

PENGUJIAN KOMPAKSI DENGAN 6 SAMPEL TANAH DAN KADAR AIR YANG BERBEDA

Syahira Ilham¹, Aditya Maulana², Jonathan Marvin Gea³, Herylvan Zovandi⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Indonesia

syahirailham12@gmail.com¹, adiittyamaulana@gmail.com², jonathangea29@gmail.com³, hrylvnzvndi@gmail.com⁴

ABSTRACT; *Compaction is the process of mechanically compacting the soil by adding water to the soil, causing a lubrication process between soil particles, where the particles will easily slip or move between one another and form a denser structure. This practicum aims to determine the relationship between water content and soil density and obtain maximum density values and optimum water content for a type of soil. Testing was carried out using standard proctor methods. The results showed that soil density increased along with increasing water content until it reached a maximum value at a certain water content. After the optimum point, soil density actually decreases. The maximum density and optimum water content values obtained can be used as a reference in planning and implementing earthworks on construction projects.*

Keywords: *Soil Density, Water Content, Clay Soil, Soil Mechanics.*

ABSTRAK; Kompaksi merupakan proses pemadatan tanah secara mekanis dengan menambahkan air pada tanah sehingga menyebabkan terjadinya proses lubrication antar partikel-partikel tanah, dimana partikel-partikelnya akan mudah slip atau bergerak antara partikel satu dengan lainnya sehingga terbentuk struktur yang lebih padat. Praktikum ini bertujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah serta memperoleh nilai kepadatan maksimum dan kadar air optimum suatu jenis tanah. Pengujian dilakukan dengan metode standar proctor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan tanah meningkat seiring dengan peningkatan kadar air hingga mencapai nilai maksimum pada kadar air tertentu. Setelah titik optimum, kepadatan tanah justru menurun. Nilai kepadatan maksimum dan kadar air optimum yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan tanah pada proyek konstruksi.

Kata Kunci: Kepadatan Tanah, Kadar Air, Tanah Lempung, Mekanika Tanah.

PENDAHULUAN

Kompaksi adalah salah satu proses kunci dalam bidang teknik sipil yang bertujuan untuk meningkatkan kepadatan tanah melalui pengurangan volume pori-pori di dalamnya. Proses ini

dilakukan dengan memberikan energi mekanis, baik melalui pemadatan statis maupun dinamis, sehingga tanah menjadi lebih stabil, kuat, dan mampu menahan beban konstruksi secara optimal. Dalam konteks teknik sipil, kompaksi sangat penting dalam persiapan tanah dasar untuk berbagai jenis infrastruktur, seperti jalan raya, rel kereta api, bendungan, dan pondasi bangunan. Tanah yang dipadatkan dengan baik akan memiliki daya dukung yang lebih tinggi, permeabilitas yang lebih rendah, dan penurunan (*settlement*) yang lebih terkontrol. Hal ini memastikan struktur yang dibangun di atasnya memiliki stabilitas yang baik dan umur layanan yang lebih panjang. Beberapa faktor utama yang memengaruhi proses kompaksi di bidang teknik sipil meliputi jenis tanah, kadar air, jenis alat pemadat, serta jumlah energi pemadatan yang diberikan. Misalnya, kadar air yang optimal diperlukan untuk mencapai kerapatan maksimum tanah, karena air bertindak sebagai pelumas antara partikel-partikel tanah selama proses pemadatan.

Metode kompaksi yang umum digunakan dalam teknik sipil meliputi penggunaan alat berat seperti roller, tamping rammer, dan vibrocompactor. Pemilihan alat dan metode bergantung pada jenis proyek serta karakteristik tanah yang akan dipadatkan. Selain itu, uji laboratorium seperti uji Proctor Standar atau Proctor Modifikasi sering digunakan untuk menentukan kadar air optimal dan kerapatan maksimum yang dapat dicapai oleh tanah tertentu.

Dengan memahami prinsip dan metode kompaksi yang tepat, para insinyur sipil dapat memastikan keberhasilan pembangunan infrastruktur yang tahan lama dan aman. Oleh karena itu, kompaksi merupakan bagian integral dalam proses perencanaan dan pelaksanaan proyek konstruksi.

1. Prinsip Dasar Pengujian Kompaksi

Pengujian kompaksi tanah biasanya dilakukan di laboratorium untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan maksimum yang dapat dicapai oleh suatu jenis tanah (Das, 2010). Dua jenis pengujian kompaksi yang umum digunakan adalah Proctor Test dan Modified Proctor Test. Proctor Test standar (1933) diperkenalkan untuk menentukan kepadatan optimum dengan kadar air tertentu. Sementara itu, Modified Proctor Test memiliki energi pemadatan yang lebih tinggi dan sering digunakan untuk tanah yang membutuhkan daya dukung lebih besar (ASTM D1557).

2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kompaksi Tanah

Kepadatan tanah yang dicapai dalam proses kompaksi dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk jenis tanah, kadar air, dan energi pemadatan. Menurut Lambe dan Whitman (1969),

jenis tanah yang mengandung lempung memerlukan kadar air optimum yang lebih tinggi dibandingkan tanah berpasir agar dapat mencapai kepadatan maksimum. Selain itu, energi pemadatan yang digunakan, jumlah pukulan dan tinggi jatuhnya rammer juga mempengaruhi hasil kompaksi yang dicapai (B. D. Oluyemi-Ayibiowu & T. O. Akinleye, 2019).

3. Metode-Metode Pengujian Kompaksi Tanah di Lapangan

Selain pengujian laboratorium, kompaksi tanah dapat diuji langsung di lapangan menggunakan alat-alat seperti *Nuclear Density Gauge* atau *Sand Cone Test*. Metode ini memungkinkan evaluasi kepadatan di lokasi konstruksi secara langsung. *Nuclear Density Gauge* digunakan untuk mengukur kepadatan dan kadar air secara cepat dengan menggunakan radiasi, sedangkan *Sand Cone Test* lebih cocok untuk pengujian manual di lokasi dengan ruang terbatas (ASTM D1556).

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memahami hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah melalui serangkaian uji laboratorium. Variasi kadar air dalam tanah diperkirakan dapat mempengaruhi tingkat kepadatan yang dicapai, sehingga penting untuk mengetahui sejauh mana perubahan kadar air berdampak pada hasil uji kompaksi. Dengan pemahaman ini, penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih dalam tentang bagaimana pengaturan kadar air yang optimal dapat menghasilkan kepadatan tanah terbaik untuk kebutuhan konstruksi dan teknik sipil.

Kompaksi ini dibahas dalam ilmu mekanika tanah. Mekanika Tanah adalah cabang ilmu teknik sipil yang mempelajari perilaku tanah sebagai material dalam kondisi yang tertekan atau menerima beban. Ilmu ini sangat penting dalam perencanaan dan konstruksi struktur, seperti fondasi, dinding penahan tanah, dan jalan. Praktikum mekanika tanah bertujuan untuk memberikan pemahaman secara langsung mengenai sifat-sifat fisik dan mekanik tanah, seperti kekuatan, porositas, permeabilitas, dan deformasi tanah. Melalui serangkaian percobaan, mahasiswa dapat memahami bagaimana tanah berperilaku ketika diberi beban atau terpapar kondisi lingkungan tertentu.

Pada praktikum ini, mahasiswa biasanya melakukan percobaan seperti uji tekanan udara (*penetration test*), uji geser (*shear test*), uji kompaksi, uji konsolidasi, dan uji permeabilitas untuk mengevaluasi berbagai sifat mekanik tanah. Praktikum ini juga memberi pengalaman dalam pengolahan data hasil percobaan, interpretasi, serta penerapan teori mekanika tanah

dalam desain rekayasa. Dalam mekanika tanah ini Mempelajari sifat fisik tanah, mengetahui kekuatan geser, kekuatan tekan, dan elastisitas tanah, menganalisis daya dukung tanah dan kemampuan tanah dalam menahan beban, dan mengetahui perubahan perilaku tanah akibat perubahan kadar air atau tekanan.

METODE PENELITIAN

Persiapan Bahan

1. Siapkan tanah gembur (kering oven)
2. Tanah yang sudah gembur disaring dengan saringan no 4 (4,75mm)



Gambar 1
Penyaringan tanah

3. Benda uji dibagi menjadi 6 bagian, dan tiap-tiap bagian dicampur dengan air yang sudah ditentukan lalu aduk sampai merata.



Gambar 2
Pencampuran Air

4. Masing-masing benda uji dimasukkan kedalam kantung plastik dan disimpan selama 24 jam atau sampai kadar airnya merata.



Gambar 3
Pemeraman Tanah

Proses Penumbukan (Standar Proctor)

1. Timbang cetakan dan keeping alas.



Gambar 4
Timbang Cetakan

2. Cetakan, leher, dan keeping alas dipasang menjadi satu dan tempatkan pada landasan yang kokoh.



Gambar 5
Rangkai Cetakan

3. Ambil salah satu dari keenam sampel dan padatkan tanah tersebut di dalam cetakan. Pemadatan dilakukan dengan 3 lapisan, dimana tiap lapis dipadatkan dengan 25 kali pukulan dari atas penumbuk.



Gambar 6
Penumbukan Tanah

4. Potong kelebihan tanah dari bagian keliling leher, dan lepaskan leher sambung.



Gambar 7
Pelepasan Leher Sambung

5. Gunakan alat perata untuk meratakan kelebihan tanah sehingga benar-benar rata dengan permukaan tanah.



Gambar 8
Perataan Permukaan

6. Timbang cetakan berisi benda uji beserta keeping alas.



Gambar 9
Timbang Tanah Setelah Penumbukan

7. Keluarkan benda uji tersebut dari cetakan dengan menggunakan alat pengeluar benda uji (extruder) dan potong sebagian kecil dari benda uji bagian tengah untuk menentukan kadar air. Tentukan kadar air dari benda uji sesuai dengan PB-010-76.



Gambar 10
Pengeluaran Benda Uji

8. Masukkan sebagian kecil dari benda uji bagian tengah yg diambil tadi ke dalam cawan kadar air (*thin box*) dan timbang benda uji. Kemudian masukkan ke dalam oven untuk mendapatkan kadar air dari benda uji tersebut.



Gambar 11

Ambil Sample untuk Kadar Air

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Data

- a. Data Peralatan dan Berat Jenis Tanah
 - Tinggi mould = 11,6 cm
 - Diameter mould = 10,1 cm
 - Volume mould = $928,90 \text{ cm}^3$
 - Berat mould = 3028 gr
 - Spesific Grafity = 2,66
 -
- b. Kepadatan dengan Metode Standart Proctor Test
 1. Pengujian Kadar Air Tanah
 - Sampel 1
 - Cawan 1

Berat Cawan (W1) = 4 gr

Berat Cawan + Tanah Basah (W2) = 24 gr

Berat Cawan + Tanah Kering (W3) = 23 gr

Berat Tanah Basah (W4 = W2-W1) = 20 gr

Berat Tanah Kering (W5 = W3-W1) = 19 gr

Berat Air (W6 = W4-W5) = 1 gr

Kadar Air (W = (W6/W5) = 5,3 %

Cawan 2

Berat Cawan (W1) = 4 gr

Berat Cawan + Tanah Basah (W2) = 24 gr

Berat Cawan + Tanah Kering (W3) = 23 gr

Berat Tanah Basah (W4 = W2-W1) = 20 gr

Berat Tanah Kering (W5 = W3-W1) = 19 gr

Berat Air (W6 = W4-W5) = 1 gr

Kadar Air (W = (W6/W5) = 5,3 %

- Sampel 2

Cawan 1

Berat Cawan (W1) = 4 gr

Berat Cawan + Tanah Basah (W2) = 24 gr

Berat Cawan + Tanah Kering (W3) = 23 gr

Berat Tanah Basah (W4 = W2-W1) = 20 gr

Berat Tanah Kering (W5 = W3-W1) = 19 gr

Berat Air (W6 = W4-W5) = 1 gr

Kadar Air (W = (W6/W5) = 5,3 %

Cawan 2

Berat Cawan (W1) = 4 gr

Berat Cawan + Tanah Basah (W2) = 24 gr

Berat Cawan + Tanah Kering (W3) = 22 gr

Berat Tanah Basah (W4 = W2-W1) = 20 gr

Berat Tanah Kering (W5 = W3-W1) = 18 gr

Berat Air (W6 = W4-W5) = 2 gr

Kadar Air ($W = (W6/W5)$) = 11,1 %

- Sampel 3

Cawan 1

Berat Cawan ($W1$) = 4 gr

Berat Cawan + Tanah Basah ($W2$) = 24 gr

Berat Cawan + Tanah Kering ($W3$) = 22 gr

Berat Tanah Basah ($W4 = W2 - W1$) = 20 gr

Berat Tanah Kering ($W5 = W3 - W1$) = 18 gr

Berat Air ($W6 = W4 - W5$) = 2 gr

Kadar Air ($W = (W6/W5)$) = 11,1 %

Cawan 2

Berat Cawan ($W1$) = 4 gr

Berat Cawan + Tanah Basah ($W2$) = 24 gr

Berat Cawan + Tanah Kering ($W3$) = 22,5 gr

Berat Tanah Basah ($W4 = W2 - W1$) = 20 gr

Berat Tanah Kering ($W5 = W3 - W1$) = 18,8 gr

Berat Air ($W6 = W4 - W5$) = 2 gr

Kadar Air ($W = (W6/W5)$) = 8,1 %

- Sampel 4

Cawan 1

Berat Cawan ($W1$) = 4 gr

Berat Cawan + Tanah Basah ($W2$) = 24 gr

Berat Cawan + Tanah Kering ($W3$) = 22 gr

Berat Tanah Basah ($W4 = W2 - W1$) = 20 gr

Berat Tanah Kering ($W5 = W3 - W1$) = 18 gr

Berat Air ($W6 = W4 - W5$) = 2 gr

Kadar Air ($W = (W6/W5)$) = 11,1 %

Cawan 2

Berat Cawan ($W1$) = 4 gr

Berat Cawan + Tanah Basah ($W2$) = 24 gr

Berat Cawan + Tanah Kering (W3) = 21,5 gr

Berat Tanah Basah (W4 = W2-W1) = 20 gr

Berat Tanah Kering (W5 = W3-W1) = 17,5 gr

Berat Air (W6 = W4-W5) = 2,5 gr

Kadar Air (W = (W6/W5) = 14,3 %

- Sampel 5

Cawan 1

Berat Cawan (W1) = 4 gr

Berat Cawan + Tanah Basah (W2) = 24 gr

Berat Cawan + Tanah Kering (W3) = 22 gr

Berat Tanah Basah (W4 = W2-W1) = 20 gr

Berat Tanah Kering (W5 = W3-W1) = 18 gr

Berat Air (W6 = W4-W5) = 2 gr

Kadar Air (W = (W6/W5) = 11,1 %

Cawan 2

Berat Cawan (W1) = 4 gr

Berat Cawan + Tanah Basah (W2) = 24 gr

Berat Cawan + Tanah Kering (W3) = 21 gr

Berat Tanah Basah (W4 = W2-W1) = 20 gr

Berat Tanah Kering (W5 = W3-W1) = 17 gr

Berat Air (W6 = W4-W5) = 3 gr

Kadar Air (W = (W6/W5) = 17,6 %

- Sampel 6

Cawan 1

Berat Cawan (W1) = 4 gr

Berat Cawan + Tanah Basah (W2) = 24 gr

Berat Cawan + Tanah Kering (W3) = 21 gr

Berat Tanah Basah (W4 = W2-W1) = 20 gr

Berat Tanah Kering (W5 = W3-W1) = 17 gr

Berat Air (W6 = W4-W5) = 3 gr

$$\text{Kadar Air (W} = (\text{W}_6/\text{W}_5) = 17,6 \%$$

Cawan 2

$$\text{Berat Cawan (W}_1) = 4 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Cawan + Tanah Basah (W}_2) = 24 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Cawan + Tanah Kering (W}_3) = 21 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Tanah Basah (W}_4 = \text{W}_2 - \text{W}_1) = 20 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Tanah Kering (W}_5 = \text{W}_3 - \text{W}_1) = 17 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Air (W}_6 = \text{W}_4 - \text{W}_5) = 3 \text{ gr}$$

$$\text{Kadar Air (W} = (\text{W}_6/\text{W}_5) = 17,6 \%$$

$$\text{Kadar Air Rata-rata} = 11,548\%$$

2. Pengujian Berat Isi

- Sampel 1

$$\text{Berat Mould (W}_1) = 3028 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Mould + Tanah Basah (W}_2) = 4454 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Tanah Basah (W}_3 = \text{W}_2 - \text{W}_1) = 1426 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Isi } (\gamma = \frac{W_3}{Vol} \cdot Mould) = 1,54 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Berat Isi Kering } (\gamma_d = \gamma / (1 + W_1)) = 1,46 \text{ gr/cm}^3$$

- Sampel 2

$$\text{Berat Mould (W}_1) = 3028 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Mould + Tanah Basah (W}_2) = 4510 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Tanah Basah (W}_3 = \text{W}_2 - \text{W}_1) = 1482 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Isi } (\gamma = \frac{W_3}{Vol} \cdot Mould) = 1,60 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Berat Isi Kering } (\gamma_d = \gamma / (1 + W_1)) = 1,52 \text{ gr/cm}^3$$

- Sampel 3

$$\text{Berat Mould (W}_1) = 3028 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Mould + Tanah Basah (W}_2) = 4546 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Tanah Basah (W}_3 = \text{W}_2 - \text{W}_1) = 1518 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Isi } (\gamma = \frac{W_3}{Vol} \cdot Mould) = 1,63 \text{ gr/cm}^3$$

Berat Isi Kering($\gamma_d = \gamma/(1 + W_1)$)= 1,55 gr/cm³

- Sampel 4

Berat Mould (W1) = 3028 gr

Berat Mould + Tanah Basah (W2) = 4536 gr

Berat Tanah Basah (W3 = W2-W1) = 1508 gr

Berat Isi ($\gamma = \frac{W_3}{Vol} \cdot Mould$) = 1,62 gr/cm³

Berat Isi Kering($\gamma_d = \gamma/(1 + W_1)$)= 1,46 gr/cm³

- Sampel 5

Berat Mould (W1) = 3028 gr

Berat Mould + Tanah Basah (W2) = 4532 gr

Berat Tanah Basah (W3 = W2-W1) = 1504 gr

Berat Isi ($\gamma = \frac{W_3}{Vol} \cdot Mould$) = 1,62 gr/cm³

Berat Isi Kering($\gamma_d = \gamma/(1 + W_1)$)= 1,46 gr/cm³

- Sampel 6

Berat Mould (W1) = 3028 gr

Berat Mould + Tanah Basah (W2) = 4520 gr

Berat Tanah Basah (W3 = W2-W1) = 1492 gr

Berat Isi ($\gamma = \frac{W_3}{Vol} \cdot Mould$) = 1,61 gr/cm³

Berat Isi Kering($\gamma_d = \gamma/(1 + W_1)$)= 1,45 gr/cm³

3. Garis ZAV (Zero Air Voids Line)

- Sampel 1

Spesifik Gravity Rata-rata (Gs) = 2,66

Berat Jenis Air (γ_w) = 1

Kadar Air (W) = 5,26

ZAV = 2,053

- Sampel 2
Spesifik Grafity Rata-rata (Gs) = 2,66
Berat Jenis Air (γ_w) = 1
Kadar Air (W) = 8,19
ZAV = 1,997

- Sampel 3
Spesifik Grafity Rata-rata (Gs) = 2,66
Berat Jenis Air (γ_w) = 1
Kadar Air (W) = 9,61
ZAV = 1,920

- Sampel 4
Spesifik Grafity Rata-rata (Gs) = 2,66
Berat Jenis Air (γ_w) = 1
Kadar Air (W) = 12,70
ZAV = 1,857

- Sampel 5
Spesifik Grafity Rata-rata (Gs) = 2,66
Berat Jenis Air (γ_w) = 1
Kadar Air (W) = 14,38
ZAV = 1,758

- Sampel 6
Spesifik Grafity Rata-rata (Gs) = 2,66
Berat Jenis Air (γ_w) = 1
Kadar Air (W) = 17,65
ZAV = 1,684

B. Rekapitulasi Data**Tabel 1 Data Peralatan dan Berat Jenis Tanah**

Metode pemadatan	Standart proctor test
Tinggi mould,cm	11,6 cm
Diameter mould,cm	10,1 cm
Volume mould, cm^3	928,90 cm^3 .
Berat mould, (gr)	3028 gr
Specific gravity ,GS	2,66

Kepadatan Dengan Metode Standart Proctor Test**Tabel 2 Pengujian Kadar Air Tanah**

Nomor sampel	I	II	III	IV	V	VI
Spesifik gravity rata rata ,Gs	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66
Berat Jenis air, γ_w	1	1	1	1	1	1
Kadar air, W (%)	5,26	8,19	9,61	12,70	14,38	17,65
ZAV	2,053	1,997	1,92	1,857	1,758	1,684

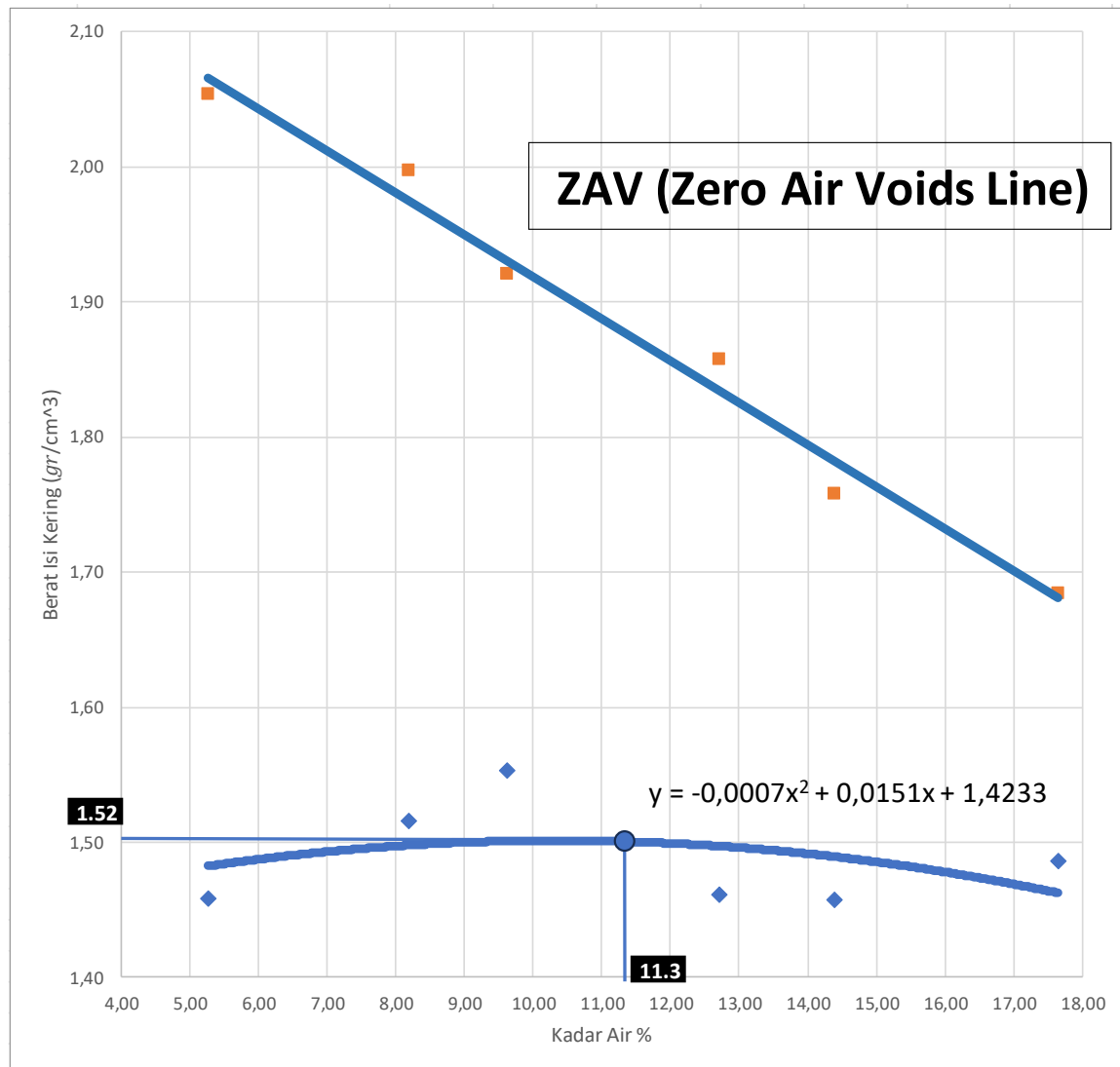
Tabel 3 Pengujian Berat Isi

Nomor sampel	I		II		III		IV		V		VI	
Berat Cawan ,W1 (Gr)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Berat Cawan + Tanah Basah ,W2 (Gr)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Berat Cawan + Kering Basah ,W3 (Gr)	23	23	23	22	22	22,5	22	21,5	22	21	21	21
Berat Tanah Basah ,W4=W2-W1 (Gr)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Berat Tanah Kering ,Ws=W3-W1 (Gr)	19	19	19	18	18	18,5	18	17,5	18	17	17	17
Berat Air ,W6=W4-Ws (Gs)	1	1	1	2	2	1,5	2	2,5	2	3	3	3
Kadar Air ,W=(W6/Ws) X 100% (Gr)	5,3	5,3	5,3	11,1	11,1	8,1	11,1	14,3	11,1	17,6	17,6	17,6
Kadar Air Rata Rata (%)	5.26		8.19		9,61		12.70		14.38		17.65	

Tabel 4 Garis ZAV (Zero Air Voids Line)

Nomor sampel	I	II	III	IV	V	VI
Berat mould,W1 (gr)	3028	3028	3028	3028	3028	3028
Berat mould + tanah basah ,w2 (gr)	4454	4510	4546	4536	4532	4520
Berat tanah basah,w3=w2-w1 (gr)	1426	1482	1518	1508	1504	1492
Berat isi, $\gamma = w3/vol.mould (gr/cm^3)$	1,54	1,60	1,63	1,62	1,62	1,61
Berat isi kering , $\gamma_d = \gamma/(1 + w1)(gr/cm^3)$	1,46	1,52	1,55	1,46	1,46	1,45

GRAFIK KOMPAKSI



KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian adalah bahwa kepadatan kering maksimum tanah dicapai pada kadar air sebesar 11,3%, dengan nilai berat isi kering tanah sebesar 1,52 gr/cm³. Pada titik ini, hubungan antara kadar air dan kepadatan kering berada pada kondisi optimal, di mana tanah mencapai tingkat pemadatan tertinggi. Kondisi ini mencerminkan keseimbangan antara jumlah air yang cukup untuk melumasi butiran tanah sehingga memungkinkan butiran-butiran tersebut tersusun lebih rapat, tanpa menyebabkan kelebihan air yang akan mengisi ruang pori.

Namun, setelah kadar air melampaui angka tersebut, peningkatan kadar air tidak lagi meningkatkan kepadatan tanah. Sebaliknya, berat isi kering tanah mulai mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena kelebihan air mengisi ruang pori di antara butiran tanah, yang mengakibatkan penurunan tingkat kontak antar butiran dan menyebabkan tanah menjadi lebih longgar. Fenomena ini terlihat jelas pada sampel dengan kadar air yang lebih tinggi, di mana nilai berat isi kering menunjukkan penurunan dibandingkan kondisi optimum. Penurunan ini menggambarkan batasan kemampuan tanah untuk mempertahankan kepadatan maksimal ketika kandungan air terus bertambah.

DAFTAR PUSTAKA

Pustaka yang berupa judul buku

Bowles, J. E. (1992). *Foundation Analysis and Design*. Makassar : Erlangga

Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering*

Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1969). *Soil Mechanics*.

ASTM D1556, *Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method*.

Soehodo, S. (2010). *"Mekanika Tanah dan Pondasi"*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Bowles, J. E. (2012). *"Foundation Analysis and Design"*. 5th edition. McGraw-Hill.

Das, B. M. (2016). *"Principles of Foundation Engineering"*. 8th edition. Cengage Learning.

Badan Standardsasi Nasional, Cara Uji Kepadatan Berat Untuk Tanah. SNI. 1743 : 2008. Jakarta, 2011

Silitonga, Ernesto Maringan Ramot dan Muhammad Qarinur (2024). Modul Praktikum Mekanika Tanah.

Pustaka yang berupa jurnal ilmiah

B. D. Oluyemi-Ayibiowu, T. O. Akinleye. (2019) *Factors Influencing the Soil-Water Characteristics of Unsaturated Tropical Silty Sand*.