + air, (W4)	gr	170,76	171,73	175,66
Berat tanah kering, (W2-W1)	gr	9,8	9,98	10,02
Volume butiran tanah, (W4)-(W2-W1)-(W3)	cc	3,68	3,62	3,60
G _s (pada T1 °C)=(W2-W1)/(W4)-(W2-W1)-(W3)	gr/cc	2,663	2,757	2,783
Koreksi, K		0,9965	0,9965	0,9965
G _s (pada 20 °C)=G _s (pada T1 °C) x K =	gr/cc	2,654	2,747	2,774
G _s (pada 20 °C) rata-rata =	gr/cc		2,725	

Hasil perhitungan nilai berat jenis pada tanah asli 100% didapatkan dengan menggunakan persamaan [1] menggunakan angka yang ada pada Tabel 3, dengan perhitungan seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 G_s (A1) &= \frac{w_2 - w_1}{w_4 + (w_2 - w_1) - w_3} \\
 &= \frac{82,43 - 72,63}{170,76 + (82,43 - 72,63) - 176,88} \\
 &= \frac{9,8}{3,68} = 2,663 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_s (A2) &= \frac{w_2 - w_1}{w_4 + (w_2 - w_1) - w_3} \\
 &= \frac{83,37 - 73,39}{171,73 + (83,37 - 73,39) - 178,09} \\
 &= \frac{9,98}{3,62} = 2,757 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_s (A3) &= \frac{w_2 - w_1}{w_4 + (w_2 - w_1) - w_3} \\
 &= \frac{87,48 - 77,46}{175,66 + (87,48 - 77,46) - 182,08} \\
 &= \frac{10,02}{3,60} = 2,783 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

Lalu hasil G_s dikalikan dengan Faktor Koreksi, seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 G_s (A1) &= 2,663 \times K \\
 &= 2,663 \times 0,9965 = 2,654 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_s (A2) &= 2,757 \times K \\
 &= 2,757 \times 0,9965 = 2,747 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_s (A3) &= 2,783 \times K \\
 &= 2,783 \times 0,9965 = 2,774 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

Setelah ditemukan hasil nilai G_s dari ketiga piknometer, hasilnya akan di rata-rata seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 G_s \text{ rata-rata} &= \frac{A1+A2+A3}{3} \\
 &= \frac{2,654 + 2,747 + 2,774}{3} \\
 &= 2,725 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. Tabel Berat Jenis pada Tanah Asli + Garam NaCl 10%

Berat Jenis Tanah Asli 100% + Garam (NaCl) 10%				
Test No		1	2	3
No Piknometer		A7	A8	A1
Berat piknometer kosong, (W1)	gr	79,67	79,32	80,38
Berat piknometer + tanah kering, (W2)	gr	89,68	89,29	91,42
Berat piknometer + tanah kering + air, (W3)	gr	185,07	184,09	185,89
Temperatur campuran tanah + air, (T1)	°C	32	32	32
Berat piknometer + air, (W4)	gr	178,84	177,91	179,07
Berat tanah kering, (W2-W1)	gr	10,01	9,97	11,04
Volume butiran tanah, (W4)-(W2-W1)-(W3)	cc	3,78	3,79	4,22
$G_s \text{ (pada } T1 \text{ °C)} = (W2-W1) / ((W4)-(W2-W1)-(W3))$	gr/cc	2,648	2,631	2,616
Koreksi, K		0,9969	0,9969	0,9969
$G_s \text{ (pada } 20 \text{ °C)} = G_s \text{ (pada } T1 \text{ °C)} \times K$	gr/cc	2,640	2,622	2,608
$G_s \text{ (pada } 20 \text{ °C)} \text{ rata-rata} =$	gr/cc	2,623		

Hasil perhitungan nilai berat jenis pada tanah asli 100% dengan penambahan Garam NaCl 10% didapatkan dengan menggunakan persamaan [1]

menggunakan angka yang ada pada Tabel 4, dengan perhitungan seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 G_s (A7) &= \frac{w_2 - w_1}{w_4 + (w_2 - w_1) - w_3} \\
 &= \frac{89,68 - 79,67}{178,84 + (89,68 - 79,67) - 185,07} \\
 &= \frac{10,01}{3,78} = 2,640 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_s (A8) &= \frac{w_2 - w_1}{w_4 + (w_2 - w_1) - w_3} \\
 &= \frac{89,29 - 79,32}{177,91 + (89,29 - 79,32) - 184,09} \\
 &= \frac{9,97}{3,79} = 2,631 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_s (A1) &= \frac{w_2 - w_1}{w_4 + (w_2 - w_1) - w_3} \\
 &= \frac{91,42 - 80,38}{179,07 + (91,42 - 80,38) - 185,89} \\
 &= \frac{11,04}{4,22} = 2,616 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

Lalu hasil G_s dikalikan dengan Faktor Koreksi, seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 G_s (A7) &= 2,640 \times K \\
 &= 2,640 \times 0,9969 = 2,640 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_s (A8) &= 2,631 \times K \\
 &= 2,631 \times 0,9969 = 2,622 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_s (A1) &= 2,616 \times K \\
 &= 2,616 \times 0,9966 = 2,608 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

Setelah ditemukan hasil nilai G_s dari ketiga piknometer, hasilnya akan di rata-rata seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 G_s \text{ rata-rata} &= \frac{A7+A8+A1}{3} \\
 &= \frac{2,640 + 2,622 + 2,608}{3} \\
 &= 2,623 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

Tabel 5. Tabel Berat Jenis pada Tanah Asli + Garam NaCl 15%

Berat Jenis Tanah Asli 100% + Garam (NaCl) 15%				
Test No		1	2	3
No Piknometer		A4	A2	A3
Berat piknometer kosong, (W1)	gr	72,58	73,25	77,71
Berat piknometer + tanah kering, (W2)	gr	84,11	84,76	89,22
Berat piknometer + tanah kering + air, (W3)	gr	178,82	178,78	183,15
Temperatur campuran tanah + air, (T1)	°C	32	32	32
Berat piknometer + air, (W4)	gr	171,54	171,94	176,62
Berat tanah kering, (W2-W1)	gr	11,53	11,51	11,51
Volume butiran tanah, (W4)-(W2-W1)-(W3)	cc	4,25	4,67	4,98
$G_s \text{ (pada } T1 \text{ °C)} = (W2-W1) / ((W4)-(W2-W1)-(W3))$	gr/cc	2,713	2,465	2,311
Koreksi, K		0,9969	0,9969	0,9969
$G_s \text{ (pada } 20 \text{ °C)} = G_s \text{ (pada } T1 \text{ °C)} \times K$	gr/cc	2,705	2,457	2,304
$G_s \text{ (pada } 20 \text{ °C)} \text{ rata-rata} =$	gr/cc	2,489		

Hasil perhitungan nilai berat jenis pada tanah asli 100% dengan penambahan Garam NaCl 15% didapatkan dengan menggunakan persamaan [1] menggunakan angka yang ada pada Tabel 5, dengan perhitungan seperti berikut:

$$\begin{aligned} G_s (A4) &= \frac{w_2 - w_1}{w_4 + (w_2 - w_1) - w_3} \\ &= \frac{84,11 - 72,58}{171,54 + (84,11 - 72,58) - 178,82} \\ &= \frac{11,53}{4,25} = 2,713 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_s (A2) &= \frac{w_2 - w_1}{w_4 + (w_2 - w_1) - w_3} \\ &= \frac{84,76 - 73,25}{171,94 + (84,76 - 73,25) - 178,78} \\ &= \frac{11,51}{4,67} = 2,465 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_s (A3) &= \frac{w_2 - w_1}{w_4 + (w_2 - w_1) - w_3} \\ &= \frac{89,22 - 77,71}{176,62 + (89,22 - 77,71) - 183,15} \\ &= \frac{11,51}{4,98} = 2,311 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

Lalu hasil G_s dikalikan dengan Faktor Koreksi, seperti berikut:

$$\begin{aligned} G_s (A4) &= 2,713 \times K \\ &= 2,713 \times 0,9969 = 2,705 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_s (A2) &= 2,465 \times K \\ &= 2,465 \times 0,9969 = 2,457 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_s (A3) &= 2,311 \times K \\ &= 2,311 \times 0,9966 = 2,304 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

Setelah ditemukan hasil nilai G_s dari ketiga piknometer, hasilnya akan di rata-rata seperti berikut:

$$\begin{aligned} G_s \text{ rata-rata} &= \frac{A4+A2+A3}{3} \\ &= \frac{2,705 + 2,457 + 2,304}{3} \\ &= 2,489 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

Tabel 6. Tabel Berat Jenis pada Tanah Asli + Air Laut

Berat Jenis Tanah Asli 100% + Air Laut			
Test No	1	2	3
No Piknometer	A1	A2	A3
Berat piknometer kosong, (W1)	gr 80,47	72,44	78,97
Berat piknometer + tanah kering, (W2)	gr 90,46	82,4	88,83
Berat piknometer + tanah kering + air, (W3)	gr 187,26	178,81	185,44
Temperatur campuran tanah + air, (T1)	°C 29	29	29
Berat piknometer + air, (W4)	gr 181,50	173,13	179,79
Berat tanah kering, (W2-W1)	gr 9,99	9,96	9,86
Volume butiran tanah, (W4)-(W2-W1)-(W3)	cc 4,23	4,28	4,21
$G_s \text{ (pada } T1 \text{ °C)} = (W2-W1)/(W4)-(W2-W1)-(W3)$	gr/cc 2,362	2,327	2,342
Koreksi, K	0,9978	0,9978	0,9978
$G_s \text{ (pada } 20 \text{ °C)} = G_s \text{ (pada } T1 \text{ °C)} \times K =$	gr/cc 2,357	2,322	2,337
$G_s \text{ (pada } 20 \text{ °C)} \text{ rata-rata} =$	gr/cc	2,338	

Hasil perhitungan nilai berat jenis pada tanah asli 100% dengan penambahan Air Laut didapatkan dengan menggunakan persamaan (1) menggunakan angka yang ada pada Tabel 6, dengan perhitungan seperti berikut:

$$\begin{aligned} G_s (A1) &= \frac{w_2 - w_1}{w_4 + (w_2 - w_1) - w_3} \\ &= \frac{90,46 - 80,47}{181,50 + (90,46 - 80,47) - 187,26} \\ &= \frac{9,99}{4,23} = 2,362 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_s (A2) &= \frac{w_2 - w_1}{w_4 + (w_2 - w_1) - w_3} \\ &= \frac{82,40 - 72,44}{173,13 + (82,40 - 72,44) - 178,81} \\ &= \frac{9,96}{4,28} = 2,327 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_s (A3) &= \frac{w_2 - w_1}{w_4 + (w_2 - w_1) - w_3} \\ &= \frac{88,83 - 78,97}{173,13 + (88,83 - 78,97) - 185,44} \\ &= \frac{9,86}{4,21} = 2,342 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

Lalu hasil G_s dikalikan dengan Faktor Koreksi, seperti berikut:

$$\begin{aligned} G_s (A1) &= 2,362 \times K \\ &= 2,362 \times 0,9978 = 2,357 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_s (A2) &= 2,327 \times K \\ &= 2,327 \times 0,9978 = 2,322 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_s (A3) &= 2,342 \times K \\ &= 2,342 \times 0,9978 = 2,337 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

Setelah ditemukan hasil nilai G_s dari ketiga piknometer, hasilnya akan di rata-rata seperti berikut:

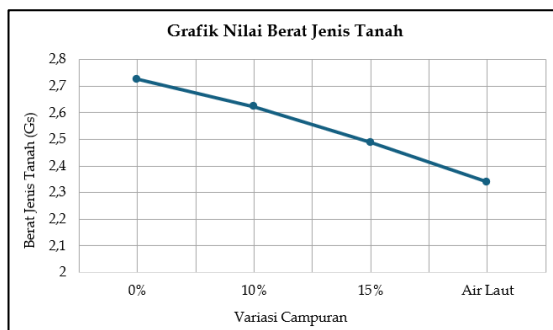
$$\begin{aligned} G_s \text{ rata-rata} &= \frac{A1+A2+A3}{3} \\ &= \frac{2,357 + 2,322 + 2,337}{3} \\ &= 2,338 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

Pengujian berat jenis menggunakan 3 benda uji. Hasil pengujian berat jenis pada tiga benda uji menunjukkan variasi nilai yang berbeda. Dari ketiga benda uji yang sudah dilakukan pengujian maka dapat diambil nilai rata – rata berat jenis tiap campurannya. Nilai rata-rata berat jenis tiap campuran terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Tabel Hasil Rata-rata Berat Jenis

Benda Uji	Campuran Benda Uji		Nilai Berat Jenis (Gs) (gr/cc)
	Tanah Lempung (gr)	Penambahan Benda Uji	
1	30	Garam (0%)	2,725
2	30	Garam (10%)	2,623
3	30	Garam (15%)	2,489
4	30	Air Laut	2,338

Berdasarkan Tabel 1 yaitu tabel berat jenis, dijelaskan bahwa untuk tanah lempung anorganik nilai berat jenis di angka 2,68 gr/cc – 2,75 gr/cc. Sedangkan pada hasil nilai uji berat jenis tanah pada campuran 0% yang telah dilakukan mendapat nilai sebesar 2,725 gr/cc. Sehingga, dapat di kategorikan sebagai tanah lempung anorganik.



Gambar 2. Grafik Nilai Berat Jenis Tanah (Gs)

Gambar 2 menunjukkan hasil dari nilai berat jenis pada tanah lempung dengan penambahan garam (NaCl) dan air laut menunjukkan bahwa nilai berat jenis mengalami penurunan terhadap tanah asli. Hal ini disebabkan karena bercampurnya 2 bahan dengan specific gravity yang berbeda yaitu tanah lempung dengan garam (NaCl) dan air laut (Prasetyo 2016).

SIMPULAN

Dari beberapa pengujian tanah yang telah dilakukan di laboratorium untuk tanah lempung di wilayah Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya, didapat kesimpulan. Dapat disimpulkan bahwa penambahan garam (NaCl) dan air laut ke dalam tanah lempung

anorganik menyebabkan penurunan nilai berat jenis (Gs). Tanah lempung asli (tanpa penambahan) memiliki nilai berat jenis sebesar 2,725 gr/cc, yang termasuk dalam kisaran normal untuk tanah lempung anorganik (2,68–2,75 gr/cc). Namun, dengan penambahan garam 10%, nilai berat jenis turun menjadi 2,623 gr/cc, dan semakin menurun hingga 2,489 gr/cc pada penambahan garam 15%. Penurunan terbesar terjadi pada campuran dengan air laut, yaitu menjadi 2,338 gr/cc. Hal ini menunjukkan bahwa pencampuran bahan dengan specific gravity yang berbeda, seperti garam dan air laut, memengaruhi sifat fisik tanah lempung, khususnya nilai berat jenisnya.

REFERENSI

- Anandarajah. 2003. "Engineering Behavior of Clay." 2003. <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29GT.1943-5606.0001394>.
- Braja M. Das, Noor Endah, and Indrasurya B. Mochtar. 1995. *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik)*. Erlangga.
- Cahyadi, Hendra ; Puspasari, Nirwana. 2017. "Pemanfaatan Garam Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Di Kalimantan Tengah" 6 (1): 41–49.
- Hardiyatmo, Dr. Ir. Hary Christady. 2002. "Mekanika Tanah I Jilid III." *Gadjah Mada University Press*, 1.
- Mulyono, Tri. 2022. "Plastisitas Dan Struktur Tanah," no. January 2017: 3. file:///C:/Users/ASUS/Downloads/4_PlastisitasdanStrukturTanah.pdf.
- Nilasari, Nur, and Chandra Afriade Siregar. 2022. "Stabilisasi Tanah Dengan Campuran Garam Dapur (NaCl) Terhadap Nilai Pemadatan Standar Metode A(Studi Kasus:Tanah Lempung Daerah Kecamatan Baleendah Kabupaten Bandung)." *Sistem Infrastruktur Teknik Sipil (SIMTEKS)* 2 (1): 11. <https://doi.org/10.32897/simteks.v2i1.1535>.
- Prasetyo, Purnomo Hery. 2016. "Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Metode Kimiawi Menggunakan Garam Dapur (NaCl) (Studi Kasus Tanah Lempung Desa Majenang, Sukodono, Sragen)." *Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 1–13. <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/44963>.
- Wesley, Laurence De. 2012. *Mekanika Tanah: Untuk Tanah Endapan Dan Residu*.