

## Analisa Kepadatan Tanah Menggunakan *Sand Cone* pada Peningkatan Struktur Tanggul Pantai di Kota Pekalongan

Alfarizt Wicaksana<sup>1</sup>, Gurawan Djati Wibowo<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Email: [d100190072@student.ums.ac.id](mailto:d100190072@student.ums.ac.id)<sup>1</sup>, [gurawandjati@gmail.com](mailto:gurawandjati@gmail.com)<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Tanggul pantai merupakan struktur bangunan yang dibangun di sepanjang garis pantai dengan tujuan untuk melindungi wilayah pesisir dari terjangan maupun *longshore transport*. Pengujian pemadatan tanah bertujuan untuk menentukan kepadatan maksimum suatu jenis tanah dengan cara tumbukan. Peningkatan kepadatan tanah dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah dengan metode *sand cone*. Metode *sand cone* sangat penting dalam menentukan jenis tanah yang digunakan dalam konstruksi dan sebagai pedoman dalam menghitung kekuatan dan tegangan yang diperlukan pada struktur tanggul pantai. Metode penelitian dalam makalah ini yaitu kuantitatif. Berdasarkan hasil pengujian kekuatan geser langsung (*Direct Shear Test*) didapatkan hasil tegangan normal dengan sampel 1, 2 dan 3 berurutan sebesar 24,4 kPa, 48,8 kPa, dan 73,2 kPa. Hasil tegangan geser dengan sampel 1, 2 dan 3 berurutan sebesar 24,5 kPa, 41,2 kPa, dan 55,9 kPa. Dengan sampel tanah berurutan 1, 2 dan 3 berbeban 8kg, 16kg, dan 24kg. Dapat disimpulkan tanah tersebut terkategori tanah berjenis kerikil berpasir dan bersifat padat. Pengujian Atterberg (*Atterberg Limit*) didapatkan nilai batas cair sebesar 52,90%, Batas Plastis 32,69%. dan Indeks Plastisitas sebesar 20,21% dapat disimpulkan berjenis tanah Lempung. Pengujian Pemadatan tanah didapatkan hasil Kadar air sebesar 36,21%, Berat volume basah sebesar 1,63 gr/cm<sup>3</sup>, Berat jenis sebesar 2,553, Kadar air optimum sebesar 35,80%, dan Berat isi kering maksimal sebesar 1,26 gr/cm<sup>3</sup>.

**Kata Kunci:** Kepadatan Tanah, Pengujian, *Sand cone*, Tanggul.

### ABSTRACT

*Coastal embankments are structures built along the coastline with the aim of protecting coastal areas from longshore transport. Soil compaction testing aims to determine the maximum density of a type of soil by means of impact. Increasing soil density can be done by various methods, one of which is the Sand cone method. Sand cone method is very important in determining the type of soil used in construction and as a guide in calculating the strength and stress required in the coastal embankment structure. The research method in this paper is quantitative. The direct shear strength test obtained normal stress results with samples 1, 2 and 3 sequentially of 24.4 kPa, 48.8 kPa, and 73.2 kPa. Shear stress results with samples 1, 2 and 3 were 24.5 kPa, 41.2 kPa, and 55.9 kPa respectively. With soil samples 1, 2 and 3 loaded with 8kg, 16kg, and 24kg respectively. It can be concluded that the soil is categorised as sandy gravel type soil and is solid. Atterberg Limit testing obtained a liquid limit value of 52.90%, Plastic Limit 32.69%. and Plasticity Index of 20.21% can be concluded to be a type of clay. Soil compaction test results obtained moisture content of 36.21%, wet volume weight of 1.63 gr/cm<sup>3</sup>, specific gravity of 2.553, optimum moisture content of 35.80%, and maximum dry weight content of 1.26 gr/cm<sup>3</sup>.*

**Keywords:** Soil Density, Testing, *Sand cone*, Embankment.

<b>Submitted:</b> 09 Juli 2023	<b>Reviewed:</b> 07 Okt 2023	<b>Revised</b> 18 Nov 2023	<b>Published:</b> 01 Februari 2024
-----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------	---------------------------------------

### PENDAHULUAN

Pantai merupakan zona yang rawan terhadap bencana alam seperti abrasi pantai, banjir rob, tsunami, dan lain sebagainya. Oleh karena itu, infrastruktur pantai harus dirancang dan dibangun dengan baik untuk dapat melindungi kawasan pesisir tersebut. Salah satu infrastruktur yang penting adalah tanggul (Ikhsan & Musda, 2023).

Tanggul ialah dinding miring, baik yang dibangun maupun alami, yang digunakan untuk mempertahankan wilayah pantai, yang biasanya

dibangun dari tanah dan sering dibangun berdekatan dengan sungai atau pantai (Agustina, 2019). Tanggul pantai berfungsi mencegah air laut masuk dan merusak permukiman atau kawasan penting lainnya di sepanjang pantai. Namun, pembangunan tanggul pantai harus memperhatikan beberapa faktor seperti jenis tanah, kepadatan tanah, dan kekuatan tanah, sehingga tanggul yang dibangun dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama (Mulyono & Ladesi, 2021).

Tanggul pantai merupakan struktur bangunan yang dibangun di sepanjang garis pantai dengan tujuan

untuk melindungi wilayah pesisir dari terjangan maupun *longshore transport*. Salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan dan kestabilan struktur tanggul pantai adalah kondisi kepadatan tanah di sekitarnya (Singh et al., 2023). Salah satu variabel yang paling penting untuk dipertimbangkan saat membangun tanggul pantai adalah kepadatan tanah (Sudrajat, 2021). Kepadatan ini ditentukan oleh kadar air; meskipun jumlah energi yang digunakan sama, namun nilai kepadatan yang diperoleh akan berbeda (Fahrizal et al., 2022). Kepadatan tanah mempengaruhi daya dukung tanah yang akan menopang beban struktur tanggul pantai yang dibangun. Oleh karena itu, untuk memperkirakan daya dukung tanah perlu dilakukan analisa kepadatan tanah yang akurat dengan menggunakan metode yang tepat (Asfaw & Workineh, 2019).

Pemadatan tanah ialah proses meningkatkan kepadatan tanah dengan memperpendek ruang antar partikel, yang menghasilkan pengurangan volume udara (Ikbal & Zhafirah, 1992). Berat volume kering yang dipadatkan digunakan untuk mengukur pemadatan tanah, dan air ditambahkan ke tanah yang telah diratakan berguna sebagai bahan pembasah bagi partikel-partikel tanah. Kepadatan tanah diukur dalam berat kering ( $\gamma_d$ ). Pengujian pemadatan tanah menggunakan tumbukan untuk memperkirakan kepadatan maksimum suatu jenis tanah (Villavicencio et al., 2022).

Peningkatan kepadatan tanah dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah dengan metode *Sand cone*. Metode ini menggunakan alat yang disebut dengan *sand cone test* untuk mengukur kepadatan tanah pada lokasi penelitian (Francois et al., 2021). Penggunaan metode *sand cone* ini dinilai sebagai salah satu metode yang efektif dan efisien untuk meningkatkan kekuatan struktur tanah. Metode *sand cone* ialah salah satu bentuk uji lapangan yang dapat digunakan untuk mengevaluasi berat isi kering (kepadatan) tanah asli atau sebagai hasil dari operasi pemadatan baik pada tanah kohesif maupun tanah non-kohesif (Akbar et al., 2021). Metode pengukuran ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu: pengukuran volume cawan kemih, pengukuran berat tanah basah, pengukuran berat tanah kering, dan pengukuran berat pasir. Dari hasil pengukuran tersebut, dapat dihitung kepadatan dari tanah tersebut. Hasil uji kepadatan dengan *sand cone* digunakan untuk struktur pondasi pada tanggul (Cao et al., 2022).

Hasil analisa kepadatan tanah dengan menggunakan metode *sand cone* sangat penting dalam menentukan jenis tanah yang digunakan dalam konstruksi dan sebagai pedoman dalam menghitung kekuatan dan tegangan yang diperlukan pada struktur tanggul pantai (Siregar et al., 2021). Kepadatan/berat volume tanah ( $t$ ) akan dihitung dengan menggunakan berat tanah dan volume tanah, setelah itu tanah akan dioven untuk menentukan kadar air ( $w$ ) dan kepadatan/berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ ). Tingkat kepadatan ditentukan dengan menggunakan hasil uji lapangan dan laboratorium tanah (Agustina, 2019). Hasil yang akurat dapat membantu dalam mencegah kegagalan struktur tanggul pantai dan melindungi daerah pesisir dari kerusakan akibat banjir dan banjir pasang. Hasil analisa kepadatan tanah menggunakan metode *sand cone* pada peningkatan struktur tanggul pantai di Kota Pekalongan. Kota Pekalongan merupakan kota pantai yang terletak di bagian utara Jawa Tengah. Peningkatan struktur tanggul pantai di Kota Pekalongan dilakukan untuk meningkatkan daya dukung tanggul terhadap beban struktur, sehingga lebih tahan lama dan aman.

Dalam penelitian ini, dilakukan pengukuran kepadatan tanah di beberapa titik pada bagian tanggul pantai yang akan ditingkatkan. Pengukuran kepadatan tanah menggunakan metode *sand cone* dilakukan pada setiap titik, dan hasil pengukurannya dicatat. Kemudian, hasil pengukuran digunakan sebagai referensi dalam perhitungan daya dukung tanah yang akan menopang struktur tanggul pantai yang akan dibangun.



**Gambar 1.** Foto Pelaksanaan Uji *Sand cone*

Dari hasil analisa yang dilakukan, diharapkan dapat mengetahui kepadatan tanah di sekitar lokasi pembangunan tanggul pantai dan menghitung daya dukung tanah yang akan menopang tanggul tersebut. Analisis kepadatan lapangan dengan menggunakan metode *sand cone* biasanya dilakukan untuk mengetahui apakah hasil dari

kegiatan pemadatan di lapangan telah sesuai dengan standar yang dapat diterima berdasarkan spesifikasi SNI (Permatasari, 2018). Selain itu juga dapat dijadikan dasar untuk pengambilan keputusan terkait perencanaan dan pembangunan tanggul pantai di wilayah tersebut.

Pengujian kuat geser langsung digunakan untuk menilai sifat mekanis tanah. Tujuan dari pengujian kuat geser langsung ialah untuk mengukur kohesi dan sudut geser dalam minimal tiga percobaan dengan tegangan normal yang bervariasi. Pengujian Atterberg (*Atterberg Limit*) merupakan pengujian perilaku tanah yang ditentukan dari uji batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*) guna melihat kelayakan tanah yang digunakan dengan batas-batas ukuran butir tanah yang lolos ayakan nomor 40 (Aripin et al., 2022). Pengujian pemadatan dilakukan untuk menghilangkan udara dari pori-pori agregat. Penghapusan udara dilakukan secara mekanis, di lapangan dengan menggiling, dan di laboratorium dengan menumbuk atau memukul. Pemadatan tanah dilakukan untuk mengurangi penyebab tingginya biaya akibat penurunan tanah atau meminimalisir kerusakan struktur. Kepadatan tanah dihitung dengan menggunakan berat volume kering, yang meningkat seiring dengan meningkatnya kadar air dan menurun ketika kadar air ideal tercapai (Agustina, 2019).

Tujuan penelitian ini ialah menganalisa kepadatan tanah menggunakan *sand cone* pada peningkatan struktur tanggul pantai di kota Pekalongan

## METODE PENELITIAN

### Peta Lokasi Penelitian

Dalam rangka menganalisis kepadatan tanah menggunakan metode *sand cone* pada peningkatan struktur tanggul pantai yang berlokasi di Rob Tanggul Pantai Degayu, Tanggul Slamaran, dan Tanggul Sungai Gabus di Kota Pekalongan.

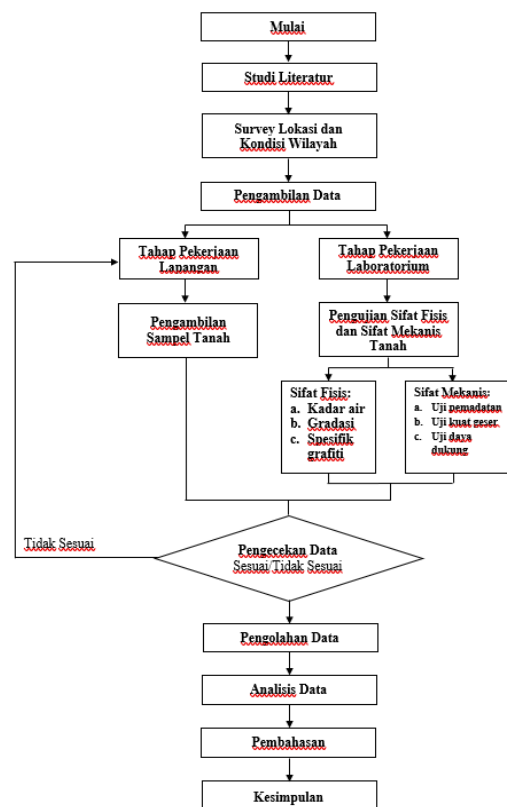


Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Metode penelitian dalam makalah ini yaitu kuantitatif digunakan dalam meneliti sampel dengan menggunakan alat ukur atau instrument penelitian lainnya. Metode pengambilan data yang digunakan dilakukan dengan metode eksperimen.

Beberapa tahapan harus diselesaikan sebelum melakukan pemadatan tanah, dimulai dengan tinjauan literatur yang digunakan dalam penulisan dan penelitian, diikuti dengan pekerjaan lapangan dan pekerjaan laboratorium. Pengambilan sampel tanah dilakukan di lapangan. Kemudian, dilanjutkan dengan pengujian dan analisis laboratorium berupa penilaian sifat fisik dan mekanik tanah, berupa: Pengujian Direct shear (SNI 03-3420-1998), Pengujian Atterberg Limit (ASTM D-4318) dan Pengujian Pemadatan (SNI M-8-1991-03).

Pengolahan data dilakukan untuk mencari dan mengevaluasi hasil pemadatan tanah berdasarkan studi literatur, sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk mendukung penelitian ini. Untuk lebih lengkapnya, dapat dilihat pada bagan alir. Bagan alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

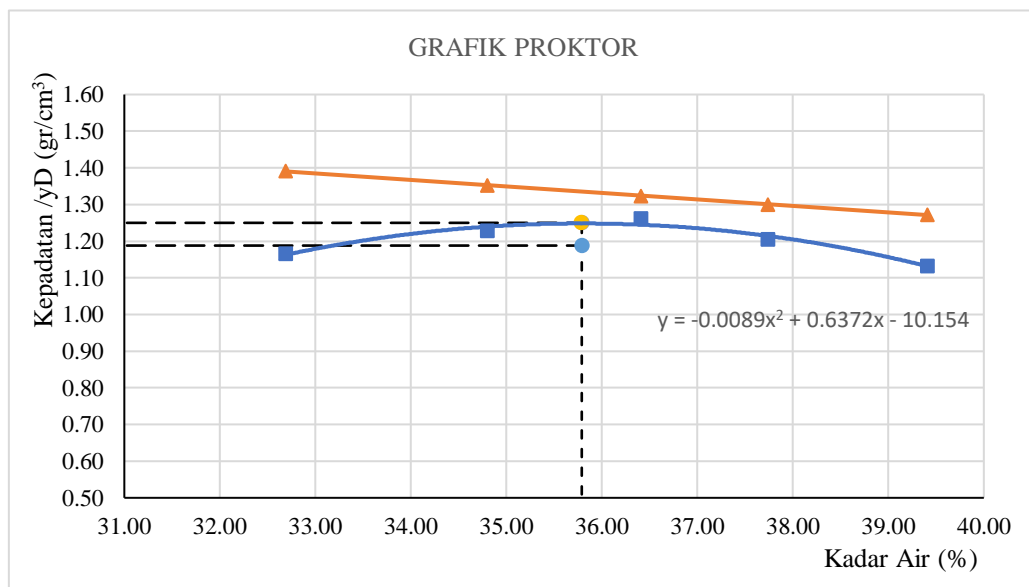


Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**Hasil Pengujian Pematatan**

**Tabel 1.** Percobaan Pematatan

Pengujian	Satuan	I	II	III	IV	V
Berat Sampel	gr	4000	4000	4000	4000	4000
Penambahan Air	cc	200	300	400	500	600
Kepadatan Proktor						
Berat Sampel + Cetakan	gr	9058.24	9286.75	9425.17	9297.40	9127.50
Berat Cetakan	gr	5820.45	5820.45	5820.45	5820.45	5820.45
Berat Sampel Basah	gr	3237.79	3466.3	3604.72	3476.95	3307.05
Volume Cetakan (Ø=10, T=11,70cm)	cm <sup>3</sup>	2094.16	2094.16	2094.16	2094.16	2094.16
<b>Berat isi sampel basah (yb)</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.55</b>	<b>1.66</b>	<b>1.72</b>	<b>1.66</b>	<b>1.58</b>
<b>Berat isi sampel Kering (yd)</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.17</b>	<b>1.23</b>	<b>1.26</b>	<b>1.21</b>	<b>1.13</b>
<b>ZAV (Zero Air Void)</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.39</b>	<b>1.35</b>	<b>1.32</b>	<b>1.30</b>	<b>1.27</b>
Brt sampel basah + cawan	gr	78.72	83.45	78.34	72.64	60.54
Brt sampel Kering + cawan	gr	60.88	63.52	59.14	54.45	45.25
<b>Berat air</b>	<b>gr</b>	<b>17.84</b>	<b>19.93</b>	<b>19.2</b>	<b>18.19</b>	<b>15.29</b>
Berat cawan	gr	6.30	6.25	6.40	6.25	6.45
<b>Berat Sampel Kering</b>	<b>gr</b>	<b>54.58</b>	<b>57.27</b>	<b>52.74</b>	<b>48.20</b>	<b>38.80</b>
<b>Berat Sampel Basah</b>	<b>gr</b>	<b>72.42</b>	<b>77.20</b>	<b>71.94</b>	<b>66.39</b>	<b>54.09</b>
<b>Kadar air (W)</b>	<b>%</b>	<b>32.69</b>	<b>34.80</b>	<b>36.41</b>	<b>37.74</b>	<b>39.41</b>



**Gambar 4.** Kurva Pengujian Pematatan

**Analisis Hasil Uji Sand Cone**

**Tabel 2.** Hasil uji sand cone

No	STA	Benda Uji Tertinggal (%)	Kadar Air (%)	Berat Volume Tanah Basah (gr/cm <sup>3</sup> )	Berat Volume Tanah Kering (gr/cm <sup>3</sup> )	Derajat Kepadatan (%)
1	0+450	42.75	32.69	1.55	1.17	92.47
2	0+350	35.27	34.80	1.66	1.23	97.45
3	0+250	28.86	36.41	1.72	1.26	100.15
4	0+150	22.44	37.74	1.66	1.21	95.66
5	0+075	16.03	39.41	1.58	1.13	89.90

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari uji sand cone, maka didapatkan derajat kepadatan pada sampel 1 yaitu sebesar 92,47, sampel 2 sebesar 97,45, pada sampel 3 sebesar 100,15, pada sampel 4 sebesar 95,66, dan sampel 5 sebesar 89,90. Maka tanah yang digunakan di lapangan sudah memenuhi syarat yang dibutuhkan.

Analisis yang dilakukan adalah menghitung dan membandingkan hasil uji fisik pada sampel tanah

timbunan sesuai standar tanah timbunan. Jika tanah timbunan belum memenuhi standar tanah timbunan maka dilakukan uji fisik kembali dan jika tanah sudah memenuhi standar tanah timbunan maka dilakukan uji mekanis berupa uji pematatan tanah standar proctor dan uji pematatan tanah dengan alat tekan modifikasi. Dari hasil pengujian pematatan didapat nilai kadar air optimum yang digunakan untuk menguji

pemadatan dengan alat uji tekan modifikasi. Dari uji pemadatan dengan alat tekan modifikasi didapat berat volume kering maksimumnya ( $\gamma_{dmaks}$ ) yang kemudian dipakai untuk membandingkan dengan nilai berat isi tanah kering lapangan ( $\gamma_{Wds}$ ) dan didapatkan nilai derajat kepadatan tanah (D).

### Pengujian Geser Langsung

Pengujian kuat geser langsung dilakukan untuk memperoleh nilai parameter kuat geser. Hasil dari uji kuat geser langsung ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

**Tabel 3. Uji Kuat Geser**

t	$\Delta H$		P.1 (8kg)		P.2 (16kg)		P.3 (24kg)			
	mm	dial	gaya geser	Teg. geser kg/cm <sup>2</sup>	dial	gaya geser	Teg. geser kg/cm <sup>2</sup>	dial	gaya geser	Teg. geser kg/cm <sup>2</sup>
0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0,30	5	2,70	0,08	8	4,32	0,13	8	4,32	0,13
30	0,60	6	3,24	0,10	9	4,86	0,15	9	4,86	0,15
45	0,90	7	3,78	0,12	12	6,48	0,20	13	7,02	0,22
60	1,20	8	4,32	0,13	13	7,02	0,22	16	8,64	0,27
75	1,50	10	5,40	0,17	14	7,56	0,24	19	10,26	0,32
90	1,80	11	5,94	0,18	15	8,10	0,25	22	11,88	0,37
105	2,10	12	6,48	0,20	18	9,72	0,30	24	12,96	0,40
120	2,40	12	6,48	0,20	18	9,72	0,30	25	13,50	0,42
135	2,70	12	6,48	0,20	19	10,26	0,32	27	14,58	0,45
150	3,00	13	7,02	0,22	19	10,26	0,32	27	14,58	0,45
165	3,30	13	7,02	0,22	20	10,80	0,34	27	14,58	0,45
180	3,60	13	7,02	0,22	20	10,80	0,34	29	15,66	0,49
195	3,90	13	7,02	0,22	21	11,34	0,35	29	15,66	0,49
210	4,20	14	7,56	0,24	21	11,34	0,35	30	16,20	0,50
225	4,50	14	7,56	0,24	22	11,88	0,37	30	16,20	0,50
240	4,80	14	7,56	0,24	22	11,88	0,37	31	16,74	0,52
255	5,10	15	8,10	0,25	22	11,88	0,37	32	17,28	0,54
270	5,40	15	8,10	0,25	22	11,88	0,37	32	17,28	0,54
285	5,70	15	8,10	0,25	23	12,42	0,39	33	17,82	0,55
300	6,00	14	7,56	0,24	23	12,42	0,39	33	17,82	0,55
315	6,30	14	7,56	0,24	23	12,42	0,39	34	18,36	0,57
330	6,60	14	7,56	0,24	25	13,50	0,42	34	18,36	0,57
345	6,90	13	7,02	0,22	25	13,50	0,42	32	17,28	0,54
360	7,20	13	7,02	0,22	23	12,42	0,39	30	16,20	0,50

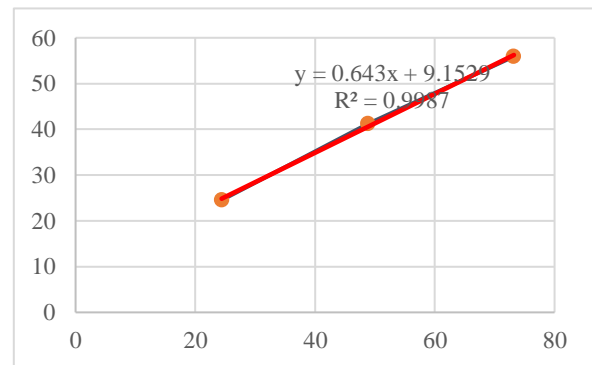
Berdasarkan Tabel 1, pengujian geser langsung dilakukan setiap 15 detik selama 6 menit dengan beban aksial 8 kg, 16 kg, dan 24 kg dengan nilai kalibrasi 0,54. Nilai tegangan normal dalam kg/cm<sup>2</sup> dihasilkan dengan membagi beban dan gaya aksial dengan luas area, sedangkan nilai tegangan dalam kPa diperoleh dengan membagi beban atau gaya aksial dengan luas area kemudian dikalikan dengan 100. Nilai gaya geser dihitung dengan mengalikan angka kalibrasi dengan pembacaan proving ring. Nilai tegangan geser dihitung dengan membagi gaya geser dengan luas area dan mengalikannya dengan 100.

**Tabel 4. Nilai Maksimum Tegangan Geser**

Beban	Teg. normal		Teg. geser	
	kg/cm <sup>2</sup>	kPa	kg/cm <sup>2</sup>	kPa
8	0,249	24,4	0,25	24,5
16	0,498	48,8	0,42	41,2
24	0,747	73,2	0,57	55,9

Tabel 4 menampilkan nilai tegangan geser maksimum yang dihitung. Terlihat bahwa sampel dapat menahan tegangan geser sebesar

24,5 kPa di bawah beban aksial seberat 8 kg. Dengan beban aksial 16 kg, sampel dapat menahan tegangan geser sebesar 41,2 kPa. Tegangan geser sebesar 55,9 kPa dapat ditahan oleh beban aksial seberat 24 kg.



**Gambar 3. Grafik Pengujian Geser Langsung**

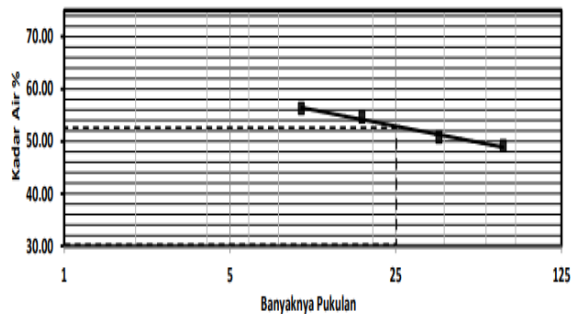
Dari Gambar 3, diperlihatkan bahwa diperoleh nilai kohesi 9,15 kPa dan nilai sudut geser diperoleh 36,841° yang menunjukkan bahwa tanah lempung tersebut berjenis krikil berpasir dan bersifat padat.

### Pengujian Atterberg Limit

Pengujian batas-batas Atterberg melalui pengujian di laboratorium dengan sampel tanah timbunan Rob Tanggul Pantai Degayu, Tanggul Slamaran, dan Tanggul Sungai Gabus pada tanggal 30 Maret 2022 sebagai berikut:

#### 1) Batas cair (LL)

Pengujian batas cair tanah timbunan diperoleh nilai batas cair sebesar 52,90 %. Diperlihatkan data seperti dibawah ini:



**Gambar 6.** Batas Cair

Dapat diketahui bahwa kadar air di tanah lempung tersebut 52,90%. Sehingga dapat dikatakan tanah tersebut basah

#### 2) Batas plastis (PL)

Pengujian batas plastis tanah timbunan diperoleh nilai batas plastis sebesar 32,69 %. Dapat dihitung Indeks Plastisnya (IP) yaitu dengan menggunakan rumus:

$$IP = LL - PL = 52,90 - 32,69 \% = 20,21 \%$$

Tanah yang didapat dari pengujian laboratorium bersifat plastisitas tinggi dan memiliki kadar lempung. Dikarenakan  $PL > 17\%$ .

**Tabel 6.** Batas-Batas Atterberg

<b>Atterberg</b>	<b>LL</b>	<b>52,90</b>
<b>Limit</b>	<b>PL</b>	<b>32,69</b>
	<b>IP</b>	<b>20,21</b>

**Tabel 8.** Rekapitulasi Hasil Pengujian Fisik Tanah Asli

Pengujian	Hasil	Satuan
Kadar air	36,21	%
Berat vol. basah	1,63	gr/cm <sup>3</sup>
Berat jenis (Gs)	2,553	-
Uji proktor standar	-	-
Kadar air optimum	35,80	%

### KESIMPULAN

Berdasarkan dari pengujian kuat geser langsung dengan menggunakan sampel tanah lempung diperoleh nilai kohesi 9,15 kPa dan nilai sudut geser diperoleh sebesar 36,84°, sehingga menunjukkan bahwa tanah tersebut berjenis krikil berpasir dan bersifat padat.

Dari hasil pengujian batas Atterberg, dapat diambil beberapa kesimpulan, bahwa nilai batas cair adalah sebesar 52,90%, nilai batas plastis adalah sebesar 20,21%, sehingga tanah tersebut bersifat plastisitas tinggi dan berjenis tanah lempung. Dikarenakan  $PL > 17\%$ .

Dari hasil pengujian pemadatan, diperoleh hasil besar kadar air sebesar 36,21%, berat volume basah sebesar 1,63 gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis sebesar 2,55, kadar air optimum sebesar 35,80% dan berat isi kering maksimal sebesar 1,26 gr/cm<sup>3</sup>. Dengan demikian, sampel tanah di lokasi tergolong pada tanah berjenis lempung (*clay*) dengan plastisitas tinggi (*CH*).

### DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, D. H. (2019). Pengaruh Energi Pemadatan terhadap Nilai Kepadatan Tanah. *Sigma Teknika*, 2(2), 202. <https://doi.org/10.33373/sigma.v2i2.2067>
- Akbar, S. J., Burhanuddin, B., & Jufriadi, J. (2021). Hubungan Nilai CBR dan Sand Cone Lapisan Pondasi Bawah pada Perkerasan Lentur Jalan. *Teras Jurnal*, 5(1), 21–31. <https://doi.org/10.29103/tj.v5i1.4>
- Aripin, D. D., Asniar, N., & Hendardi, A. R. (2022). Studi Analisis Stabilitas Lereng (Studi Kasus Lereng Bukit Cikirai Cikoneng Ciamis). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(2), 108–124. <https://doi.org/https://doi.org/10.36423/jitsi.v2i2.994>
- Asfaw, D., & Workineh, G. (2019). Quantitative analysis of morphometry on Ribb and Gumara watersheds: Implications for soil and water conservation. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(2), 150–157. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.02.00>
- Cao, Q., Abufares, L., & Al-Qadi, I. (2022). Development of a Simulation-Based Approach for Cold In-Place Recycled Pavement Moisture-Content Prediction Using Ground-Penetrating Radar. *Transportation Research Record*, 2676(10), 682–694. <https://doi.org/10.1177/03611981221090933>
- Chayati, N., & Taqwa, F. M. L. (2021, November). Study of Physical and Mechanical Soil Parameters as In-Situ Embankment Materials on Double Track Rail Road Construction Project Between Batu Tulis–Ciomas Station, Bogor. In *Seminar Nasional Ketekniksipilan, Infrastruktur dan Industri Jasa Konstruksi (KIIJK)* (Vol. 1, No. 1, pp. 73-77). <https://prosiding.uika-bogor.ac.id/index.php/kiijk/article/view/345>
- Fahrizal, Y., Saputro, Y. A., & Rochmanto, D. (2022). Analisis Kepadatan Tanah pada Akses

- Jalan Conveyor PLTU TJB UNIT 3,4 dengan Menggunakan Standar AASHTO T 191. *Jurnal Civil Engineering Study*, 02, 1–6.
- Francois, A., Offenbacher, D., & Mehta, Y. (2021). Evaluating the Cost Effectiveness of Using Various Types of Stabilized Base Layers in Flexible Pavements. In Eleventh International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields, Volume 1 (Vol. 1). Routledge. <https://doi.org/10.1201/9781003222880-15>
- Ikkal, F. M., & Zhafirah, A. (1992). Evaluasi Kepadatan Tanah Timbunan dengan Sand Cone Test. *Jurnal Konstruksi*, 1, 228–233. <https://doi.org/https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.20-2.1136>
- Ikhsan, A. M., & Musda, G. H. (2023). Model Tata Bangunan dan Lingkungan Binaan yang Bermitigasi Bencana di Pulau Kodingareng Lompo. *Lakar: Jurnal Arsitektur*, 6(1), 37–56. <http://dx.doi.org/10.30998/lja.v6i1.16484>
- Mulyono, T., & Ladesi, V. K. (2021). Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Pantai di Muaragembong sebagai Upaya Menjaga Lingkungan Berkelanjutan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Fakultas Teknik: Jurnal Abditek*, 1(01), 44–59.
- Permatasari, S. (2018). Analisis Kepadatan Lapangan Menggunakan Metode Konus Pasir (Sand Cone) pada Desa Sebelimbangan Kabupaten Kotabaru. *Tapak (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 8(1), 20–25.
- Singh, S., Kumar, A., & Sitharam, T. G. (2023). Stability investigation of embankments of a tailings pond for its dry closure: an Indian case study. *Sadhana - Academy Proceedings in Engineering Sciences*, 48(2). <https://doi.org/10.1007/s12046-023-02157-5>
- Siregar, R. D., Sarifah, J., & Tanjung, D. (2021). Analisa Kepadatan Tanah Menggunakan Metode Sand Cone pada Pembangunan Relokasi Jalan Bendungan Lau Simeme Paket II Kab. Deli Serdang Sumatera Utara. *Buletin Utama Teknik*, 16(2), 157–162.
- Sudrajat, A. S. E. (2021). Analisis Kesesuaian Lahan Kabupaten Pekalongan Berdasarkan Sistem Informasi Geografis. *Indonesian Journal of Spatial Planning*, 1(2), 37. <https://doi.org/10.26623/ijsp.v1i2.3096>
- Taqwa, F. M. L., Chayati, N., Alimuddin, A., & Salman, N. (2019). Pemeriksaan Hasil Pelaksanaan Pematatan Timbunan Tanah di Lokasi Pembangunan Jalan Akses Gardu Induk PLN Kasus Pembangunan Gardu Induk PLN Pd. Indah II Kec. Ciputat Timur, Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 3(2), 15–19. <https://doi.org/10.32832/komposit.v3i2.3280>
- Taqwa, F. M. L., Hutabarat, L. E., Ilyas, T., & Prakoso, W. A. (2019). Estimation of Settlement Induced Land Subsidence of Marine Clay on Kamal Muara Area, Northern Jakarta, Based on the Change of Pore Water Pressure. *Journal of Physics: Conference Series*, 1376 (1), p. 012007. IOP Publishing. DOI: 10.1088/1742-6596/1376/1/012007
- Villavicencio, G., Bacconnet, C., Valenzuela, P., Palma, J., Carpanetti, A., Suazo, G., Silva, M., & García, J. (2022). The Use of Lightweight Penetrometer PANDA for the Compaction Control of Classified Sand Tailings Dams. *Minerals*, 12(11), 1–29. <https://doi.org/10.3390/min12111467>